PROCEEDINGS

PCRUSCI CONFERENCE 2026

การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 5
ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำปี 2569

PCRUSCI CONFERENCE 2026

วันศุกร์ ที่ 6 มีนาคม พ.ศ. 2569

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

คำนำ

รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 5 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ประจำปี พ.ศ. 2569 ซึ่งจัดขึ้นใน วันศุกร์ที่ 6 มีนาคม 2569 ณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ เป็นการรวบรวมผลงานวิจัยที่นำเสนอในรูปแบบบรรยาย 127 ผลงาน มีผลงานที่ได้รับการคัดเลือกให้จัดทำรวมบทความฉบับสมบูรณ์ มีการกลั่นกรองจากผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญในแต่ละด้าน รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการฯ ฉบับนี้เป็นบทความฉบับสมบูรณ์ในกลุ่มด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งสิ้น 127 ผลงาน

คณะกรรมการดำเนินงานฝ่ายประชุมวิชาการนำเสนอผลงานวิจัย ขอขอบคุณผู้บริหาร กองบรรณาธิการและผู้ทรงคุณวุฒิ รวมถึงขอขอบคุณผู้นำเสนอผลงานและผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่มีส่วนส่งเสริมและสนับสนุนให้การจัดทำรายงานสืบเนื่องจากการประชุมครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี หวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนางานวิจัย

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

บทความวิจัย	หน้า
เครื่องให้อาหารปลาพลังงานแสงอาทิตย์ ธวัชชัย สอนสนาม, ประสิทธ์ ภูสมมา และอัญญารัตน์ สอนสนาม	1
ระบบจัดการการขายและเรียกลูกค้าบนรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้า สิริลักษณ์ รักสกุล และขรรค์ชัย ตุลละสกุล	9
ระบบจัดการพลังงานสำหรับโหลดไฟฟ้าบนรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้า นายวรฉัตร ราชวงศ์ และขรรค์ชัย ตุลละสกุล	19
ระบบควบคุมการประจุ แบตเตอรี่ผ่านแอพพลิเคชันบน อุปกรณ์เคลื่อนที่รถอีแต๋นฟู้ดทรัค นพณัฐ วิไลศิริ และขรรค์ชัย ตุลละสกุล	28
ระบบความปลอดภัยรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้าผ่านแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ วุฒิศักดิ์ นาสมยนต์ และขรรค์ชัย ตุลละสกุล	36
เรือเก็บขยะภายในลำคลองภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาควบคุมผ่านเว็บแอปพลิเคชัน ธรรศ โอมาก, ณัฐนนท์ เข็มผง, ฤทธิ์ชัย เอื้อตระกูลกม, ขวัญเรือน รัศมี และรวิ อุตตมธนินทร์	47
การพัฒนาเครื่องสูบน้ำอัจฉริยะสำหรับควบคุมระดับน้ำในนาข้าวขนาดเล็กด้วยระบบ IoT เนติลักษณ์ พงษ์จำปา และขรรค์ชัย ตุลละสกุล	56
ระบบประจุไฟฟ้าแบตเตอรีไฟฟ้าด้วยมอเตอร์กระแสสลับแบบไร้แปลงถ่าน สุชล ทองสักโก และขรรค์ชัย ตุลละสกุล	72
ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการควบคุมงานก่อสร้างอาคาร กรณีศึกษาเทศบาลเมืองศาลากลาง เมธานันท์ ทองดอนโต และเฉลิมเกียรติ วงศ์วนิชทวี	82
การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการอบแห้งมะละกอเชื่อมด้วยตู้อบลมร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เสริมลมร้อนจากไฟฟ้าและตู้อบลมร้อนไฟฟ้าแบบดั้งเดิม พิชญ์สินี จันทร์ขิ่น, กิตติกร สาสุจิตต์, นิกราน หอมดวง และภคมน ปินตานา	90
การศึกษาตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยอ้อมที่ใช้แผงรับรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบร่วมกับฮีตเตอร์ไฟฟ้าที่ถูกควบคุมโดยอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่งสำหรับอบแห้งใบกระท่อมเชิงพาณิชย์ ธัญญานันท์ นิธิสถิตย์พล, ยุทธพงษ์ ตาระปิน, สุทัตชา รุ่งสว่าง, รจพรรณ นิรัญศิลป์, ปริญ คงกระพันธ์, เสมอขวัญ ตันติกุล, นิกราน หอมดวง, กิตติกร สาสุจิตต์ และสุระพล ริยะนา	106
การพัฒนาระบบผลิตน้ำร้อนจากความร้อนเหลือทิ้งของเตาเผาถ่าน สำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ สุเมธ ฟูเฟื่อง, กิตติกร สาสุจิตต์, นิกราน หอมดวง และภคมน ปินตานา	126

บทความวิจัย	หน้า
การทดสอบระบบอบแห้งแบบผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์และชีวมวลพร้อมระบบควบคุมอุณหภูมิ เปรียบเทียบกับการตากแดดธรรมชาติในการแปรรูปปลานิลแดดเดียวรมควัน ดุลยพรรษภ์ ธัญพรบุญอนันต์, เสมอขวัญ ตันติกุล, สุระพล ริยะนา และภคมน ปินตานา	139
วงจรขยายเอกซ์โพเนเชียลเทียมโดยใช้การประมาณค่าด้วยจำนวนตรรกยะ อิทธิพงศ์ ชัยสายัณห์	158
การออกแบบ สร้าง และทดสอบสมรรถนะเครื่องทดสอบหน้ากากอนามัยทางการแพทย์: ประเภทมัลติฟังก์ชั่น ศิวะ สิทธิพงศ์, ณัฐพงศ์ นิลจรัสวณิช, สุรเดช เตชวาทกุล, ณัฐพล พรนำพา, กรรณิการ์ จิตตารัตนถาวร และบุณยาพร ศรีภูธร	167
การศึกษาและเปรียบเทียบระบบจ่ายไฟมาตราฐานสำหรับระบบรถไฟฟ้ากระแสสลับด้วยการจำลองผลกับโปรแกรม MATLAB/SIMULINK ชินพัฒน์ เมธีเลิศวรกุล, ธวัช ชูชิต, และอานนท์ อิศรมงคลรักษ์	188
ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นโรงลดความชื้นเมล็ดกาแฟด้วยระบบสมองกลฝังตัว ยอดเมือง ห่อ, สุริยัน แสงหิรัญ, ศรัณรัตน์ คงมั่น, ปฐมพงศ์ จิโน, กฤษณะ ร่มภูชัยพฤกษ์ และทินกฤต นฤธนันต์	204
การศึกษาวิจัยออกแบบแม่พิมพ์อัดหุ้มขึ้นงานด้วยฝาขวดพลาสติกใช้แล้ว จักรกฤษณ์ ยิ้มแฉ่ง, ติณณภพ วิภาวิน, ตนุภัทร วิภาวิน, พุฒิพงศ์ สกุลแก้วแท้, ประเสริฐ ชุมปัญญา และธวัชชัย ชาติตำนาญ	213
การศึกษาประสิทธิภาพโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับเชื้อเพลิงชีวมวลจากเศษไม้สักและไม้จามจุรี ปรัชพล เสาธง, นิกราน หอมดวง, ภคมน ปินตานา และกิตติกร สาสุจิตต์	224
การออกแบบและพัฒนาเครื่องย่อยกระดาษแบบสองโหมดการควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ สิทธิโชค ศิริบุญ, วีระพงศ์ ทองสา, พีรวัฒน์ อาทิตย์ตั้ง, ศิลปชัย กลิ่นไกล และภุมรินทร์ ทวิชศรี	234
การศึกษาคุณลักษณะทางไฟฟ้าและพฤติกรรมความร้อนของชุดขับเคลื่อนรถไฟฟ้าขนาดเล็กในสภาวะไร้ภาระ สุรสิทธิ์ ทองอ้ม, ธีรภัทร์ ดีสอน, ชินวัตร บุญขาว, สารัชต์ ตลับทอง, เกริกฤทธิ์ ภูพานเพชร และบุญยัง สิงห์เจริญ	244
การออกแบบระบบติดตามพลังงานแสงอาทิตย์แบบแกนเดียวเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 1 kW กันตภณ ทรงราษ, บุญยัง สิงห์เจริญ, ชนาภา ศรีสุข, นารี ดำเนินงาม, เกริกฤทธิ์ ภูพานเพชร, สรายุตร์ สวัสดิ์วงษ์ชัย และชวลิต ทองดี	255

บทความวิจัย	หน้า
การประยุกต์ใช้ Generalized Additive Model ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบไม่เชิงเส้นของ $PM_{2.5}$ กับมลพิษร่วมและปัจจัยอุตุนิยมวิทยา: กรณีศึกษาจังหวัดพิษณุโลก จันทิรา ฉิมเลิศ, ศรัณย์พร เกิดเกาะ และธนพล เพ็ญรัตน์	266
การพยากรณ์พลังงานไฟฟ้าของโซลาร์รูฟท็อปด้วยอนุกรมเวลา ภาพัท รัตนกลางเมือง, สิทธิโชค ผูกพันธุ์, จิรวดี ผลประเสริฐ และสมพร เรืองสินชัยวานิช	279
การพยากรณ์การใช้ไฟฟ้าของโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง โดยใช้พารามิเตอร์ทางธรรมชาติ กฤตย์วิพุธ ผอบแก้ว และภัทรศักดิ์ ผอบแก้ว	289
การพัฒนาหัวเชื้อจุลินทรีย์ชนิดเหลวเพื่อการหมักปลาส้ม วิมลรัตน์ ถุนพุฒดม	300
การวิเคราะห์เลือดจาก Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) เพื่อจำแนกชนิดสัตว์ในงานนิติวิทยาศาสตร์ อมรรัตน์ โหงฉิม, กาญจน์ คุ้มทรัพย์ และสุมาลี พิมพ์พันธุ์	313
ศึกษาการทำลายการพักตัวของเมล็ดค้อ (*Livistona* sp.) เพื่อการฟื้นฟูป่า อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ สหรัฐ เอี่ยมทอง, กมลรัตน์ ทองกวด, พวงผกา แก้วกรม และสุรางค์รัตน์ พันแสง	322
การคัดแยกและเปรียบเทียบเชื้อจุลินทรีย์จากก้อนรอยโรค Crown gall และต้นลำไยปกติในพื้นที่ตำบลดงดำ อำเภอลี้ จังหวัดลำพูน อ้อมหทัย ดีแท้ และวรฤทัย สุขสิงห์	331
การพัฒนาเจลมอยส์เจอไรเซอร์ที่บรรจุสารอัลฟา-แมงโกสตินด้วยระบบนีโอโซม บุษบา แซ่ลิ้ม, ธวัลรัตน์ สมัครกสิการ, ธันยาภัทร์ ศากยะโกเศศ, ณัฐริกา หาระไกร และพนิดา แสนประกอบ พรอุดมทรัพย์	342
การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาการคำนวณ เรื่อง การออกแบบแก้ไขปัญหาโดยกระบวนการสตรีมโฟร์อินโนเวเตอร์ นางสาวกุลนันทน์ ดิษฐาพร	355
แนวทางการมีส่วนร่วมของชุมชนต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์เทียนหอมจากสารสกัด ดอกปีบของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนสมุนไพรห้วยเกิ้ง ตำบลห้วยเกิ้ง อำเภอกุมภวาปี จังหวัดอุดรธานี ริญญารัตน์ วันเพ็ญ, ปนิดา อุปมา, ณัฐริกา แก้วมาตร์, นาลิน นามแสน, สุภัสสร วันสุทะ และอรณิชา ครองยุติ	363

บทความวิจัย	หน้า
การพัฒนาแนวปฏิบัติทางการพยาบาลเพื่อป้องกันการติดเชื้อในกระแสโลหิตที่สัมพันธ์กับการใส่สายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลาง ในโรงพยาบาลเพชรบูรณ์ จารุณี ทองอ่อน	374
การพัฒนาโปรแกรมส่งเสริมทักษะชีวิตบนพื้นฐานหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงต่อภาวะซึมเศร้าของวัยรุ่นที่มีภาวะซึมเศร้า: การศึกษาเบื้องต้น ปานชีวา วัชรานนท์, อรวรรณ หนูแก้ว และวีณา คันฉ้อง	391
ผลของการใช้แนวปฏิบัติการพยาบาลเพื่อป้องกันการติดเชื้อที่ระบบทางเดินปัสสาวะในผู้สูงอายุกระดูกสะโพกหัก โรงพยาบาลเพชรบูรณ์ นางสาวขวัญใจ คำอ่าง	403
ปัจจัยกำหนดเชิงระบบของสมรรถนะการปฏิบัติงานระบาดวิทยาในระบบบริการปฐมภูมิ :หลักฐานเชิงประจักษ์จากโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล จังหวัดอุบลราชธานี ประเทศไทย พิมลพรรณ สัตย์ธรรม และพลากร สืบสำราญ	423
ผลการวิเคราะห์สารสำคัญว่านแร้งคอคำที่ปลูกภายในระบบปิดด้วยเครื่อง HPLC กตญาณ พลกัลป์, ดร.สุนันต์ ใจสมุทร และผช.ดร.ชัยชพล ธงชัยสุรัชต์กุล	439
การนวดไทยแบบราชสำนักร่วมกับน้ำมันไพล: ผลความพึงพอใจของผู้รับบริการสูงอายุ ศราวุฒิ อิสโร, ปราณี ศรีราช, จตุพร ประทุมเทศ และรัชฎาวรรณ อรรคนิมาตย์	449
การประเมินความเสี่ยงการรับสัมผัสฝุ่นละออง PM2.5 และสมรรถนะของเครื่องฟอกอากาศไฟฟ้าสถิตเพื่อป้องกันสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานกลุ่มเสี่ยง พรนิภา บริบูรณ์สุขศรี, ปุณณภา จันท์ครบ, ณัฐ จันท์ครบ และวีรพล พุ่มพวง	458
คุณภาพชีวิตและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในเขตอำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช ณิชกุล ผิวเหมาะ, วิภัชกร กาญจนาภรณ์, หทัยรัตน์ ตัลยารักษ์, จีริสุดา พรหมเพรา และหยดฟ้า ราชมณี	472
ผลของการบูรณาการนวดไทยร่วมกับสุคนธบำบัดตำรับพิกัดตรีชาติ ต่อคุณภาพชีวิตและความพึงพอใจของผู้ป่วยไมเกรน จริยา สีทา, ปราณี ศรีราช, จตุพร ประทุมเทศ และรัชฎาวรรณ อรรคนิมาตย์	487
การพัฒนาต้นแบบบาล์มสมุนไพรจากน้ำมันหอมระเหยสามชนิด (มะนาว มะกรูด และสะระแหน่) พิทยาภรณ์ เจริญสุข, ปราณี ศรีราช, จตุพร ประทุมเทศ และรัชฎาวรรณ อรรคนิมาตย์	496
พฤติกรรมการบริโภคข้าวไรซ์เบอร์รี่และผลิตภัณฑ์จากข้าวไรซ์เบอร์รี่ ของประชาชนตำบลเมืองอำเภอเมืองเลย จังหวัดเลย มาริสา โพธิ์หา และสุระเดช ไชยตอกเกี้ย	508

บทความวิจัย	หน้า
ผลของโปรแกรมส่งเสริมการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ผ่านแรงสนับสนุนทางสังคมในมารดาวัยทำงาน กนกภรณ์ รัตนามตกุล	517
ประสิทธิผลของ Checklist ความปลอดภัยต่อการลดความเสี่ยงและภาวะแทรกซ้อนในผู้สูงอายุที่ได้รับการผ่าตัดเข่า ณ โรงพยาบาลหล่มสัก พิศมัย ฤทธิรอด	533
การสะท้อนผลตรวจหัวใจด้วยคลื่นเสียงสะท้อนความถี่สูงด้วยสื่อแอนิเมชันต่อการรับรู้ภาวะสุขภาพ และพฤติกรรมการดูแลตนเองในผู้ป่วยภาวะหัวใจล้มเหลว อัญชรี ยันดี	542
ผลของการใช้แนวปฏิบัติป้องกันการเกิดหลอดเลือดดำส่วนปลายอักเสบและการรั่วซึมนอกหลอดเลือดของยา Norepinephrine ในหอผู้ป่วยวิกฤตหัวใจและหลอดเลือด โรงพยาบาลเพชรบูรณ์ พรทิพย์ กางถิ่น	557
ผลของการใช้แบบประเมิน และการจัดการความปวด ในผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ โรงพยาบาลเพชรบูรณ์ วรสุดา ตองกลิ่น	577
ผลของการใช้แนวปฏิบัติเพื่อป้องกันการเกิดปอดอักเสบจากการใช้เครื่องช่วยหายใจ หอผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ โรงพยาบาลเพชรบูรณ์ เมธีรา ฉัตรกันทะ	592
ผลของการใช้แนวทางการปฏิบัติเพื่อป้องกันการเกิดอุบัติการณ์ไม่พึงประสงค์ในผู้ป่วยที่ได้รับการใส่สายสวนคาทางหลอดเลือดดำในผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ โรงพยาบาลเพชรบูรณ์ ทิพวรรณ หาหล้า	608
ผลของเกสรเทียมที่มีโปรตีนหลักจากปลาโอลายต่อสุขภาพและอายุขัยของผึ้งพันธุ์ (*Apismellifera* L.) อนันตญา ปันเสาร, บาจรีย์ ฉัตรทอง, พรประภา แสนหลวง, บุริศร์ ลือชา, ชินดนัย ชาญมณีเวช, กฤษฎิ์จุฑาฑ์ บุญประเทือง และขรรค์ชัย ดั้นเมฆ	622
ความดกไข่และความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนักกับความดกไข่ของปลากระสูบสาละวิน (*Hampala salweenensis*) บุญภัทธ บุญวังแร่, อนันต์ เคนท้าว และกัลย์กนิต พิสมยรมย์	638
อิทธิพลของความเข้มแสงจากหลอดแอลอีดีต่อปริมาณสารสำคัญของฟ้าทะลายโจร ทศพล ยินดี, ธนชาต พาสทิพย์, วิมลรัตน์ ศรีเรืองพันธ์ และเยาวรัตน์ วงศ์ศรีสกุลแก้ว	651

บทความวิจัย	หน้า
ผลของชีวภัณฑ์ *Bacillus* spp. ต่อการเจริญเติบโตในระยะกล้าของพริกขี้หนูผลใหญ่ศรีสะเกษ 1 อาจินต์ สหะชาติ และวิภา หอมหวล	664
การเปรียบเทียบทักษะตามหลักโมเดล BCG (Bio-Circular-Green Economy Model) ของเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันเชิงเดี่ยวและปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่น ในจังหวัดสงขลา สุชานาถ กองวารี และปองพชร ธาราสุข	673
แนวทางการส่งเสริมและพัฒนา Young Smart Farmer จังหวัดนราธิวาส ประจักษ์ เทพคุณ และอภิญญา รัตนไชย	694
การประเมินความทนทานต่อน้ำท่วมฉับพลันและการตรวจสอบยีน *SUB1A* ในข้าวพันธุ์ กข31 สายพันธุ์กลายจากการเหนี่ยวนำด้วยลำแสงอิเล็กตรอน ศุภกิตติ์ ใจยินดี, มาลินี จันวรรณ์, นิลา ราชินี, วิชัย ภูริปัญญวานิช, ธรรมพร โคจรนา, พนมศักดิ์ ต่อมใจ และธานินทร์ จันทรโชติ	709
ผลของการเปลี่ยนแปลงความเค็มต่อปริมาณแอมโมเนียรวมไนโตรเจนในระบบหมุนเวียนน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ชนกนันท์ ศิริสุข, กรณ์รวี เอี่ยมสมบูรณ์, ปาริชาติ ชุมทอง, พัชรี โยควิบูล และศานิต ปิยพัฒนากร	721
เครื่องมือวัดความสุกแก่ข้าวเปลือกจากปัจจัยบ่งชี้ตามหลักวิชาการ วัชรพงษ์ ตามไธสง, ศักดิ์ชัย อาษาวัง, กลวัชร ทิมินกุล, เวียง อากรชี, ยุทธนา เครือหาญชาญพงศ์, นายจิรวัสส์ เจียตระกูล, เอกภาพ ป้านภูมิ และทิวากร กาลจักร	737
การศึกษาการใช้รังสียูวีซีเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของด้วงงวงข้าวในข้าวสังข์หยด จังหวัดพัทลุง เศรษฐวัฒน์ ถนิมกาญจน์, นศพร ธรรมโชติ และชโลธร ศักดิ์มาศ	753
ผลของการเสริมแร่ธาตุต่ออัตรารอด การเจริญเติบโต และการรักษาสมดุลเกลือแร่ของกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ในน้ำจืดด้วยระบบน้ำหมุนเวียน กรรณิกา คงวัฒนานนท์, ณรงค์ศักดิ์ พวงลาภ, สุรเชษฐ์ บุรุษอาชาไนย และกรณ์รวี เอี่ยมสมบูรณ์	763
เปรียบเทียบสภาพปลูกต่อการเจริญเติบโตของปทุมมา 3 พันธุ์ อำพล สอนสระเกษ, ทัยธวดี เนตรแสงสี, พีรพันธ์ ทองเปลว และอรณิช คำยง	778
การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษา ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการสะตีมศึกษา เรื่อง การสกัดสีจากพืชท้องถิ่น สุธิมา ชูกำลัง, ศุภกานต์ ชูกำลัง และรงค์รบ น้อยสกุล	789
การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ลักษณะของแสง ผ่านสื่อวิดิทัศน์ร่วมกับกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ขวัญฤดี ช่วยณรงค์, ธนกฤต เกศาอาจ และเกียรติศักดิ์ รักษาพล	800

บทความวิจัย	หน้า
การคำนวนเส้นรอบวงกลมของโลกโดยวิธีทางเรขาคณิตแบบเอราโตสเทแนส รัฏฐาธิป อนุสสรราชกิจ, สุภชิต ผดุงผล	812
การพัฒนาทักษะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 รายวิชาชีววิทยา ผ่านการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น อันวาร์ อิบราฮิม, ธนิกา วศินยานุวัฒน์ และสิงหา ประสิทธิ์พงศ์	817
การพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง วัสดุในชีวิตประจำวันที่ผ่านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ฮุซนี สันหมุด, สิงหา ประสิทธิ์พงศ์ และเมธี ดิสวัสดิ์	833
การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผ่านการจัดการเรียนรู้ที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีโต้แย้งบนฐานของประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ สุทธิลักษณ์ คชกาญจน์, ธนิกา วศินยานุวัฒน์ และสิงหา ประสิทธิ์พงศ์	848
FACTORS INFLUENCING EMPLOYEE RETENTION AND JOB SATISFACTION IN AIRLINE INDUSTRY SITIPATEEMAH HAJIJEK-ARLEE	865
Species diversity of Trichoptera from some streams, Ta Pi Tributary, Southern Thailand Chayanun Tipkeaw and Pongsak Laudee	881
Consumer Acceptance of Jackfruit Chips in Bangladesh: A Sensory Evaluation Study Israt Jahan Emu, Bhawat Chaichannawatik and Sakchai Rakkarn	889
ผลของคอลลาเจนเพปไทด์ต่อความเครียดออกซิเดชันและยีน *CATALASE* ในเซลล์ คีราติโนไซต์มนุษย์ นัฐพงษ์ จันทศรี และรัชนีกร ธรรมโชติ	899
การศึกษาปัจจัยการดูดซับเมทิลีนบลูด้วยกาบมะพร้าวที่ได้จากกระบวนการย้อมผ้า หิรัญ แสวงแก้ว, กานดา ปุ่มสิน, สุธาสินี ครุฑธกะ, เตือนใจ ศิริพาหนะกุล และศิริรัตน์ แจ้งกรณ์	913
ความคิดเห็นของประชาชนในพื้นที่กันชนที่มีต่อปัญหาช้างป่า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทรา ศุภกิตติ์ โก่งเกษร, กิติชัย รัตนะ และอภิชาต ภัทรธรรม	928

บทความวิจัย	หน้า
การมีส่วนร่วมของราษฎรในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทรา สุชาดา หมวดเอียด, กิติชัย รัตนะ และอภิชาต ภัทรธรรม	938
ความแข็งของดินภายใต้สวนป่ายูคาลิปตัส สวนยางพารา และป่าอนุรักษ์ ในพื้นที่สวนป่ามุกดาหาร ธนสิทธิ์ มาลาสิงห์, ธนากร ลัทธิถีระสุวรรณ, ฑีฆา โยธาภักดี และปิยะพิศ ขอนแก่น	948
ความรู้ ทัศนคติ และพฤติกรรมการใช้บรรจุภัณฑ์อาหารของผู้ประกอบการร้านอาหารบริเวณหน้ามหาวิทยาลัยอุบลราชธานี กวินทิพย์ ประกิ่ง, พัชราภรณ์ เอี่ยมมะ, ฐิติรัช งานฉมัง, สง่า ทับทิมหิน และปวีณา ลิมปิทีปราการ	959
คู่เสมือนของนิจพลในริงเมทริกซ์เอกฐานอันดับ 2 เหนือริงพหุนาม ณัฐพนธ์ อยู่สุข และนเรศ สวัสดิ์รักษา	974
พฤติกรรมการเลือกใช้แพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อรับชมรายการบันเทิงของนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม กฤษฎา ถุงเงิน, จรวยพร เจริญยาว, สลิลทิพย์ แดงกองโค และรัชดาภรณ์ ทิมัน	992
การเปรียบเทียบสถาปัตยกรรมการเรียนรู้เชิงลึกสำหรับการสร้างดัชนีความเชื่อมั่นทางธุรกิจจากข่าวออนไลน์ไทย ตะวันวาด กรรโมทาร และสุรณพีร์ ภูมิวุฒิสาร	1014
ขั้นตอนวิธีสำหรับระบบของปัญหาอสมการการแปรผัน ณิชาพร อยู่รัตน์, ศิริวิมล คล่องแคล่ว, อรปรียา ขจรไพร และจิตติพร ตังควิเวชกุล	1027
การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบจำลองการจำแนกการเกิดฝนของข้อมูลที่ปรับสมดุล กานติมา เลิศวงศ์สกุลชัย และวันดี วณิชย์ศักดิ์พงศ์	1058
การจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าโดยใช้ตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย กรณีศึกษาบริษัท QRS จำกัด ริศภพ ตรีสุวรรณ และวัชรพล วงศ์จันทร์	1066
การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน RECORD Model ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสซึม วิชาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปคุณาณัช ทองแจ่ม	1076
ระบบบริหารจัดการร้านดอนยางคาร์แคร์ อับดุลฮากิม สุหลง, รุสมี เปาะซู และบุญธิดา จิรรัตนโสภา[1]	1089

บทความวิจัย	หน้า
การพัฒนาเว็บไซต์ยืม - คืน ครุภัณฑ์ กรณีศึกษา สำนักงานพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์จังหวัดพิษณุโลก ชญาณี กลีวัตร, ธมลวรรณ โพธิ์ศรีทอง, ภาวินี อินทร์ทอง และณัฐธยาน์ เฟื่องห้อย	1101
ผลของการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ผ่านเทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับและการสื่อสารดิจิทัล เพื่อส่งเสริมแรงบันดาลใจในการศึกษาต่อระดับอุดมศึกษา : กรณีศึกษาโครงการทัศนศึกษาเชิงปฏิบัติการ ของโรงเรียนเทคนิคอำนาจเจริญ อานนท์ ยอดหอ และสมศิริ โพธารินทร์	1116
การควบคุมคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่งเพื่อคุณภาพการนอน คงสินันท์ ฉะฉ่ำ, รัฐพล พรมประเสริฐ และธงรบ อักษร	1131
ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นเพื่อส่งเสริมคุณภาพการนอนหลับด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง สมเกียรติ เกสร, ธนาวุฒิ มั่นเขตกิต และธงรบ อักษร	1143
ระบบควบคุมเตียงอัจฉริยะเพื่อป้องกันแผลกดทับสำหรับผู้ป่วยติดเตียง ภาณุเดช ผลศักดิ์, พศวัต จันทร์อ่ำ และธงรบ อักษร	1155
พฤติกรรมการเลือกแพลตฟอร์มในการซื้อสินค้าของผู้บริโภคในอำเภอเมืองจังหวัดอุดรธานี ภัณฑิรา วงค์สาเนา, ทิติญา น้อยนิล, ธารีย์ โคตรจันทร์, ธิวาชัย อุทิศบุญ, ชนาภา แบสท์	1167
ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมผู้บริโภคอาหารที่มีส่วนผสมหมาล่าของผู้บริโภคในจังหวัดอุดรธานี อรวรรยา คาระบุตร, มนัสนันท์ จันทรสีนวน, สุภัทรตรา โคตรรสชิง และชนาภา แบสท์	1181
การพัฒนาเว็บไซต์ลงทะเบียนอบรม และเข้าร่วมกิจกรรมของสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ภควัต อิ่มอินทร์, วรมันต์ บุญเพ็ง และภวัต ฉิมเล็ก	1192
ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการประเมินความสำเร็จและความพึงพอใจของผู้ใช้งานเว็บไซต์กรณีศึกษาร้านรองเท้ากีฬา Prosport อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี ณภัทร พรหมชะอ้อน, พงศกร บุญประเสริฐ, สุทิน สวนศิริ, จารุวรรณ จันทร์โสภา, สุดารัตน์ หนองหารพิทักษ์, และชนาภา แบสท์	1205
ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสำเร็จในการพัฒนาระบบสารสนเทศบริหารจัดการสวนผัก กรณีศึกษาสวนผักยายนี บ้านดงมะกรูด ตำบลหนองไฮ อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี นิจวิภา โพธิ์ศรี, ศรัณยา ทองมา, ปิยาภัส จากผา, ฐาปนี เพ็งสุข และชนาภา แบสท์	1219
พฤติกรรมการสื่อสารผ่านช่องทางออนไลน์ของผู้ใช้งานบนอุปกรณ์พกพาในสังคมดิจิทัล พัชราภา ทองเพ็ญ, นันทวัฒน์ นาชำ, ฐิติภัค บุญชูมา, วัชราพร ศิริโส, ดวงฤทัย เพ็ญสวัสดิ์ และชนาภา แบสท์	1231

บทความวิจัย	หน้า
การพัฒนาเว็บไซต์แจ้งซ่อมอัจฉริยะ กรณีศึกษา หลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม หฤทัย แสงแก้วสุข, อรพรรณ คำพุกกะ, ภาวินี อินทร์ทอง และณัฐธยาน์ เฟื่องห้อย	1244
ระบบให้อาหารสัตว์อัตโนมัติ นภัสวรรณ ปิ่นสุข, สุชานันท์ บุตรสุ่ม, ภวัต ฉิมเล็ก, ศุภชัย คนเที่ยง, พงษ์พิชญ์ เลิศเจริญวุฒา, ธงรบ อักษร และไพฑูรย์ งิ้วทั่ง	1259
พฤติกรรมในการปรับตัวในการเรียนรู้ของนักศึกษาในรั้วมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี อำเภอเมืองอุดรธานี อวิรุทธ์ หล่อนจำปา, วรรณิษา สมเสนาะ, จุฬาลักษณ์ สาพารัตน์ และชนาภา แบสท์	1270
การพัฒนาระบบค้นหาและแนะนำหอพักอัตโนมัติ: กรณีศึกษาจังหวัดภูเก็ต ชญานนท์ แก้วโยธา, ฉัตรญาดา พิมงา และณสิทธิ์ เหล่าเส็น	1284
การพัฒนาระบบแจ้งเตือนข่าวสารสำหรับมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ตผ่านแอปพลิเคชันไลน์ นภทีป์ กรีชัย, ธีรภัทร ปิ่นแก้ว และณสิทธิ์ เหล่าเส็น	1296
ระบบบริหารจัดการผู้ป่วยนอกโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านโต๊ะเด็ง จังหวัดนราธิวาส อนีส ยายอ, อาลามี ยามา, แพรวศรี เดิมราช และรุสนี กาแมแล	1308
การออกแบบระบบสารสนเทศสำหรับการควบคุมการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม รัฐพล ทุมผา และสรมย์พร เจริญพิทย์	1326
การพัฒนาระบบเช็คสต็อกสินค้าด้วย Line Bot พงษ์เพ็ชร ชนะคุณ, ศุภวิชญ์ ขำสุวรรณ, ภวัต ฉิมเล็ก, ศุภชัย คนเที่ยง, พงษ์พิชญ์ เลิศเจริญวุฒา, ธงรบ อักษร และไพฑูรย์ งิ้วทั่ง	1351
การพัฒนาระบบวิเคราะห์ความคิดเห็นของนักท่องเที่ยวต่อระบบขนส่งสาธารณะ: กรณีศึกษาจังหวัดภูเก็ต พิริยะ รอดสวัสดิ์, พิทา จารุพูนผล และณสิทธิ์ เหล่าเส็น	1360
MindGaze แชทบอทเพื่อการใช้ชีวิตนักศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต วิญญู นุรักษ์, ปรมัตถ์ ตรีแก้ว และพิทา จารุพูนผล	1377
การพัฒนาระบบสำหรับการวางแผนเส้นทางท่องเที่ยวฮาลาล: กรณีศึกษาจังหวัดภูเก็ต ศัลย์ ชูภาพ, พิทา จารุพูนผล และณสิทธิ์ เหล่าเส็น	1389
ระบบวัดอุณหภูมิและความชื้นของดินสำหรับปลูกกวางตุ้งในโรงเรือน ศุภชัย คนเที่ยง	1405
การประยุกต์ใช้แอปพลิเคชันไลน์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการนัดหมายและแจ้งเตือนทางการแพทย์ กฤษณ มีดี, สมัชญ์ เทพประมวล, ธงรบ อักษร และกชวรรณ นงค์แย้ม	1411

บทความวิจัย	หน้า
ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์กับคุณภาพความสัมพันธ์ทางสังคมในชีวิตจริงของนักศึกษาระดับปริญญาตรี กัญญาวีร์ เพชรแก้ว, พุธิตา ชาติแดง, ณัฐภัทร เอ่งฉ้วน, นอรีนี ตะหวา และหยดฟ้า ราชมณี	1422
การพัฒนาสื่อออนไลน์เพื่อประชาสัมพันธ์ชุมชนบ้านทำเนียบ ตำบลจอมบึง อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี สุดารัตน์ เทียนน้อย, สุทธิวัชร์ แซ่ตั้ง และนพดล อ่ำดี	1437
การพัฒนาไลน์บอทเพื่อการเช็คกิจกรรมและการวิเคราะห์พฤติกรรมการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา ณัฐพัชร์ คล่องดี, ธันยธรณ์ กล่ำใจดี และรติวัฒน์ ปารีศรี	1455
ระบบสั่งอาหารว่างสำหรับงานประชุม ผ่านline bot ณทพัชร โกกิลาวงศ์, สราวุฒ แนมบาง และภวัต ฉิมเล็ก	1468
การพัฒนาระบบบริหารจัดการขายหน้าร้านและสารสนเทศการขายสำหรับธุรกิจร้านอาหาร ปกรณ์พัฒน์ รัตนบรรลือ, ยามิน เตียงน้อย และพิทา จารุพูนผล	1483
การพัฒนาระบบสารสนเทศร้านขายยาออนไลน์ กรณีศึกษา: ร้านขายยาแต้ กษิดิ์เดช พุธธังกูร และสวิตา อยู่สุขขี	1495
การออกแบบและพัฒนาตู้ล็อคเกอร์อัจฉริยะจัดการผ่านเว็บแอปพลิเคชั่น ด้วยอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรสิ่ง ธนภัทร์ สินค้า, อภิชา ศิริวรรณางกูล และทรงเกียรติ ภาวดี	1506
ตู้ปลาอัจฉริยะบนพื้นฐานเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ธนากร หลานรอด และทรงเกียรติ ภาวดี	1517
การพัฒนาแบบจำลองระบบเครื่องสอบจับน้ำท่วมกรณีศึกษาหมู่บ้านชุมชนบ้านคลองทราย ชยากร ศรีสะอาด, ภวัต ฉิมเล็ก, พงษ์พิชญ์ เลิศเจริญวุฒา, ธงรบ อักษร, ไพฑูรย์ งิ้วทั่ง	1529
แบบจำลองระบบที่จอดรถอัจฉริยะโดยใช้ Arduino UNO ธนพนธ์ ประเสริฐสุข และกิตติพงษ์ สุวรรณราช	1539
การพัฒนาระบบสั่งอาหารด้วยแพลตฟอร์มโนโค้ด สำหรับการจัดการธุรกิจอาหาร พิจิตรา จอมศรี, ดุลยวิทย์ ปรางชุมพล และกิตติยา พูนศิลป์	1551
การพัฒนาระบบฐานข้อมูลหอพัก กรณีศึกษา: หอพักบัวหลวง สุวิจักขณ์ สมจิตร และสวิตา อยู่สุขขี	1563
การศึกษาทางทฤษฎีของการตั้งราคาทางจิตวิทยาและการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของกำไรแบบหลายรูปแบบ มนัญญา สวนสุข, ฐิติวรดา สุตพัฒน์ และฐิติวัจน์ ละไมลิขสิทธิ์	1577

บทความวิจัย	หน้า
การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ เรื่อง AI ใกล้ตัว วิชาของเล่นเชิงกลไกและไฟฟ้า โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับรูปแบบผังกราฟิก (Graphic Organizer Instructional Model) เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 นพคุณ สืบเลย	1586
ระบบแจ้งซ่อมและบำรุงรักษาคอมพิวเตอร์ กองเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารโรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช สุวัจนีย์ ศรีประทุม และไพรินทร์ มีศรี	1607
การพัฒนาบทเรียนออนไลน์ วิชาวิทยาการคำนวณ 3 ตามแนวคิด GPAS 5 steps โดยใช้รูปแบบการสอน SHABU Model สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 อรอุมา ลักษณะทอง	1623
การพัฒนาชุดฝึกเพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และการคิดเชิงคำนวณ รายวิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในงานควบคุมไฟฟ้า หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 วชิราวัฒน์ ภีมศิริวัฒนา	1635
พฤติกรรมการใช้ AI ของบุคลากรที่ปฏิบัติงานด้านการประชาสัมพันธ์ของหน่วยงานต่าง ๆ ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ชลธิชา ภูจุ้ย	1651

เครื่องให้อาหารปลาพลังงานแสงอาทิตย์

Automatic Fish Feeding Machine Using Photovoltaic Energy

ธวัชชัย สอนสนาม[1*] ประสิทธ์ ภูสมมา[2] และอัญญารัตน์ สอนสนาม[3]

Tawatchai Sonsanam[1*] ,Phasit Phoosomma[2] and Anyarat Sonsanam[3]

[1,2] มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี 172 ถนน อิสรภาพ แขวง วัดกัลยาณ์ เขตธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10600

[3] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 39 หมู่ที่ 1 ตำบลคลองหก อำเภอคลองหลวง ปทุมธานี 12110

***Corresponding author E-mail: tawatchai.s@dru.ac.th**

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการพัฒนาเครื่องให้อาหารปลาพลังงานแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ โดยทดสอบการให้อาหารปลาจริงซึ่งสามารถสั่งงานและควบคุมมอเตอร์ผ่านสัญญาณไร้สาย ตัวเครื่องที่นำเสนอใช้พลังงานจากระบบโซล่าเซลล์ขนาด 500 วัตต์ เพื่อให้พลังงานไฟฟ้ากับมอเตอร์โดยใช้มอเตอร์กระแสตรง 250 วัตต์ 2 ตัว เป็นต้นกำลังหมุนใบพัดให้เครื่องเคลื่อนที่ ผลทดสอบการทำงานพบว่าสามารถสั่งงานผ่านสัญญาณไร้สายได้ดี ระบบใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมสวิตช์รีเลย์เพื่อสั่งเปิด-ปิด และควบคุมการเคลื่อนที่มอเตอร์ผ่านแอพพลิเคชั่น การทดสอบแสดงให้เห็นค่ากระแสที่เพิ่มมากขึ้นจะแปรผันตรงตามความเร็วรอบของมอเตอร์และความเร็วในการเคลื่อนที่ ระบบสามารถให้อาหารปลาได้อย่างต่อเนื่องและแม่นยำตามตำแหน่งที่ต้องการ ซึ่งงานวิจัยนี้สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดใช้ในงานทางด้านการเกษตรอื่นที่ต้องการควบคุมแบบไร้สายได้

คำสำคัญ : เซลล์แสงอาทิตย์ ไมโครคอนโทรลเลอร์

Abstract

This research aims to develop an automatic solar-powered fish feeder controlled for Bang Phli community, Samut Prakan province. The fish feeding can be controlled by wireless signals. The presented device uses a 500-watt solar cell system as a power source for the motor to rotate the fish feeding machine. Two 250-watt DC motors are used to rotate the propeller to move the machine. The results show that an automatic fish feeding machine can be controlled via wireless signals well. The system uses a microcontroller board to control the relay switch to turn on-off and control the motor movement via the Blynk application. The test results show that the increased current value will be directly proportional to the motor speed and the movement speed. The system can feed fish continuously and accurately at the desired location.

This research can be further developed for use in agriculture that requires convenience in feeding fish.

Keywords : Solar Cell, Microcontroller

บทนำ

ปัจจุบันนี้มีพลังงานจากแสงอาทิตย์ถูกใช้เป็นพลังงานทดแทนทางด้านการเกษตรจำนวนมากทำให้เกษตรกรมีรายได้และมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นลดการทำลายสิ่งแวดล้อม สำหรับชุมชนบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งเป็นพื้นที่เลี้ยงปลาเป็นจำนวนมากและเป็นอาชีพหลักของเกษตรกรในชุมชนแถบนั้น ซึ่งในปัจจุบันการให้อาหารปลาของเกษตรกรยังเป็นแบบสมัยเก่าคือต้องพายเรือออกไปให้อาหารซึ่งทำให้เกิดความไม่สะดวก ไม่ปลอดภัยและการให้อาหารปลาแบบนี้ต้องใช้แรงงานคนในการให้และเฝ้าประจำอยู่ที่บ่อ จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้รวบรวมข้อมูลทางกายภาพ ข้อมูลเอกสารและข้อมูลทางเทคนิค เพื่อพัฒนาต้นแบบเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมผ่าน IoT เพื่อใช้ประโยชน์เทคโนโลยีในด้านการเกษตร เพื่อทดแทนการใช้แรงงานคนและมีความสะดวกสะบายยิ่งขึ้น สามารถนำไปใช้ประโยชน์กับการเลี้ยงปลาของบ่อปลาในชุมชนและเนื่องจากเครื่องนี้เป็นการใช้พลังงานทดแทนทำให้ประหยัดค่าไฟฟ้าและลดความยุ่งยากในการต่อใช้งานกับไฟบ้านเป็นส่วนหนึ่งในนโยบายของรัฐที่สนับสนุนการลดปัญหาโลกร้อนและการขาดแคลนพลังงานในปัจจุบัน

วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาเครื่องให้อาหารปลาพลังงานแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติควบคุมผ่าน IoT สำหรับชุมชนบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ เริ่มต้นด้วยการวางแผนการดำเนินโครงการเพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์เริ่มทำการศึกษาข้อมูลพื้นฐานปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งในด้านวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ ความต้องการของเกษตรกรและโครงสร้างเครื่องให้อาหารปลาในปัจจุบัน ในการควบคุมเครื่องให้อาหารปลาจะใช้สมาร์ทโฟนในการสั่งงานควบคุมระยะไกล จากนั้นทำการหามอเตอร์ที่ใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องและมอเตอร์สำหรับปล่อยอาหารปลา ทำการออกแบบตัวถังใส่อาหารปลา ขนาดใบกังหันและเพลาพร้อมท่อปล่อยอาหารปลาแล้วทำการออกแบบตัวยึดถังใส่อาหารเข้ากับเครื่องและตัวยึดมอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนเครื่องเข้ากับโครงสร้างหลักและทำการประกอบอุปกรณ์ทั้งหมดเข้ากับตัวเครื่องแล้วจึงทำการตรวจสอบเพื่อให้ระบบทำงานได้จริง



ภาพที่ 1 เครื่องให้อาหารปลาขณะทำการทดสอบ

จากภาพที่ 1 ชิ้นงานจะไปกอบไปด้วย ทุ่นลอยน้ำ ใบกังหันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 24 นิ้ว เพลายาว 2 เมตร มอเตอร์ดีซีบัสเลส 250 วัตต์ และชุดควบคุมการจ่ายไฟให้มอเตอร์และระบบควบคุมผ่านสมาร์ทโฟน ชุดใบพัดเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ตีน้ำให้เป็นฝอยเกิดการแลกเปลี่ยนออกซิเจนในอากาศและขับเคลื่อนตัวเครื่องโดยใบพัดที่ดีจะต้องทำให้หยดน้ำมีขนาดเล็กเป็นฝอยมากขึ้นและมีเวลาในการแลกเปลี่ยนออกซิเจนในอากาศได้นานขึ้น ดังนั้นชุดใบพัดใบพัดวิดน้ำที่จะนำมาทดสอบในงานวิจัยนี้จะใช้ใบพัดแบบตีนกบ (แบบกวัก) ชนิดเจาะรูข้างละ 1 ใบ รวมทั้งหมด 2 ใบ

ในการดำเนินงานจะใช้ตัวรับน้ำหนักเครื่องเป็นทุ่นพลาสติกขนาด กว้าง 92 ซม. ยาว 130 ซม. สูง 150 ซม. ซึ่งจะประกอบรวมกันทั้งหมดด้วย มอเตอร์ไฟฟ้า แบตเตอรี่ อุปกรณ์ควบคุมและตัวถังใส่อาหารปลา

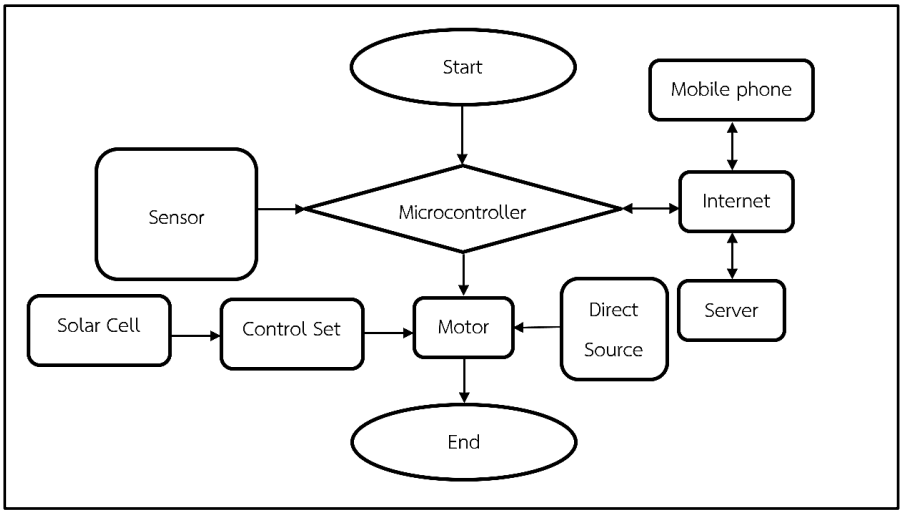
ถังบรรจุอาหารปลาเป็นรูปทรงแบบ Rectangular Hopper ที่สามารถบรรจุอาหารปลาได้เต็มพิกัด 20 กิโลกรัม โดยเริ่มต้นหาปริมาตรของอาหารจากการนำอาหารเม็ดที่จะนำมาใช้ในการเลี้ยงปลามาใส่ภาชนะทรงสี่เหลี่ยมมุมฉากโดยนำอาหาร ปลาหนัก 1 กิโลกรัม ใส่ภาชนะและปาดอาหารให้มีระดับเดียวกันนำมาหาค่าเฉลี่ยของขนาดจะได้ขนาดกว้าง 8.4 ซม. ยาว 14 ซม. และสูง 20 ซม. ซึ่งแสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ถังบรรจุอาหารปลา

การทำงานของระบบโดยพลังงานมาจากแสงอาทิตย์เข้าสู่โซล่าเซลล์และเก็บเข้าไว้ในแบตเตอรี่เพื่อเป็นแหล่งจ่ายให้กับมอเตอร์จากนั้นทำการเขียนโค้ดอัพโหลดลงในบอร์ด ESP32 เพื่อมาใช้คู่กับแอพพลิเคชั่น Blynk สั่งสวิตช์รีเลย์ให้ On-Off มอเตอร์ให้ไปหมุนใบพัด ซึ่งสามารถอธิบายการทำงานแต่ละขั้นตอนได้ดังนี้

(1) เริ่มต้นจากการกำหนดคำสั่งการทำงานของระบบควบคุมการหมุนใบพัดและจ่ายไฟเลี้ยงให้กับระบบโดยใช้พลังงานจากโซล่าเซลล์
(2) ไมโครคอนโทนเลอร์รับคำสั่งการทำงานโดยผ่านระบบไวไฟ ซึ่งสั่งการผ่านแอปพลิเคชั่น Blynk
(3) เมื่อไมโครคอนโทนเลอร์รับคำสั่งการทำงานแล้วจะสั่งการให้สวิตซ์รีเลย์ทำงาน On หรือ Off
(4) ขณะที่รีเลย์ได้รับคำสั่ง On จากไมโครคอนโทนเลอร์ มอเตอร์จะเริ่มหมุนและมีพลังงานกลเพื่อให้ใบพัดหมุนผ่านเพลาส่งกำลัง
(5) เมื่อจบการทำงาน สถานะรีเลย์จะได้รับคำสั่ง Off จากไมโครคอนโทนเลอร์ มอเตอร์จะหยุดหมุน



ภาพที่ 3 แผนผังการทำงาน

ผลการวิจัย

การทดลองการทำงานของเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติเพื่อตรวจสอบการทำงานของเครื่องสามารถไปให้อาหารปลาตามน้ำหนักและพื้นที่กำหนดได้หรือไม่ ซึ่งการทดลองแต่ละครั้งมีการนำอาหารปลาใส่ในถังเก็บอาหารปลาเพื่อเป็นการทดลองการทำงานของอุปกรณ์

การทดลองประสิทธิภาพมอเตอร์ควบคุมการปล่อยอาหารปลาทำการทดลองการทำงานของมอเตอร์ปล่อยอาหารโดยกำหนดน้ำหนักของอาหารที่ใส่ในถังเก็บอาหารให้มีน้ำหนักตามที่กำหนดตั้งแต่ 1 - 10 กิโลกรัม จากนั้นสั่งให้มอเตอร์ทำงานปล่อยอาหารตามน้ำหนักที่ต้องการ เพื่อทดลองการทำงานและระยะเวลาในปล่อยอาหารปลา

ตารางที่ 1 การทดลองประสิทธิภาพมอเตอร์ให้อาหารปลา

ครั้งที่	น้ำหนักอาหารปลา (กิโลกรัม)	เวลาที่ใช้ (นาที)
1	1	0.31
2	2	1.05
3	3	1.32
4	4	2.07
5	5	2.32
6	6	3.04
7	7	3.34
8	8	4.10
9	9	4.41
10	10	5.15

จากตารางที่ 1 พบว่าการทดลองมอเตอร์ปล่อยอาหารสามารถทำงานได้ปกติโดยแต่ละครั้งสามารถให้อาหารปลาตามน้ำหนักที่กำหนดได้อย่างแม่นยำและระยะเวลาในการปล่อยอาหารปลาแต่ละครั้งค่อนข้างใกล้เคียงกัน

การทดสอบการทำงานของการชั่งน้ำหนักอาหารปลาจะใช้โหลดเซลล์โดยกำหนดโหลดเซลล์ที่ปรับเทียบรวมน้ำหนักของถังใส่อาหารให้มีน้ำหนักเป็น 0 ซึ่งเราจะใส่อาหารลงไปในถังหลังจากจากนั้นจะสั่งปล่อยอาหารตามน้ำหนักที่เราต้องการแล้วทำการเปรียบเทียบกับน้ำหนักจริง

ตารางที่ 2 การทดลองชั่งน้ำหนักอาหารปลาที่ทดลองปล่อยจากเครื่องเทียบกับน้ำหนักจริงที่วัดได้

ครั้งที่	น้ำหนักอาหารปลาที่ทดลอง (kg)	น้ำหนักจริง (kg)
1	1	1.2
2	2	2.1
3	3	3.2
4	4	4.2
5	5	5.1
6	6	6.2
7	7	7.2
8	8	8.2
9	9	9.2
10	10	10.1

ตารางที่ 2 ผลการทดลองการทำงานของโหลดเซลล์โดยปรับแก้ค่าน้ำหนักของถังใส่อาหารให้มีน้ำหนักเป็น 0 กิโลกรัม ซึ่งเราจะใส่อาหารลงไปในถัง 10 กิโลกรัม จากนั้นจะสั่งให้เครื่องป้อนอาหารตามน้ำหนักที่ต้องการ จากการทดลองพบว่ามีความแม่นยำโดยเปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นของน้ำหนักจริง

ตารางที่ 3 การทดลองประสิทธิภาพมอเตอร์ชุดขับเคลื่อน

ตำแหน่ง	การเคลื่อนที่	เวลาที่ใช้ในการทดลองในแต่ละสถานะ		
		เครื่องเปล่า	เครื่องบรรทุกอาหาร	เครื่องทำการปล่อยอาหาร
1	ต่อเนื่อง	1.24 (นาที)	1.36 (นาที)	3.11 (นาที)
2	ต่อเนื่อง	2.25 (นาที)	2.38 (นาที)	4.15 (นาที)
3	ต่อเนื่อง	3.32 (นาที)	3.45 (นาที)	5.12 (นาที)
4	ต่อเนื่อง	4.12 (นาที)	4.28 (นาที)	6.00 (นาที)

จากตารางที่ 3 การทดลองประสิทธิภาพมอเตอร์ขับเคลื่อนโดยจะเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่กำหนดไว้ 4 ตำแหน่งโดยแต่ละตำแหน่งจะมีระยะที่แตกต่างกันเพื่อดูระยะเวลาและความสมดุลในการเคลื่อนว่าสามารถเคลื่อนที่ได้ดีหรือไม่ จากตำแหน่งที่ 1 ไปยังตำแหน่งที่ 2 ระยะทางอยู่ที่ 50 เมตร จากตำแหน่งที่ 2 ไปยังตำแหน่งที่ 3 ระยะทางอยู่ที่ 22 เมตร และจากตำแหน่งที่ 3 ไปยังตำแหน่งที่ 4 ระยะทางอยู่ที่ 50 เมตร และจากตำแหน่งที่ 4 กลับมายังตำแหน่งที่ 1 มีระยะทาง 22 เมตร ทั้งหมดมีระยะทางรวม 144 เมตร โดยทำการทดลองการทำงานแบบต่อเนื่อง การทดลองจะมี 3 สถานะ คือ ทดลองในสถานะเครื่องเปล่าโดยที่ยังไม่มีการบรรจุอาหารลงไปในถังเก็บอาหาร ทดลองในสถานะบรรจุอาหารลงไปในถังใส่อาหาร 10 กิโลกรัมและทดลองในสถานะการทำงานในสถานะเครื่องบรรทุกอาหารในถังใส่อาหาร 10 กิโลกรัม แล้วทำการปล่อยอาหารใน 4 ตำแหน่ง ตำแหน่งล่ะ 1.30 นาที ทำการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่างๆที่ได้กำหนดไว้แล้วบันทึกผลลงในตาราง จากผลการทดลองในแต่ละสถานะพบว่าเครื่องสามารถทำงานได้ดีและเคลื่อนที่ตามจุดที่กำหนดได้แม่นยำ

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับการให้อาหารโดยใช้แรงงานจากคนพบว่าสามารถลดระยะเวลาในการให้อาหารต่อหนึ่งได้ค่อนข้างมาก อีกทั้งยังสามาถทำงานได้ในขณะที่แดดร้อนจัดหรือฝนตกซึ่งจะช่วยลดความเสี่ยงจากอันตรายเมื่อเทียบกับการให้อาหารปลาแบบเดิม ลดการจ้างแรงงานงานคนเมื่อเทียบกับค่าใช้จ่ายในการประจุแบตเตอรี่จะประหยัดไม่น้อยกว่าร้อยละ 40 เมื่อเทียบกับแบบเดิม

เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าเครื่องให้อาหารปลานี้สามารถบรรจุปริมาตรอาหารได้เต็มพิกัดมากถึง 20 กิโลกรัม และยังสามารถขับเคลื่อนได้เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 30 นาที โดยที่พลังงานไม่หมด ทำให้

สามาถให้อาหารปลาในบ่อที่มีขนาดใหญ่ได้ อีกทั้งยังออกแบบให้สามารถทำงานได้แม้ในขณะที่ฝนตกโดยระบบไม่เกิดความเสียหาย มอเตอร์กระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่านที่นำมาใช้สามารถขับเคลื่อนเครื่องให้อาหารปลาเคลื่อนที่ได้รวดเร็วและคล่องตัว ประหยัดพลังงานและลดระยะเวลาในการให้อาหารปลาในแต่ละครั้งเป็นอย่างมาก

สรุปผลการวิจัย

จากผลการดำเนินการพัฒนาเครื่องให้อาหารปลาพลังงานแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติควบคุมผ่าน IoT สามารถทำงานได้ตามที่ได้กำหนดไว้ ตัวถังใส่อาหารออกแบบให้สามารถรองรับอาหารปลาชนิดเมล็ดได้ 20 กิโลกรัม มอเตอร์ปล่อยอาหารแบบสกรูทำงานได้ดีโดยสามารถให้อาหารปลาได้จริงตามน้ำหนักที่กำหนดไว้ มอเตอร์กระแสตรง250 W จำนวน 2 ชุด ที่ใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องไปในจุดต่างๆ ได้อย่างต่อเนื่อง ระบบควบคุมการทำงานสามารถควบคุมได้ต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพสามารถทำงานให้อาหารปลาตามจุดที่กำหนดได้จริง การทดสอบการทำงานพบว่าสามารถสั่งงานผ่านสัญญาณไร้สายได้ดีเมื่อควบคุมสวิตช์รีเลย์เพื่อสั่งเปิด-ปิด และควบคุมการเคลื่อนที่มอเตอร์ผ่านแอพพลิเคชั่น Blynk สามารถควบคุมได้ไกลถึงระยะ 144 เมตร จากจุดเริ่มต้นและทำงานได้ต่อเนื่องมากกว่า 30 นาที ต่อการชาร์จพลังงาน 1 ครั้ง ส่วนระบบการให้อาหารปลาออกแบบให้สามารถบรรจุได้ 20 กิโลกรัมให้อาหารตามน้ำหนักตามที่ต้องการคลาดเคลื่อนไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าน้ำหนักจริง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี ที่อนุเคราะห์เครื่องมือทดสอบในการทำวิจัยและเกษตรกรชุมชนบางพลี จ.สมุทรปราการ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำข้อมูลในการออกแบบงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ชนาภา เทพเสนา. (2562). **การพัฒนาการเกษตร;สมาร์ทฟาร์มเมอร์;การให้อาหารสัตว์.** สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง. (2555). **สู่โลกการออกแบบไอซี**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ Smart Learning.

นนทพัทธ์ กฤษณพันธ์ และ จาตุรงค์ มาสะโถ (2563). **รถไฟฟ้าสำหรับตัดหญ้าควบคุมแบบไร้สาย.** สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิยาลัยราชภัฏอุดรธานี.

ปิยวัฒน์ สุขสวัสดิ์ และประภาส บุญเกื้อ. (2563). **เครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติ.** สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

ยุติธรรม ปรมะ. (2564). **การพัฒนาต้นแบบเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติ.** คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.

ยุติธรรม ปรมะและวศิน โชติ. (2564). **การพัฒนาต้นแบบเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติโดยใช้แนวคิดอินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง.** วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์. ปีที่ 13 ฉบับที่ 18กรกฎาคม–ธันวาคม2564.

ระบบจัดการการขายและเรียกลูกค้าบนรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้า

A Sales and Customer Queue Management System for an Electric E-Taen Food Truck

สิริลักษณ์ รักสกุล[1*],ขรรค์ชัย ตุลละสกุล[2]

Sirilak Ruksakul[1*], Khanchai Tunlasakun[2]

[1] คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยีม, หาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 126 ถ.ประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140

[1] Faculty of Industrial Education and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT),126 Pracha Uthit Road, Bang Mod, Thung Khru, Bangkok 10140, Thailand

***Corresponding author E-mail: sirilak.ruks@kmutt.ac.th**

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ พัฒนาอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้าที่ติดตั้งระบบจัดการการขาย (Point of Sale: POS) และระบบเรียกลูกค้าอัตโนมัติรูปแบบใหม่ เพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการและลดความคลาดเคลื่อนในการรับคำสั่งซื้อ และ ประเมินประสิทธิภาพของระบบและความพึงพอใจของผู้ใช้บริการ ระบบที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยการเรียกคิวด้วยเสียงควบคู่กับจอแสดงผลดิจิทัล เพื่อให้ผู้ใช้บริการสามารถเข้าถึงข้อมูลหมายเลขคิวได้อย่างชัดเจนและสะดวกยิ่งขึ้น กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ใช้บริการจำนวน 20 คน ซึ่งคัดเลือกด้วยวิธีการสุ่มแบบเจาะจงจากพื้นที่จำหน่ายเครื่องดื่มในจังหวัดนครสวรรค์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสอบถามความพึงพอใจ และแบบประเมินประสิทธิภาพของระบบเรียกคิวและระบบ POS โดยทำการทดสอบระบบภายใต้เงื่อนไขการใช้งานคงที่ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า ผู้ใช้บริการมีความพึงพอใจต่อทุกองค์ประกอบของระบบอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด โดยเฉพาะด้านความชัดเจนของการเรียกคิว ความสะดวกในการรับบริการ และความถูกต้องของการจัดการคำสั่งซื้อ นอกจากนี้ ระบบเรียกคิวและระบบ POS สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการประยุกต์เทคโนโลยีต้นทุนต่ำสำหรับธุรกิจอาหารเคลื่อนที่ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงาน ลดข้อผิดพลาด และสนับสนุนการพัฒนาธุรกิจอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้าอย่างเหมาะสมและยั่งยืน

คำสำคัญ : ระบบจัดการการขาย (POS) ,ระบบเรียกลูกค้า ,อีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้า

Abstract

This study aims to develop an electric E-Taen food truck integrated with a Point of Sale (POS) system and a newly designed automated customer calling system, enhance service efficiency and reduce order-processing errors, and evaluate system performance and user satisfaction. The developed system combines voice-based queue calling with a digital display to enable customers to access queue information clearly and conveniently. The sample consisted of 20 customers, selected through purposive sampling from food vending areas in Nakhon Sawan Province. Research instruments included a user satisfaction questionnaire and a performance evaluation form for the queue calling system and the POS system. The systems were tested under controlled operating conditions. Data were analyzed using descriptive statistics, namely mean and standard deviation. The results revealed that users reported satisfaction with all system components at a high to very high level, particularly in terms of queue clarity, service convenience, and accuracy of order management. In addition, both the queue calling system and the POS system operated efficiently and reliably. The findings indicate that the developed system can serve as a practical guideline for applying low-cost technology in mobile food businesses. The system contributes to improved operational efficiency, reduced service errors, and supports the sustainable development of electric E-Taen food truck businesses within the context.

Keywords : Sales Management System (Point of Sale: POS), Customer Calling System, Electric E-Taen Food Truck

บทนำ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้าที่บูรณาการระบบจัดการการขาย (Point of Sale: POS) ร่วมกับระบบเรียกลูกค้าอัตโนมัติแบบต้นทุนต่ำ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการ ลดความคลาดเคลื่อนในการรับคำสั่งซื้อ และยกระดับการจัดการธุรกิจอาหารเคลื่อนที่ให้มีความเป็นระบบมากยิ่งขึ้น แนวคิดในการพัฒนาระบบอาศัยหลักการสื่อสารไร้สายสำหรับอุปกรณ์ขนาดเล็ก และงานระบบอัตโนมัติ ซึ่งเหมาะสมกับการใช้งานในสภาพแวดล้อมที่มีข้อจำกัดด้านพลังงานและพื้นที่ (กงแก้ว, 2565) รวมถึงแนวคิดการประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ต้นทุนต่ำเพื่อสนับสนุนระบบบริการอัตโนมัติในร้านค้าขนาดเล็ก (พิมลพรรณ, 2564)

ระบบที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยการเรียกคิวด้วยเสียงควบคู่กับจอแสดงผลดิจิทัล และเชื่อมโยงการทำงานกับระบบ POS เพื่อให้ข้อมูลการสั่งซื้อ และสถานะคิวมีความถูกต้อง ชัดเจน และเป็นปัจจุบัน สอดคล้องกับแนวคิดการพัฒนาระบบแสดงผลคิวพร้อมเสียงแจ้งเตือนสำหรับร้านค้าบริการเคลื่อนที่ และระบบเรียกลูกค้าอัตโนมัติแบบต้นทุนต่ำ ซึ่งช่วยลดภาระงานของผู้ให้บริการ และเพิ่มความสะดวกแก่ผู้ใช้บริการ (จาเรืองสุข & ภูมิขาว, 2562; จันทิพย์ & วัฒนากุล, 2563) นอกจากนี้ การออกแบบระบบแสดงผลคิวอัจฉริยะยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดลำดับคิวและการสื่อสารกับลูกค้าในธุรกิจบริการเคลื่อนที่ (มานะ & สุภาวดี, 2564)

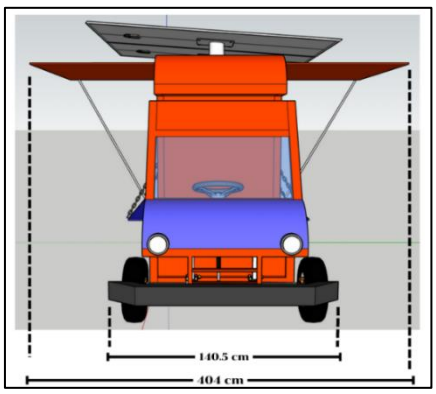
ในส่วนของระบบจัดการการขาย ระบบ POS ถูกออกแบบให้เหมาะสมกับบริบทของผู้ประกอบการรายย่อย โดยมุ่งเน้นความง่ายต่อการใช้งาน ความถูกต้องของข้อมูล และการสนับสนุนการตัดสินใจด้านการขาย ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการประยุกต์ใช้ระบบขายหน้าร้านในชุมชนเมือง และหลักการออกแบบระบบ POS สำหรับธุรกิจรายย่อย (สุภาวดี, 2564; วงศ์ประเสริฐ, 2561) ขณะเดียวกัน การนำระบบดังกล่าวมาประยุกต์ใช้บนอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้ายังสอดคล้องกับแนวโน้มการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าเพื่อธุรกิจบริการเคลื่อนที่ในประเทศไทย (รัตนวดี & วสุวัฒน์, 2563)

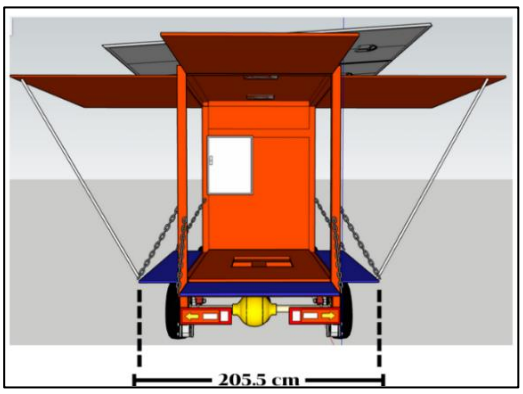
วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น รวบรวมข้อมูลทฤษฎี เอกสารงานวิจัย และวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับระบบขายหน้าร้าน (POS), ระบบเรียกคิวอัตโนมัติ, การบริหารจัดการลูกค้า และฟู้ดทรัคไฟฟ้า

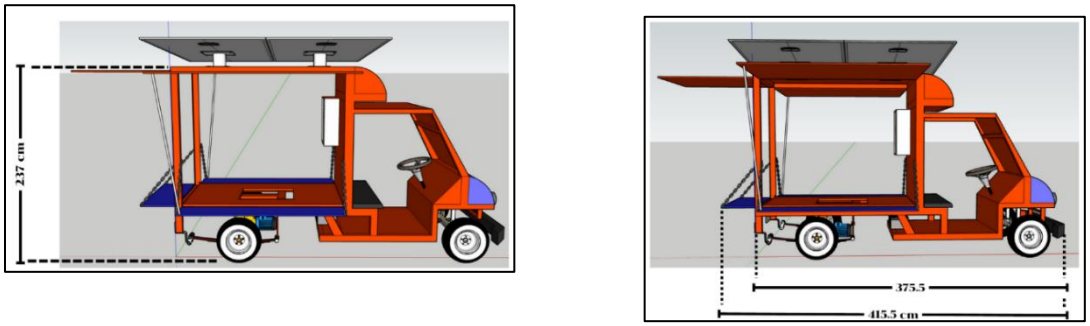
2. วิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้งาน ทำแบบสอบถามและสัมภาษณ์เชิงลึกกับผู้ประกอบการฟู้ดทรัคไฟฟ้าและลูกค้า เพื่อรวบรวมข้อมูลความต้องการใช้งานระบบและปัญหาที่พบ

3. ออกแบบระบบ ออกแบบระบบบริหารจัดการการขาย (POS) และระบบเรียก-ตอบรับลูกค้า ให้เหมาะสมกับลักษณะการใช้งานบนรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้า โดยเน้นความเรียบง่าย ทันสมัย และสามารถทำงานร่วมกับอุปกรณ์ไฟฟ้าในรถได้



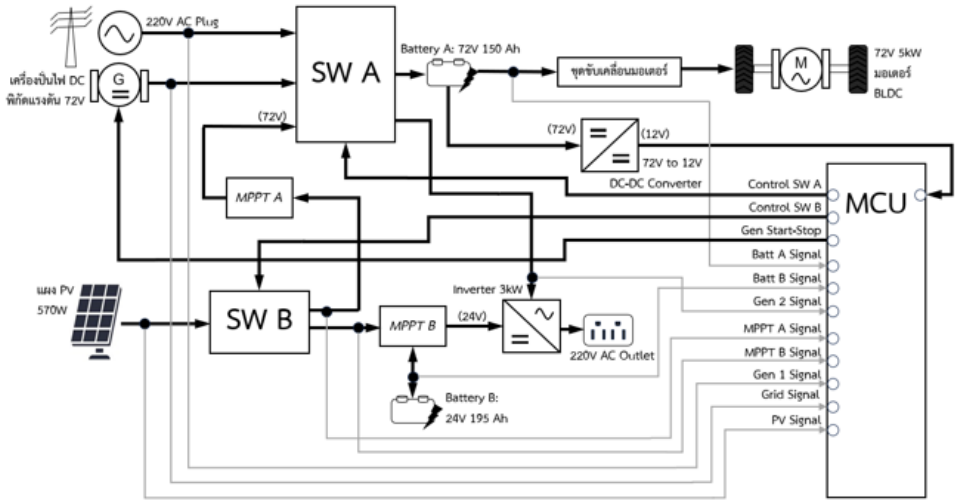


(ก) (ข)



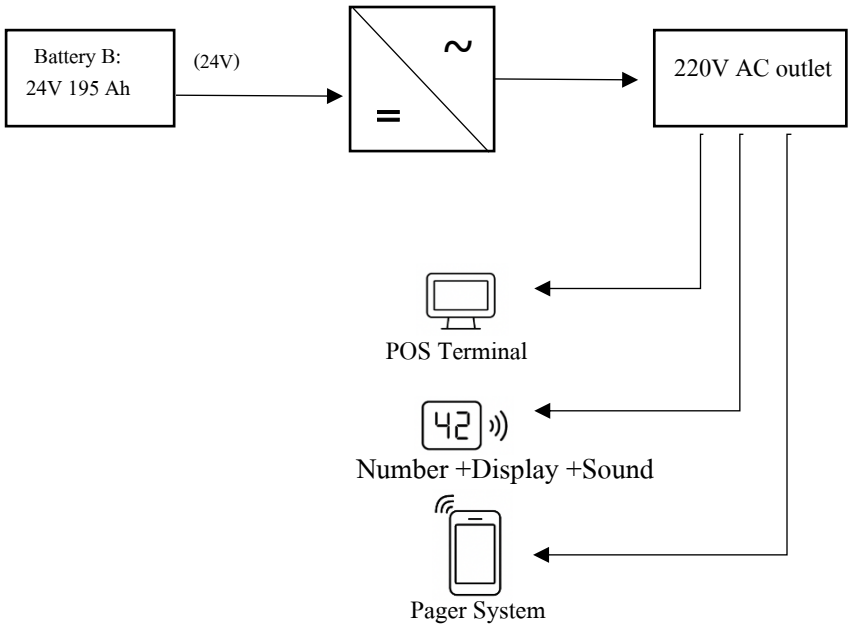
(ค) (ง)

ภาพที่ 1 แบบรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้า (ก) แสดงมุมมองด้านหน้าของรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้า โดยแสดงความกว้างของตัวรถและโครงสร้างหลังคาพับเปิด–ปิดได้ (ข) แสดงมุมมองด้านหลังของรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้า โดยแสดงความกว้างส่วนท้ายรถและตำแหน่งอุปกรณ์ด้านหลัง (ค) แสดงมุมมองด้านข้างของรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้าในสภาพปิดใช้งาน โดยแสดงความยาวและความสูงของตัวรถ (ง) แสดงมุมมองด้านข้างของรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้าในสภาพเปิดใช้งาน โดยหลังคาและพื้นที่จำหน่ายถูกเปิดออกเพื่อเพิ่มพื้นที่ให้บริการแก่ลูกค้า



ภาพที่ 2 ไดอะแกรมนี้แสดง ระบบควบคุมการจ่ายไฟอัจฉริยะของรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วยแหล่งพลังงานหลักจากแผงโซลาร์เซลล์ แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ และแบตเตอรี่ไฟฟ้ากระแสตรง โดยมีชุดสวิตช์ควบคุม (SW A และ SW B) ทำหน้าที่จัดการการรับ–จ่ายพลังงานระหว่างแหล่งพลังงานและอุปกรณ์ใช้งาน

Inverter



ภาพที่ 3 ไดอะแกรมนี้แสดง ระบบจ่ายไฟฟ้าสำหรับระบบการขายของรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้า โดยใช้แบตเตอรี่ขนาด 24 โวลต์ เป็นแหล่งพลังงานหลัก พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่ถูกแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับผ่านอินเวอร์เตอร์ ก่อนจ่ายให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงดัน 220 โวลต์ อุปกรณ์ที่ใช้พลังงานจากระบบประกอบด้วย เครื่อง POS Terminal ระบบแสดงหมายเลขคิวพร้อมเสียง และระบบเพจเจอร์เรียกลูกค้า ซึ่งช่วยสนับสนุนการดำเนินงานด้านการขายและการเรียกลูกค้าให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

ระบบบัตรเรียกคิวแบบมีเสียงเตือน (Pager-Based Queue Calling System) สำหรับใช้งานในร้านกาแฟบนรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้า ประกอบด้วยชุดเพจเจอร์เรียกลูกค้าที่กำหนดหมายเลขคิว และฐานควบคุมกลางซึ่งทำหน้าที่ส่งสัญญาณแจ้งเตือนไปยังบัตรเรียกคิวแต่ละใบ เมื่อถึงคิวที่กำหนด ระบบจะส่งสัญญาณเสียงและการแสดงผลหมายเลข เพื่อแจ้งเตือนผู้ใช้บริการให้ทราบสถานะคิวอย่างชัดเจน



ภาพที่ 4 แสดงระบบบัตรเรียกคิวแบบมีเสียงเตือน (Pager-Based Queue Calling System) สำหรับใช้งานในร้านกาแฟบนรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้า





ภาพที่ 5 หน้าจอสำหรับรับคำสั่งซื้อ (POS Terminal) ทำหน้าที่รับ บันทึก และประมวลผลข้อมูลการสั่งซื้อจากลูกค้า ณ จุดขาย และระบบบัตรเรียกคิวแบบมีเสียงเตือน (Pager-Based Queue Calling System) สำหรับใช้งานในร้านกาแฟบนรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้า ประกอบด้วยชุดเพจเจอร์เรียกลูกค้าที่กำหนดหมายเลขคิว และฐานควบคุมกลางซึ่งทำหน้าที่ส่งสัญญาณแจ้งเตือนไปยังจอแสดงผลคิว เมื่อถึงคิวที่กำหนด ระบบจะส่งสัญญาณเสียงและการแสดงผลหมายเลข เพื่อแจ้งเตือนผู้ใช้บริการให้ทราบสถานะคิวอย่างชัดเจน

4. การทดลองใช้งานระบบต้นแบบบนรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้าในสถานการณ์จริง โดยนำระบบที่พัฒนาขึ้นไปติดตั้งและใช้งานกับกลุ่มเป้าหมายในพื้นที่จำหน่ายเครื่องดื่มภายในจังหวัดนครสวรรค์ เพื่อประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบจัดการการขาย (POS) และระบบเรียกลูกค้าอัตโนมัติ การทดลองดังกล่าวช่วยให้สามารถประเมินทั้งประสิทธิภาพของระบบ ความสะดวกในการใช้งาน และระดับความพึงพอใจของผู้ใช้บริการภายใต้เงื่อนไขการใช้งานจริง ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการวิเคราะห์ผลและการปรับปรุงระบบให้เหมาะสมยิ่งขึ้น



(ก)



(ข)

ภาพที่ 6 (ก) แสดงบรรยากาศการให้บริการและการมีส่วนร่วมของผู้ใช้บริการในพื้นที่ทดลอง (ข) แสดงการปฏิบัติงานจริงของผู้ให้บริการและการโต้ตอบกับลูกค้า ณ จุดจำหน่าย

ผลการวิจัย

เมื่อการออกแบบและพัฒนาระบบเสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน โดยใช้วิธีการสุ่มแบบเจาะจงจากผู้ใช้บริการในพื้นที่จำหน่ายเครื่องดื่มในจังหวัดนครสวรรค์ จากนั้นนำระบบต้นแบบไปทดลองใช้งานจริงบนรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้า ภายใต้เงื่อนไขการใช้งาน ระบบบริหารจัดการการขาย **(POS)** คงที่

ผลประเมินจากผู้ใช้งานพบว่าทุกองค์ประกอบอยู่ในระดับความพึงพอใจสูง โดยเฉพาะระบบเพจและแนวคิดเทคโนโลยีต้นทุนต่ำ จากการทดสอบพบว่าเพจมีประสิทธิภาพที่ระยะ 200 เมตร และระบบจอ–เสียงเหมาะกับการใช้งานระยะใกล้ไม่เกิน 30 เมตร ระบบ POS ช่วยลดข้อผิดพลาดและเพิ่มความเป็นระบบในการขายโดยรวม งานวิจัยจึงประสบความสำเร็จในการพัฒนาระบบที่ช่วยยกระดับคุณภาพการบริการของฟู้ดทรัคไฟฟ้าได้จริง และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชุมชนได้อย่างคุ้มค่า

ตารางที่ 1 ตารางสรุปผลความพึงพอใจ (ทุกหมวด)

หมวด	$\bar{X}$	SD	ระดับ
แผ่นเพจ (Pager)	4.6	0.5	พึงพอใจมากที่สุด
ระบบเสียง + ไฟ	4.41	0.53	พึงพอใจมาก
ระบบ POS	4.39	0.52	พึงพอใจมาก
เทคโนโลยีต้นทุนต่ำ	4.56	0.5	พึงพอใจมากที่สุด

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้บริการจำนวน 20 คน พบว่าระบบระบบแผ่นเพจเรียกคิวและการใช้เทคโนโลยีต้นทุนต่ำได้รับค่าเฉลี่ยสูงที่สุดอยู่ในระดับ “พึงพอใจมากที่สุด” ขณะที่ระบบ POS และระบบเสียง-ไฟแสดงหมายเลขอยู่ในระดับ “พึงพอใจมาก” แสดงว่าระบบทั้งหมดสามารถสนับสนุนการจัดการคิวและการให้บริการบนรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 2 การทดสอบระยะสัญญาณของแผ่นเพจ (Pager)

ครั้งที่ทดสอบ	ระยะจากรถ (เมตร)	จำนวนครั้งที่กดเรียก (ครั้ง)	จำนวนครั้งที่เพจตอบสนอง (ครั้ง)	อัตราการตอบสนอง (%)	ผ่านเกณฑ์ (≥ 80%)	หมายเหตุ

1	50	5	5	100%	ผ่าน	–
2	100	5	5	100%	ผ่าน	–
3	200	5	4	80%	ผ่าน	–
4	300	5	3	60%	ไม่ผ่าน	มีผนัง/คนบัง สัญญาณ
5	400	5	2	40%	ไม่ผ่าน	–

จากตารางที่ 2 ระยะใช้งานจริงของแผ่นเพจ ระยะทางที่มีอัตราการตอบสนอง ≥ 80% จากตัวอย่างในตารางประมาณ 200 เมตรในพื้นที่เปิดโล่ง

ตารางที่ 3 การทดสอบระยะการมองเห็น/ได้ยินของจอ + เสียง

ครั้งที่ทดสอบ	ระยะจากรถ (เมตร)	จำนวนครั้งที่เรียกคิว (ครั้ง)	ตอบเลขคิวถูกต้อง (ครั้ง)	ความถูกต้อง (%)	ผ่านเกณฑ์ (≥ 80%)	หมายเหตุ
1	10	5	5	100%	ผ่าน	–
2	20	5	5	100%	ผ่าน	–

ตารางที่ 3 การทดสอบระยะการมองเห็น/ได้ยินของจอ + เสียง (ต่อ)

ครั้งที่ทดสอบ	ระยะจากรถ (เมตร)	จำนวนครั้งที่เรียกคิว (ครั้ง)	ตอบเลขคิวถูกต้อง (ครั้ง)	ความถูกต้อง (%)	ผ่านเกณฑ์ (≥ 80%)	หมายเหตุ
3	30	5	4	80%	ผ่าน	–
4	40	5	3	60%	ไม่ผ่าน	เสียงรอบข้างดังมาก
5	50	5	2	40%	ไม่ผ่าน	มองจอไม่ชัด

จากตารางที่ 3 ระยะไกลสุดที่ผู้ใช้ “มองเห็น/ได้ยิน” ถูกต้อง ≥ 80% จากตัวอย่างในตารางประมาณ 30 เมตร ในพื้นที่โล่ง

วิจารณ์ผลการวิจัย

งานวิจัยพบว่าการนำเทคโนโลยีต้นทุนต่ำ เช่น แผ่นเพจเรียกคิว จอแสดงผล และระบบ POS มาปรับใช้กับรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้าสามารถตอบโจทย์ผู้ใช้งานได้จริง ระบบมีความเรียบง่าย ใช้งานง่ายแม้ผู้ใช้ไม่มีพื้นฐานด้านเทคโนโลยี และได้รับความพึงพอใจสูงจากกลุ่มตัวอย่าง 20 คน ผลทดสอบระยะสัญญาณแสดงให้เห็นว่าแผ่นเพจทำงานได้ดีที่ 200 เมตรในพื้นที่โล่ง แต่ประสิทธิภาพลดลงเมื่อมีสิ่งกีดขวาง ส่วนระบบจอและเสียงมีข้อจำกัดด้านแสงและเสียงรบกวน ทำให้ระยะที่ให้ผลถูกต้องสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 30 เมตร อย่างไรก็ตาม ทั้งหมดนี้สะท้อนว่าระบบถูกออกแบบให้เหมาะกับบริบทการใช้งานจริงของฟู้ดทรัคขนาดเล็ก และเติมเต็มช่องว่างของงานวิจัยเดิมที่ไม่ครอบคลุมบริบทชนบทหรือระบบราคาประหยัด

สรุปผลการวิจัย

ระบบจัดการการขายและระบบเรียกลูกค้าที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานร่วมกันได้มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับการใช้งานบนรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้า ผลประเมินจากผู้ใช้งานพบว่าทุกองค์ประกอบอยู่ในระดับความพึงพอใจสูง โดยเฉพาะระบบเพจและแนวคิดเทคโนโลยีต้นทุนต่ำ จากการทดสอบพบว่าเพจมีประสิทธิภาพที่ระยะ 200 เมตร และระบบจอ–เสียงเหมาะกับการใช้งานระยะใกล้ไม่เกิน 30 เมตร ระบบ POS ช่วยลดข้อผิดพลาดและเพิ่มความเป็นระบบในการขายโดยรวม งานวิจัยจึงประสบความสำเร็จในการพัฒนาระบบที่ช่วยยกระดับคุณภาพการบริการของฟู้ดทรัคไฟฟ้าได้จริง และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชุมชนได้อย่างคุ้มค่า

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยความเรียบร้อยสมบูรณ์ทางผู้วิจัยขอขอบพระคุณห้างหุ้นส่วนจำกัด ลิ่มเชียงเส็ง ,ห้างหุ้นส่วนจำกัด เอสซีบี รุ่งเรือง คณาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และวิทยาลัยเทคนิคนครสวรรค์ ที่สนับสนุนงบประมาณ วัสดุอุปกรณ์ และเครื่องมือในการทำงานวิจัยให้เสร็จลุล่วง

เอกสารอ้างอิง

กงแก้ว, ม. (2565). หลักการสื่อสารไร้สายสำหรับอุปกรณ์ขนาดเล็กและงานระบบอัตโนมัติ. เชียงใหม่: สำนักพิมพ์วิศวกรรมเหนือ.

จาเรืองสุข, ศ., & ภูมิขาว, ท. (2562). การพัฒนาระบบแสดงผลคิวพร้อมเสียงแจ้งเตือนสำหรับร้านค้าบริการเคลื่อนที่. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีประยุกต์ไทย, 9(3), 78–87.

จันทิพย์, น., & วัฒนากุล, พ. (2563). การพัฒนาระบบเรียกลูกค้าอัตโนมัติแบบต้นทุนต่ำสำหรับร้านค้าและบริการรายย่อย. วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, 15(2), 45–56.

สุภาวดี, ช. (2564). การประยุกต์ระบบขายหน้าร้าน (POS) สำหรับผู้ประกอบการรายย่อยในชุมชนเมือง. วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมไทย, 6(2), 15–27

มานะ ก., & สุภาวดี อ. (2564). การออกแบบระบบแสดงผลคิวอัจฉริยะสำหรับบริการเคลื่อนที่ในธุรกิจรายย่อย. วารสารวิทยาการจัดการปริทัศน์, 24(2), 88-97

รัตนวดี, ม., & วสุวัฒน์, ก. (2563). การวิเคราะห์แนวโน้มการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าเพื่อธุรกิจบริการเคลื่อนที่ในประเทศไทย. วารสารพลังงานและสิ่งแวดล้อม, 10(3), 87–98

พิมลพรรณ, ศ. (2564). การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ต้นทุนต่ำสำหรับระบบบริการอัตโนมัติในร้านค้าขนาดเล็ก. วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมไทย, 6(1), 21–31

วงศ์ประเสริฐ, ส. (2561). พื้นฐานการออกแบบระบบ POS สำหรับผู้ประกอบการรายย่อย. กรุงเทพฯ: เอสเอ็มอีนวัตกรรมเฮ้าส์.

ระบบจัดการพลังงานสำหรับโหลดไฟฟ้าบนรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้า

Energy Management System for Electrical Loads on an Electric E-Tan Food Truck

นายวรฉัตร ราชวงศ์[1*] ,ขรรค์ชัย ตุลละสกุล[2]

Worachat Ratchawong[1*] , Khanchai Tunlasakun[2]

[1]มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 126 ถ.ประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140

[1] King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT), 126 Pracha Uthit Rd.,

Bang Mod, Thung Khru, Bangkok 10140, Thailand

***Corresponding author E-mail:** Eartzaba0452@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบควบคุมพลังงานสำหรับโหลดไฟฟ้าบนรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้า เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า ลดความสูญเสียพลังงาน และสนับสนุนการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในรถให้มีความเหมาะสมและปลอดภัย รวมถึงประเมินประสิทธิภาพของระบบและความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ระบบที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยระบบควบคุมการจ่ายพลังงานให้กับโหลดไฟฟ้าต่าง ๆ ภายในรถ เช่น เครื่องชงกาแฟ เครื่องบดกาแฟ และอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ โดยใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับกระแสร่วมกับจอแสดงผลดิจิทัล เพื่อแสดงสถานะการใช้พลังงานและช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถบริหารจัดการพลังงานได้อย่างชัดเจนและสะดวกยิ่งขึ้น กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยเป็นผู้ใช้งานรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้าจำนวน 20 คน ซึ่งคัดเลือกด้วยวิธีการสุ่มแบบเจาะจงจากพื้นที่จำหน่ายอาหารในจังหวัดนครสวรรค์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสอบถามความพึงพอใจ และแบบประเมินประสิทธิภาพของระบบควบคุมพลังงาน โดยทำการทดสอบระบบภายใต้เงื่อนไขการใช้งานคงที่ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานผลการวิจัยพบว่า ระบบควบคุมพลังงานสำหรับโหลดไฟฟ้าบนรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้าสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยควบคุมการจ่ายพลังงานให้เหมาะสมกับการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้า ลดการใช้พลังงานเกินความจำเป็น และเพิ่มเสถียรภาพในการทำงานของระบบ ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อทุกองค์ประกอบของระบบอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด โดยเฉพาะด้านความสะดวกในการใช้งาน ความชัดเจนของการแสดงผล และความปลอดภัยในการใช้พลังงานไฟฟ้า ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการประยุกต์เทคโนโลยีต้นทุนต่ำสำหรับธุรกิจฟู้ดทรัคไฟฟ้า ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงาน ลดต้นทุนด้านพลังงาน และสนับสนุนการพัฒนารถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้าอย่างเหมาะสม

คำสำคัญ รถฟู้ดทรัคไฟฟ้า, ระบบบริหารจัดการพลังงาน

Abstract

This research aimed to develop an energy management system for electrical loads on an electric E-Tan food truck in order to improve energy efficiency, reduce energy losses, and support the safe and appropriate operation of electrical equipment inside the vehicle. The study also evaluated the system's performance and user satisfaction. The developed system consisted of a power control unit for managing various electrical loads inside the vehicle, such as a coffee machine, coffee grinder, and other electrical appliances. Current sensors and a digital display were integrated to monitor energy consumption, display system status, and assist users in managing energy usage clearly and conveniently the sample group consisted of 20 electric E-Tan food truck users, selected through purposive sampling from food vending areas in Nakhon Sawan Province. Research instruments included a user satisfaction questionnaire and a system performance evaluation form. The system was tested under fixed operating conditions, and data were analyzed using descriptive statistics, namely mean and standard deviation. The results indicated that the developed energy management system operated efficiently, effectively controlling power distribution according to equipment usage, reducing unnecessary energy consumption, and enhancing system stability. Users reported high to very high satisfaction with all aspects of the system, particularly in terms of ease of use, clarity of display, and electrical safety. The findings demonstrate that the developed system can serve as a practical guideline for applying low-cost technology in electric food truck businesses, helping to improve operational efficiency, reduce energy costs, and support the sustainable development of electric E-Tan food trucks.

Keywords : Electric food truck, Energy management system

บทนำ

ในปัจจุบันรูปแบบการดำเนินธุรกิจอาหารและเครื่องดื่มมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะธุรกิจฟู้ดทรัคซึ่งได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากมีความคล่องตัวในการให้บริการ สามารถเคลื่อนย้ายสถานที่ได้ง่าย และเข้าถึงกลุ่มลูกค้าได้หลากหลายพื้นที่ ร้านกาแฟเคลื่อนที่จึงเป็นหนึ่งในรูปแบบธุรกิจฟู้ดทรัคที่มีการขยายตัวอย่างชัดเจน (กรมพัฒนาธุรกิจการค้า, 2563) อย่างไรก็ตาม การดำเนินธุรกิจในลักษณะดังกล่าวจำเป็นต้องพึ่งพาพลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก สำหรับใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ เช่น เครื่องบดเมล็ดกาแฟ เครื่องชงกาแฟเอสเปรสโซ ตู้เย็น อุปกรณ์ให้แสงสว่าง และอุปกรณ์ควบคุมระบบภายในรถ ซึ่งล้วนต้องการพลังงานไฟฟ้าที่มีความเสถียรและเพียงพอต่อการใช้งานอย่างต่อเนื่อง (ศิริชัย แสงทอง และคณะ, 2562)

รถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้าเป็นยานยนต์ไฟฟ้าดัดแปลงที่ได้รับความสนใจในปัจจุบัน เนื่องจากมีต้นทุนการจัดหาและบำรุงรักษาต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับรถฟู้ดทรัคเชิงพาณิชย์ทั่วไป อีกทั้งยังสามารถปรับแต่งระบบพลังงานไฟฟ้าให้เหมาะสมกับลักษณะการใช้งานได้อย่างยืดหยุ่น (สมชาย บุญมี, 2561) อย่างไรก็ตาม การนำรถอีแต๋นมาใช้เป็นร้านกาแฟเคลื่อนที่ยังคงประสบปัญหาด้านการจัดการพลังงานไฟฟ้า โดยเฉพาะการจัดสรรพลังงานให้กับโหลดไฟฟ้าหลายประเภทที่มีลักษณะการใช้งานแตกต่างกัน หากไม่มีระบบควบคุมพลังงานที่เหมาะสม อาจทำให้เกิดปัญหาแบตเตอรี่หมดเร็ว แรงดันไฟฟ้าตก อุปกรณ์ไฟฟ้าทำงานผิดปกติ และส่งผลกระทบต่อความต่อเนื่องในการให้บริการ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2564)

ดังนั้น ระบบควบคุมพลังงาน (Energy Management System: EMS) จึงมีบทบาทสำคัญในการบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าบนรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้า โดยทำหน้าที่ควบคุมและจัดลำดับความสำคัญของโหลดไฟฟ้าให้สอดคล้องกับกำลังของแหล่งพลังงาน เช่น ระบบแบตเตอรี่หรือพลังงานแสงอาทิตย์ รวมถึงช่วยตรวจวัดการใช้พลังงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละชนิด เพื่อให้การจ่ายพลังงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย (อนันต์ พรหมรักษา, 2563; ประสิทธิ์ วงศ์สกุล, 2562)

จากความสำคัญดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบควบคุมพลังงานสำหรับโหลดไฟฟ้าบนรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้า โดยมุ่งเน้นการออกแบบระบบที่สามารถบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสม ลดการสูญเสียพลังงาน ยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ และเพิ่มความมั่นคงของระบบไฟฟ้าภายในรถ เพื่อให้สามารถรองรับการใช้งานจริงของร้านกาแฟเคลื่อนที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน (ธนากร จันทร์ศรี, 2564; วิทยา นาคสุข และคณะ, 2565)

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ขอบเขตและแนวคิดการวิจัย

โครงการวิจัยนี้มุ่งศึกษา ออกแบบ และพัฒนารถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้าที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า พร้อมติดตั้งระบบการจัดการพลังงาน (Energy Management System: EMS) เพื่อควบคุมและจัดสรรการใช้พลังงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าบนรถให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด โดยเฉพาะในช่วงที่มีการใช้งานโหลดไฟฟ้าสูง

2. การศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีระบบ (System Theory)

การพัฒนารถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้าเป็นการบูรณาการหลายระบบ ได้แก่ ระบบขับเคลื่อน ระบบจัดการพลังงาน ระบบตรวจวัด และระบบควบคุม ซึ่งต้องทำงานร่วมกันอย่างเป็นระบบภายใต้แนวคิดระบบองค์รวม

2.2 ทฤษฎีการจัดการพลังงานในยานยนต์ไฟฟ้า

ศึกษาหลักการรวบรวม วิเคราะห์ และควบคุมการใช้พลังงาน เพื่อให้การใช้พลังงานเป็นไปอย่างเหมาะสม ลดการสูญเสีย และเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบ

2.3 ทฤษฎีการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Theory)

ใช้แนวทางการออกแบบที่คำนึงถึงประสิทธิภาพ ความปลอดภัย ความประหยัดพลังงาน และความเหมาะสมต่อการใช้งานจริง

3. การออกแบบและพัฒนาชิ้นงาน

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและสร้างรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้า ลักษณะเป็นยานยนต์ 4 ล้อ แบบปลั๊กอินไฮบริด (Plug-in Hybrid Electric Vehicle: PHEV) ใช้ระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าร่วมกับระบบน้ำมัน และติดตั้งระบบ EMS เพื่อควบคุมการจ่ายพลังงานให้กับโหลดไฟฟ้าบนรถ

4. หน่วยทดลอง

หน่วยทดลองคือ รถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้นพร้อมระบบการจัดการพลังงาน โดยทำการทดสอบการทำงานภายใต้สภาวะโหลดไฟฟ้าที่แตกต่างกัน ได้แก่ โหลดต่ำ โหลดปกติ และโหลดสูง

5. เทคนิคและการเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บข้อมูลจาก

- ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (แรงดัน กระแส กำลังไฟฟ้า)
- ประสิทธิภาพการกระจายโหลดของระบบ EMS

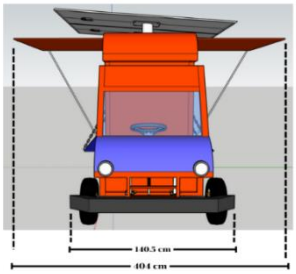
ข้อมูลถูกบันทึกด้วยอุปกรณ์ตรวจวัดและระบบควบคุมแบบเรียลไทม์

6. แผนการทดลอง

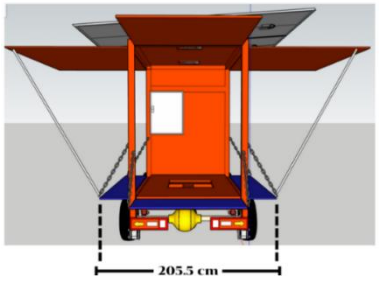
1. ทดสอบระบบภายใต้โหลดต่ำ
2. ทดสอบระบบภายใต้โหลดปกติ
3. ทดสอบระบบภายใต้โหลดสูง
4. เปรียบเทียบผลการใช้พลังงานก่อนและหลังติดตั้งระบบ EMS

7. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และกราฟเปรียบเทียบ เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพการจัดการพลังงานของระบบภายใต้สภาวะโหลดที่แตกต่างกัน



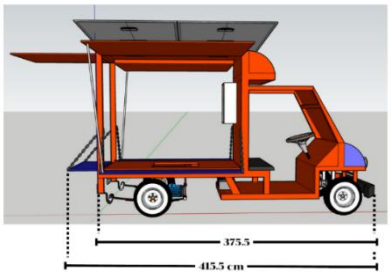
(ก)



(ข)

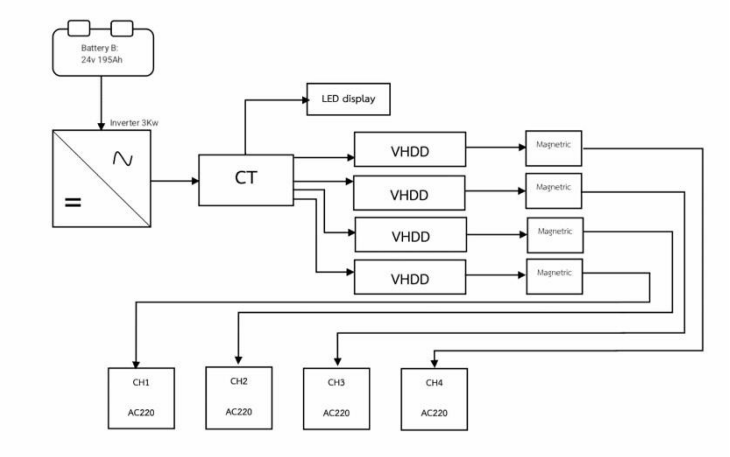


(ค)



(ง)

รูปที่ 2 แบบรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้า (ก) แสดงมุมมองด้านหน้าของรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้า โดยแสดงความกว้างของตัวรถและโครงสร้างหลังคาพับเปิด–ปิดได้ (ข) แสดงมุมมองด้านหลังของรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้า โดยแสดงความกว้างส่วนท้ายรถและตำแหน่งอุปกรณ์ด้านหลัง (ค) แสดง มุมมองด้านข้างของรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้าในสภาพปิดใช้งาน โดยแสดงความยาวและความสูงของตัวรถ (ง) แสดง มุมมองด้านข้างของรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้าในสภาพเปิดใช้งาน โดยหลังคาและพื้นที่จำหน่ายถูกเปิดออกเพื่อเพิ่มพื้นที่ให้บริการแก่ลูกค้า



รูปที่ 3 ไดอะแกรมนี้แสดง ระบบควบคุมการจ่ายไฟอัจฉริยะของรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วยอินเวอร์เตอร์และเซ็นเซอร์ตรวจจับกระแสร่วมกับจอแสดงผลดิจิทัล



(ก) (ข)

รูปที่ 4 ตัวอย่างตู้ระบบควบคุมพลังงานสำหรับรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้า แบบตู้คอนโทรลสำหรับอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้าโดยใช้ระบบVHDD ในการวัดกะแสไฟฟ้าในการกำหนดควบคุมระบบไฟฟ้าในแต่ละ canal เพื่อจัดการพลังงานไฟฟ้าของรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้า



(ก) (ข)

รูปที่ 5 (ก) แสดงบรรยากาศการทดสอบโหลดของรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้า (ข) แสดงบรรยากาศการทดสอบโหลดไฟฟ้าของรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้า

ผลการวิจัย

เมื่อการออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมพลังงานสำหรับโหลดไฟฟ้าบนรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้าเสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยได้นำระบบต้นแบบไปติดตั้งและทดสอบการทำงานจริงบนรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้าสำหรับร้านกาแฟภายใต้เงื่อนไขการใช้งานคงที่ โดยทำการทดสอบประสิทธิภาพของระบบในด้านการควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้า ความเสถียรของแรงดันไฟฟ้า การจัดลำดับความสำคัญของโหลดไฟฟ้า และการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ผลการทดสอบพบว่าระบบควบคุมพลังงานสามารถบริหารจัดการโหลดไฟฟ้าหลายประเภทได้อย่างเหมาะสม โดยสามารถควบคุมการจ่ายพลังงานให้สอดคล้องกับกำลังของแหล่งพลังงาน และลดปัญหาแรงดันไฟฟ้าตกในระหว่างการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าพร้อมกันหลายชนิด ส่งผลให้ระบบไฟฟ้าภายในรถมีความเสถียรและปลอดภัยต่อการใช้งาน

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบควบคุมพลังงาน

รายการประเมิน	**ค่าเฉลี่ย**	**SD**	ระดับประสิทธิภาพ
การควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้า	4.60	0.50	ประสิทธิภาพสูงมาก
การจัดลำดับความสำคัญของโหลดไฟฟ้า	4.45	0.53	ประสิทธิภาพสูง
ความเสถียรของแรงดันไฟฟ้า	4.63	0.48	ประสิทธิภาพสูงมาก
การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ	4.56	0.49	ประสิทธิภาพสูงมาก

จากตารางที่ 1 พบว่าประสิทธิภาพการทำงานของระบบควบคุมพลังงานโดยรวมอยู่ในระดับสูง โดยเฉพาะด้านความเสถียรของแรงดันไฟฟ้าและการควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้า ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบสามารถรองรับการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าบนรถอีแต๋นฟู้ดทรัคได้อย่างเหมาะสม

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบการจัดสรรพลังงานโหลดไฟฟ้า

ครั้งที่ทดสอบ	โหลดที่ใช้งาน	กำลังไฟรวม (W)	แรงดันเฉลี่ย (V)	ผลการทำงาน
1	เครื่องชง + ไฟ	1800	220	ปกติ
2	เครื่องชง + เครื่องบด	2300	218	ปกติ
3	ทุกอุปกรณ์	3200	216	EMS ควบคุม

จากตารางที่ 2 พบว่าระบบควบคุมพลังงานสามารถจัดสรรพลังงานให้กับโหลดไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสม เมื่อกำลังไฟรวมเพิ่มสูงขึ้น ระบบสามารถเข้าควบคุมและจัดลำดับความสำคัญของโหลดได้ทันที ส่งผลให้แรงดันไฟฟ้ายังคงอยู่ในช่วงที่ปลอดภัย

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าระบบควบคุมพลังงานสามารถควบคุมการจ่ายพลังงานและรักษาเสถียรภาพของแรงดันไฟฟ้าได้ในระดับสูง โดยรองรับการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าหลายชนิดพร้อมกันได้อย่างเหมาะสม ช่วยลดปัญหาแรงดันไฟฟ้าตกและเพิ่มความมั่นคงของระบบไฟฟ้าภายในรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้า นอกจากนี้ ระบบสามารถจัดลำดับความสำคัญของโหลดไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อกำลังไฟรวมเพิ่มสูงขึ้น ทำให้แรงดันไฟฟ้ายังคงอยู่ในช่วงที่ปลอดภัย อย่างไรก็ตาม การทดสอบยังจำกัดในสภาวะคงที่ จึงควรมีการทดสอบเพิ่มเติมในสภาวะการใช้งานจริงที่หลากหลายเพื่อยืนยันประสิทธิภาพในระยะยาว

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องระบบควบคุมพลังงานสำหรับโหลดไฟฟ้าบนรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้า พบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสามารถควบคุมการจ่ายพลังงาน รักษาเสถียรภาพของแรงดันไฟฟ้า และจัดลำดับความสำคัญของโหลดไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสม ส่งผลให้ระบบไฟฟ้าภายในรถมีความมั่นคง ลดปัญหาแรงดันไฟฟ้าตก และรองรับการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าหลายชนิดพร้อมกันได้อย่างปลอดภัย แสดงให้เห็นว่าระบบควบคุมพลังงานดังกล่าวมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานจริงกับรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้าสำหรับร้านกาแฟ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยความเรียบร้อยสมบูรณ์ทางผู้วิจัยขอขอบพระคุณห้างหุ้นส่วนจำกัด ลิ่มเชียงเส็ง ,ห้างหุ้นส่วนจำกัด เอสซีบี รุ่งเรือง คณาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และวิทยาลัยเทคนิคนครสวรรค์ ที่สนับสนุนงบประมาณ วัสดุอุปกรณ์ และเครื่องมือในการทำงานวิจัยให้เสร็จลุล่วง

เอกสารอ้างอิง

แหล่งข้อมูล: [1] กรมพัฒนาธุรกิจการค้า, *รายงานแนวโน้มธุรกิจฟู้ดทรัคในประเทศไทย*, กระทรวงพาณิชย์, กรุงเทพฯ, 2563. https://www.dbd.go.th/ค้นวันที่ 24/07/2568

แหล่งข้อมูล: [2] ศิริชัย แสงทอง และคณะ, “การวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ร้านกาแฟ,” วารสารวิศวกรรมไฟฟ้า, ปีที่ 22 ฉบับที่ 3, หน้า 45–52, 2562. https://www.egat.co.th/ค้นวันที่ 24/07/2568

แหล่งข้อมูล: [3] สมชาย บุญมี, *ระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าด้วยแบตเตอรี่*, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 2561. https://www.mea.or.th/ค้นวันที่ 27/07/2568

แหล่งข้อมูล: [4] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, *การประยุกต์ใช้ยานยนต์ไฟฟ้าในระดับชุมชน*, กระทรวงพลังงาน, กรุงเทพฯ, 2564. https://www.dede.go.th/ค้นวันที่ 30/07/2568

แหล่งข้อมูล: [5] อนันต์ พรหมรักษา, “ระบบควบคุมพลังงานสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า,” วารสารพลังงานและสิ่งแวดล้อม, ปีที่ 14 ฉบับที่ 1, หน้า 1–9, 2563. https://www.eppo.go.th/ค้นวันที่ 02/08/2568

แหล่งข้อมูล: [6] ประสิทธิ์ วงศ์สกุล, *การจัดการพลังงานไฟฟ้าและระบบไมโครกริด*, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ, 2562. https://www.entec.or.th/ค้นวันที่ 02/08/2568

แหล่งข้อมูล: [7] ธนากร จันทร์ศรี, “ผลของการจัดการพลังงานต่ออายุการใช้งานแบตเตอรี่ในระบบไฟฟ้าเคลื่อนที่,” วารสารวิศวกรรมพลังงาน, ปีที่ 18 ฉบับที่ 2, หน้า 33–40, 2564. https://www.energy.go.th/ค้นวันที่ 04/08/2568

แหล่งข้อมูล: [8] วิทยา นาคสุข และคณะ, “การพัฒนาระบบควบคุมโหลดไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าขนาดเล็ก,” วารสารวิจัยทางวิศวกรรม, ปีที่ 20 ฉบับที่ 1, หน้า 55–63, 2565. https://www.nstda.or.th/ค้นวันที่ 06/08/2568

ระบบควบคุมการประจุ แบตเตอรี่ผ่านแอพพลิเคชันบน อุปกรณ์เคลื่อนที่ รถอีแต๋นฟู้ดทรัค

A Mobile Application–Based Battery Charging Control System for an Electric E-Taen Food Truck

นพณัฐ วิไลศิริ[1*] , ขรรค์ชัย ตุลละสกุล[2]

Nobphanat Wilaisiri[1*] , Khanchai Tunlasakun[2]

[1]มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 126 ถ.ประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140

[1] King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT), 126 Pracha Uthit Rd., Bang Mod, Thung Khru, Bangkok 10140, Thailand

*Corresponding author E-mail: Nobphanat.wila@kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ระบบควบคุมการประจุ แบตเตอรี่ผ่านแอพพลิเคชันบน อุปกรณ์เคลื่อนที่รถอีแต๋นฟู้ดทรัค เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมการประจุแบตเตอรี่ผ่านแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ภายใต้แนวคิดอินเทอร์เน็ตสำหรับทุกสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) สำหรับใช้งานในรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้าแบบปลั๊กอินไฮบริด (PHEV) ซึ่งพัฒนาให้เหมาะสมกับการใช้งานของผู้ประกอบการในพื้นที่ต่างจังหวัดที่ขาดแคลนสถานีชาร์จไฟฟ้า ระบบดังกล่าวใช้ Battery Management System (BMS) แบบไร้สายร่วมกับเซ็นเซอร์วัดแรงดัน กระแส อุณหภูมิ และระบบประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) เพื่อติดตามสถานะการประจุแบตเตอรี่แบบเรียลไทม์ พร้อมเลือกแหล่งพลังงานที่เหมาะสมระหว่างไฟบ้าน โซลาร์เซลล์ หรือเครื่องยนต์ขนาดเล็กโดยอัตโนมัติ รถอีแต๋นฟู้ดทรัคได้ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์แบบกาง–พับได้บนหลังคา และใช้แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน $LiFePO_4$ เป็นแหล่งพลังงานหลักทั้งสำหรับระบบขับเคลื่อนและระบบไฟฟ้าประกอบอาชีพ เช่น เครื่องชงกาแฟและอุปกรณ์ต่าง ๆ การทดสอบต้นแบบจะประเมินความแม่นยำและเสถียรของการตรวจวัด ความประหยัดพลังงาน การยืดอายุแบตเตอรี่ รวมถึงความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ผลที่คาดว่าจะได้รับคือ การลดการพึ่งพาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล ลดต้นทุนการดำเนินงาน เพิ่มความสะดวกในการควบคุมและตรวจสอบระบบไฟฟ้า และสนับสนุนการใช้พลังงานสะอาดในยานพาหนะเชิงพาณิชย์ขนาดเล็ก

คำสำคัญ : การควบคุมการประจุแบตเตอรี่, ฟู้ดทรัคไฟฟ้า , อินเทอร์เน็ตสำหรับทุกสรรพสิ่ง

Abstract

This research aims to develop a battery charging control system via a mobile application under the concept of the Internet of Things (IoT) for use in an electric E-Taen food truck with a plug-in hybrid electric vehicle (PHEV) configuration. The system is designed and developed to suit the operational needs of entrepreneurs in rural areas where access to electric charging stations is limited. The proposed system employs a wireless Battery Management System (BMS) integrated with sensors for measuring voltage, current, and temperature, along with a microcontroller unit (MCU) for real-time monitoring of the battery charging status. It is capable of automatically selecting the most appropriate energy source among grid electricity, solar energy, or a small internal combustion engine. The E-Taen food truck is equipped with foldable solar panels installed on the roof, and utilizes lithium-ion $LiFePO_4$ batteries as the primary energy source for both the vehicle's propulsion system and onboard electrical equipment used for commercial operations, such as coffee machines and other appliances. Prototype testing will evaluate measurement accuracy and system stability, energy efficiency, battery life extension, and user satisfaction. The expected outcomes include reduced reliance on diesel generators, lower operating costs, enhanced convenience in controlling and monitoring the electrical system, and support for the adoption of clean energy in small commercial vehicles.

Keywords : Battery Charging Control , Electric Food Truck , Internet of Things (IoT)

บทนำ

ในปัจจุบันธุรกิจฟู้ดทรัคมีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง แต่รถฟู้ดทรัคส่วนใหญ่มักใช้งานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลเป็นแหล่งจ่ายพลังงานหลัก ซึ่งก่อให้เกิดเสียงดัง มลพิษ ค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงสูง และมีข้อจำกัดด้านความยั่งยืน ทำให้เกิดความต้องการระบบพลังงานที่เงียบ สะอาด และมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยเฉพาะในพื้นที่ต่างจังหวัดซึ่งยังไม่มีสถานีชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าแพร่หลาย การนำเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าแบบปลั๊กอินไฮบริด (PHEV) มาประยุกต์ใช้กับรถอีแต๋นฟู้ดทรัคจึงเป็นแนวทางสำคัญที่ช่วยแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมและลดต้นทุนด้านพลังงาน

เทคโนโลยี Battery Management System (BMS) แบบไร้สายร่วมกับแนวคิด Internet of Things (IoT) มีบทบาทสำคัญในการเพิ่มความปลอดภัยของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน เช่น $LiFePO_4$ ผ่านความสามารถในการตรวจวัดแรงดัน กระแส อุณหภูมิ และสถานะประจุ (SOC) แบบเรียลไทม์ ทำให้การควบคุมการชาร์จมีความแม่นยำและช่วยยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องยังแสดงให้เห็นว่าระบบ IoT-based BMS ช่วยลดความเสี่ยงจากการชาร์จเกินและการระบายประจุมากเกินไป รวมถึงเพิ่มความสะดวกในการตรวจสอบผ่านอุปกรณ์เคลื่อนที่ โครงการนี้มุ่งเน้นการพัฒนาระบบควบคุมการประจุแบตเตอรี่ที่สามารถเลือกแหล่งพลังงานระหว่างไฟบ้าน แผงโซลาร์เซลล์ หรือเครื่องยนต์ขนาดเล็กได้โดยอัตโนมัติ ผ่านการประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อให้เหมาะสมกับรูปแบบการใช้งานจริงของผู้ประกอบการรถอีแต๋นฟู้ดทรัค ซึ่งต้องการความคล่องตัว ความประหยัดพลังงาน และความน่าเชื่อถือในการจ่ายไฟให้ทั้งระบบขับเคลื่อนและอุปกรณ์ประกอบอาชีพที่ต้องใช้งานเป็นประจำ

การพัฒนาระบบดังกล่าวไม่เพียงช่วยลดการใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล แต่ยังช่วยสนับสนุนการใช้พลังงานสะอาด สร้างภาพลักษณ์ธุรกิจที่ทันสมัย และเพิ่มคุณค่าทางเศรษฐกิจให้กับผู้ประกอบการฟู้ดทรัคในประเทศไทย

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การออกแบบระบบ

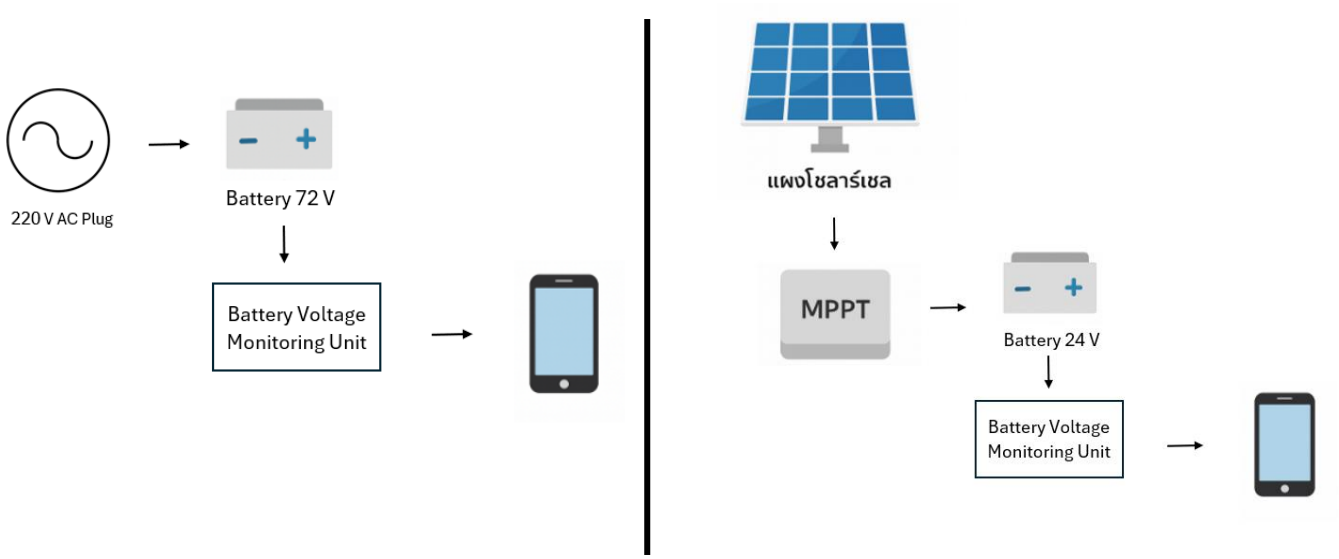
ออกแบบระบบควบคุมการประจุแบตเตอรี่ โดยใช้

1.1 MCU (เช่น ESP8266) สำหรับอ่านค่าจากเซนเซอร์แรงดัน/กระแส/อุณหภูมิ

1.2 โมดูลสื่อสาร IoT (Wi-Fi/MQTT)

1.3 แอพพลิเคชันบนมือถือสำหรับสั่งงานและมอนิเตอร์สถานะ เช่น Line , Blynk

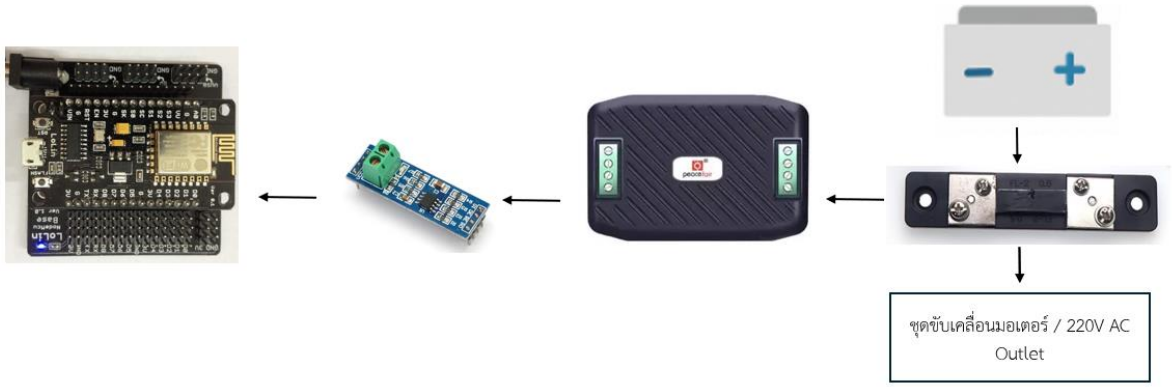
<u>แบบร่างการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ทั้งหมด</u>



รูปที่ 1 Block diagram ระบบโซลาร์เซลล์และระบบประจุแบตเตอรี่รวมถึงติดตามและแจ้งเตือนสถานะการประจุแบตเตอรี่ได้เรียลไทม์

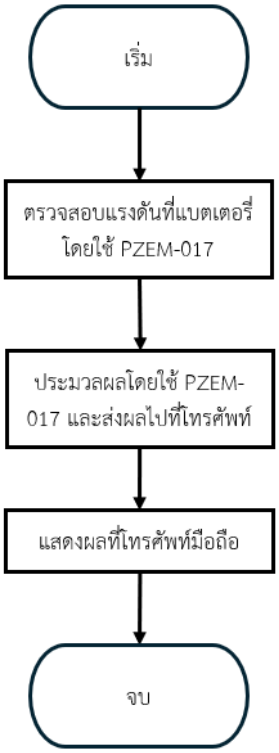
2. การพัฒนาฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์

2.1 ประกอบวงจรควบคุมการตรวจสอบ SOC, Voltage, Current



รูปที่ 2 วงจรภายในของ Battery Voltage Monitoring Unit

2.2 พัฒนาแอพมือถือเพื่อแสดงผล SOC, Voltage, Current



รูปที่ 3 เขียนสเก็ตช์(Sketch) หรือ การเขียนโปรแกรม Arduino

3. การทดสอบระบบ

การทดสอบระบบถูกดำเนินการกับรถอีแต๋นฟู้ดทรัคต้นแบบ โดยทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่โดยตรง และเปรียบเทียบกับค่าที่แสดงผลบนแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบควบคุมและตรวจสอบการประจุแบตเตอรี่ ตัวชี้วัดที่ใช้ในการประเมินประกอบด้วย ความแม่นยำของข้อมูล เช่น ค่า State of Charge (SOC) ค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ส่งผ่านระบบ IoT ความสามารถในการควบคุมผ่านแอปพลิเคชันในด้านความเร็วในการตอบสนองและความเสถียรของการสั่งงาน รวมถึงระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบ





รูปที่ 4 ทดสอบและทำแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน
ผู้ใช้งาน : คุณครูและนักเรียนจากโรงเรียนเขาทองพิทยาคม

ผลการวิจัย

ตารางที่ 3.1 แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

รายการ	$\bar{X}$	S.D	ผลการประเมิน
ความง่ายในการใช้งานแอพพลิเคชัน	4.45	0.52	ดี
ความชัดเจนและความถูกต้องของข้อมูลแรงดันแบตเตอรี่ที่แสดงผล	4.62	0.48	ดีมาก
ความรวดเร็วในการอัปเดตข้อมูลจากระบบ IoT สู่โทรศัพท์มือถือ	4.57	0.50	ดีมาก
ความเสถียรของการเชื่อมต่อระหว่างแอพพลิเคชันกับอุปกรณ์ในรถฟู้ดทรัค	4.38	0.55	ดี
ความพึงพอใจโดยรวมต่อการใช้งานระบบควบคุมการประจุแบตเตอรี่	4.60	0.46	ดีมาก

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลการประเมินพบว่า ระบบควบคุมและตรวจสอบการประจุแบตเตอรี่ผ่านแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับ ดีถึงดีมาก โดยเฉพาะด้านความถูกต้องของข้อมูลแรงดัน กระแส และค่า SOC รวมถึงความรวดเร็วในการอัปเดตข้อมูลผ่านระบบ IoT ซึ่งสะท้อนถึงความแม่นยำและความเหมาะสมของการออกแบบระบบตรวจวัดและการสื่อสารข้อมูลแบบเรียลไทม์

อย่างไรก็ตาม ด้านความง่ายในการใช้งานและความเสถียรของการเชื่อมต่ออยู่ในระดับดี ซึ่งอาจได้รับผลกระทบจากประสบการณ์ของผู้ใช้งานและสภาพแวดล้อมด้านสัญญาณเครือข่ายในพื้นที่ทดสอบ โดยรวมผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อระบบในระดับสูง แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานจริงกับรถอีแต๋นฟู้ดทรัคได้อย่างเหมาะสม และมีศักยภาพในการพัฒนาต่อยอดในอนาคต

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาระบบควบคุมและตรวจสอบการประจุแบตเตอรี่ผ่านแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่สำหรับรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้า สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด ระบบสามารถวัดและแสดงผลค่าแรงดัน กระแส และสถานะการประจุแบตเตอรี่ (SOC) ได้อย่างถูกต้องและใกล้เคียงกับค่าที่วัดจากแบตเตอรี่โดยตรง พร้อมส่งข้อมูลผ่านระบบ IoT ไปยังโทรศัพท์มือถือแบบเรียลไทม์

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ซึ่งประกอบด้วยคุณครูและนักเรียนจากโรงเรียนเขาทองพิทยาคม พบว่าภาพรวมอยู่ในระดับ ดีถึงดีมาก โดยเฉพาะด้านความชัดเจนของข้อมูล ความรวดเร็วในการอัปเดตข้อมูล และความพึงพอใจโดยรวมต่อระบบ แสดงให้เห็นว่าระบบมีความเหมาะสมต่อการใช้งานจริง ช่วยเพิ่มความสะดวกในการควบคุมและตรวจสอบการประจุแบตเตอรี่ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับรถฟู้ดทรัคไฟฟ้าหรือยานพาหนะไฟฟ้าขนาดเล็กอื่น ๆ ได้ในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยความเรียบร้อยสมบูรณ์ทางผู้วิจัยขอขอบพระคุณห้างหุ้นส่วนจำกัด ลิ่มเชียงเส็ง ,ห้างหุ้นส่วนจำกัด เอสซีบี รุ่งเรือง คณาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และวิทยาลัยเทคนิคนครสวรรค์ ที่สนับสนุนงบประมาณ วัสดุอุปกรณ์ และเครื่องมือในการทำงานวิจัยให้เสร็จลุล่วง

เอกสารอ้างอิง

1.**Electric Vehicle Battery Charger with IoT System** — นำเสนอระบบชาร์จแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าที่รองรับ IoT สำหรับการควบคุมและตรวจสอบผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ โดยอธิบายถึงการออกแบบระบบและประโยชน์ของการใช้ IoT ในการจัดการพลังงานและสถานะการชาร์จไฟ. ijarsct.co.in/Paper19360.pdf?utm_source=chatgpt.com ค้นวันที่ 5/12/2568

2.**IoT-Based Real-Time Analysis of Battery Management System** — งานวิจัยนี้ทำการติดตั้งระบบ IoT กับระบบจัดการแบตเตอรี่ (BMS) เพื่อเก็บข้อมูลแรงดัน กระแส และสถานะของแบตเตอรี่แบบเรียลไทม์ ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการศึกษาระบบของคุณได้. www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590123024010259?utm_source=chatgpt.com ค้นวันที่ 7/12/2568

3.**IoT Based Battery Management System for Electric Vehicles** — ให้ภาพรวมของระบบจัดการแบตเตอรี่ที่ใช้ IoT ในยานยนต์ไฟฟ้า รวมถึงการตรวจสอบสถานะแบตเตอรี่, การแจ้งเตือน และการลดปัญหาการใช้งานแบตเตอรี่ที่ไม่เหมาะสม. www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590123024010259?utm_source=chatgpt.com ค้นวันที่ 15/11/2568

4.**IoT-Based Wireless EV Charging System using Solar Energy** — แม้หัวข้อจะเป็นระบบชาร์จแบบไร้สาย แต่ตัวงานนี้มีเนื้อหาเกี่ยวกับการใช้ ESP8266 และ Blynk ในการส่งข้อมูลสถานะแบตเตอรี่ผ่าน IoT เหมือนกับระบบที่คุณพัฒนา. www.researchgate.net/publication/376688144_IoT_Based_Battery_Management_System_for_Electric_Vehicles ค้นวันที่ 5/11/2568

5.**Charging Station of Electric Vehicle Based on IoT: A Review** — งานวิจัยเชิงทบทวนที่พูดถึงสถานีชาร์จ EV และการใช้ IoT ในการทำงานร่วมกับ BMS, SOC และระบบตรวจสอบสถานะแบตเตอรี่. www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=117648&utm_source=chatgpt.com ค้นวันที่ 29/10/2568

ระบบความปลอดภัยรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้าผ่านแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่

A Mobile Application–Based Safety System for an Electric E-Taen Food Truck

วุฒิศักดิ์ นาสมยนต์[1*] ,ขรรค์ชัย ตุลละสกุล[2]

Wuttisak Nasomyon[1*] , Khanchai Tunlasakun[2]

[1]มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 126 ถ.ประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140

[1] King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT), 126 Pracha Uthit Rd.,

Bang Mod, Thung Khru, Bangkok 10140, Thailand

***Corresponding author E-mail: wuttisak.naso@kmutt.ac.th**

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและพัฒนาระบบความปลอดภัยด้วยเทคโนโลยีไร้สายผ่านแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ ภายใต้แนวคิดอินเทอร์เน็ตสำหรับทุกสรรพสิ่ง (IoT) สำหรับรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้า โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการใช้งานยานพาหนะ และลดความเสี่ยงจากอุบัติเหตุหรือเหตุฉุกเฉินที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการใช้งาน ระบบที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 เป็นหน่วยควบคุมหลัก ทำงานร่วมกับเซนเซอร์อัลตราโซนิกสำหรับตรวจจับสิ่งกีดขวาง เซนเซอร์ไจโรสโคปสำหรับตรวจสอบการเอียงของรถ โมดูล GPS สำหรับระบุตำแหน่ง และปุ่มขอความช่วยเหลือฉุกเฉิน (SOS) ข้อมูลจากเซนเซอร์จะถูกประมวลผลและส่งผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไปยังแอปพลิเคชัน Telegram เพื่อแจ้งเตือนผู้ใช้งานแบบเวลาจริง ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบพบว่า ระบบตรวจจับสิ่งกีดขวางมีค่าความโดยมีค่าเฉลี่ยร้อยละของความคลาดเคลื่อนรวมประมาณ 1.40% ระบบตรวจจับการเอียงสามารถแจ้งเตือนเมื่อมุมเอียงเกินค่าที่กำหนดค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนรวมประมาณ 4.64% ระบบ GPS สามารถระบุตำแหน่งได้สอดคล้องกับตำแหน่งจริง และระบบแจ้งเตือนผ่าน Telegram รวมถึงปุ่ม SOS สามารถส่งสัญญาณแจ้งเหตุได้สำเร็จทุกครั้งภายใต้สภาพเครือข่ายปกติ

คำสำคัญ : รถฟู้ดทรัคไฟฟ้า, ระบบแจ้งเตือนรอบทิศทาง, ระบบ SOS, ความปลอดภัย, อุปกรณ์เคลื่อนที่

Abstract

This research focuses on the design and development of a wireless safety system integrated with a mobile application under the concept of the Internet of Things (IoT) for an electric E-Taen food truck vehicle. The objective is to enhance operational safety and reduce risks associated with accidents or emergency situations that may occur during vehicle usage. The developed system consists of an ESP32 microcontroller serving as the main control unit. It

operates in conjunction with an ultrasonic sensor for obstacle detection, a gyroscope sensor for monitoring vehicle tilt, a GPS module for location tracking, and an emergency assistance button (SOS). Sensor data are processed and transmitted via the Internet network to a Telegram application, enabling real-time notifications to users. Performance testing results indicate that the obstacle detection system achieved an average total error rate of approximately 1.40%. The tilt detection system was able to issue alerts when the tilt angle exceeded the predefined threshold, with an average total error rate of approximately 4.64%. The GPS module accurately identified locations consistent with actual positions. Additionally, the Telegram notification system, including the SOS function, successfully transmitted emergency alerts in all test cases under normal network conditions.

Keywords : Electric Food Truck, Omnidirectional Alert System, SOS Emergency System, Vehicle Safety, Mobile Device

บทนำ

ปัจจุบันธุรกิจฟู้ดทรัคได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถเคลื่อนที่ได้สะดวกและปรับใช้งานในพื้นที่ต่าง ๆ ได้อย่างยืดหยุ่น อย่างไรก็ตาม ยานพาหนะที่นำมาดัดแปลงมาใช้งานดังกล่าวมักมีต้นทุนพลังงานสูง และขาดระบบความปลอดภัยที่เหมาะสมกับสภาพการใช้งานจริง ซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อผู้ขับขี่และผู้ใช้งานโดยรอบ (กิตติพงษ์ ศรีสุข และสมชาย วัฒนกุล, 2562) ในขณะเดียวกัน รถอีแต๋นเป็นยานพาหนะที่พบได้ทั่วไปในพื้นที่ชนบทของประเทศไทย มีโครงสร้าง เรียบง่าย ราคาต่ำ และสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายรูปแบบ อย่างไรก็ตาม รถอีแต๋นดั้งเดิมยังขาดระบบขับเคลื่อนที่ประหยัดพลังงาน และไม่มีมาตรการด้านความปลอดภัยที่ทันสมัย เช่น ระบบตรวจจับอุบัติเหตุหรือระบบแจ้งเตือนฉุกเฉิน (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2565) จากปัญหาดังกล่าว จึงเกิดแนวคิดในการพัฒนาอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้าโดยติดตั้งระบบขับเคลื่อนไฟฟ้าเพื่อช่วยลดต้นทุนด้านพลังงานและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งสอดคล้องกับแนวโน้มการพัฒนายานยนต์ไฟฟ้า ในปัจจุบัน (Rajamani, 2012) พร้อมทั้งออกแบบระบบเตือนกันชนรอบทิศทางครอบคลุมด้านหน้า ด้านหลัง และด้านข้างรถ เพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการขับขี่และ การใช้งาน โดยอาศัยการทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับระยะใกล้ เช่น เซนเซอร์อัลตราโซนิก ซึ่งมีประสิทธิภาพในการตรวจจับสิ่งกีดขวางรอบยานพาหนะ (จิรายุ ธรรมรักษ์, 2563; Bishop, 2005) นอกจากนี้ ยังได้ติดตั้งระบบแจ้งเตือนฉุกเฉิน (SOS) สำหรับกรณีที่รถประสบอุบัติเหตุพลิกคว่ำหรือถูกโจรกรรม โดยใช้การระบุตำแหน่งด้วยระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (GPS) และการสื่อสารผ่านเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ เพื่อให้สามารถแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลหรือบุคคลที่เกี่ยวข้องได้อย่างทันท่วงที ซึ่งงานวิจัยก่อนหน้าพบว่าการผสานระบบ SOS เข้ากับเทคโนโลยี GPS และแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่สามารถช่วยลดเวลาในการตอบสนองต่อเหตุฉุกเฉินได้อย่างมีนัยสำคัญ (ธนวัฒน์ อินทร์คำ

และอรรถพล แสงทอง, 2564; Chen et al., 2020) ดังนั้น การพัฒนาระบบดังกล่าวจึงมีเป้าหมายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ความปลอดภัย และความคุ้มค่า ในการใช้งานรถอีแต๋นดัดแปลงสำหรับประกอบอาชีพฟู้ดทรัค ซึ่งคาดว่าจะช่วยยกระดับมาตรฐานของยานพาหนะดัดแปลง และส่งเสริมการประกอบอาชีพในชุมชนให้เกิดความยั่งยืนทั้งในด้านเศรษฐกิจ พลังงาน และความปลอดภัย (Lee & Lee, 2015)

วิธีการดำเนินการวิจัย

1.ศึกษาทฤษฎีการพัฒนาและการวิจัย

1.1 ระบบความปลอดภัยยานพาหนะหมายถึงชุดเทคโนโลยีและอุปกรณ์ที่ออกแบบมาเพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุและลดความรุนแรงของเหตุไม่พึงประสงค์ในยานพาหนะ งานวิจัยด้านยานยนต์ไฟฟ้าเน้นการนำระบบเซนเซอร์ต่าง ๆ เช่น Gyroscope, และ Ultrasonic Sensor มาใช้ตรวจจับสภาพแวดล้อมรอบตัวรถ รวมถึงระบบเตือนภัย ซึ่งระบบเหล่านี้ช่วยเพิ่มความปลอดภัยให้ผู้ใช้งานได้อย่างมีนัยสำคัญข

1.2 ระบบแจ้งเตือนรอบทิศทาง (Omnidirectional Alert System) เป็นเทคโนโลยีที่ใช้เซนเซอร์ตรวจจับอุปสรรค หรือการเคลื่อนไหวรอบคันรถ เพื่อเตือนผู้ขับขี่ถึงอันตรายที่อาจเกิดขึ้นในทุกทิศทาง ระบบนี้รวมถึงการทำงานร่วมกันของเซนเซอร์หลายประเภท เช่น เซนเซอร์อัลตราโซนิกสำหรับการตรวจจับระยะใกล้

1.3 ระบบ SOS เป็นระบบแจ้งเตือนฉุกเฉินที่สามารถส่งตำแหน่งและข้อมูลสถานะของยานพาหนะไปยังผู้ดูแลหรือบริการฉุกเฉินได้ทันที โดยอาศัยการระบุตำแหน่งจากระบบ GPS (Global Positioning System) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องชี้ให้เห็นว่าการผสานระบบ SOS กับ GPS มีประโยชน์อย่างมากในการลดเวลาในการตอบสนองต่ออุบัติเหตุหรือเหตุฉุกเฉิน นอกจากนี้ยังสามารถบันทึกตำแหน่งย้อนหลังเพื่อใช้เป็นข้อมูลสถิติการเกิดเหตุหรือวิเคราะห์เส้นทางที่เสี่ยงต่อความปลอดภัย

1.4 แอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่เป็นเครื่องมือสำคัญในการสื่อสารระหว่างผู้ใช้กับระบบควบคุมของยานพาหนะ โดยช่วยให้ผู้ใช้สามารถรับข้อมูลแบบเรียลไทม์ สามารถตั้งค่าระบบเตือน และตอบสนองต่อเหตุการณ์ต่าง ๆ ได้ทันที งานวิจัยหลายฉบับระบุว่าแอปพลิเคชันที่ออกแบบอย่างเหมาะสมสามารถเพิ่มความสะดวกและความปลอดภัยให้ผู้ใช้ยานพาหนะไฟฟ้า โดยเฉพาะเมื่อผสานกับเทคโนโลยี IoT รายงานข้อมูล

2.ออกแบบชิ้นงาน

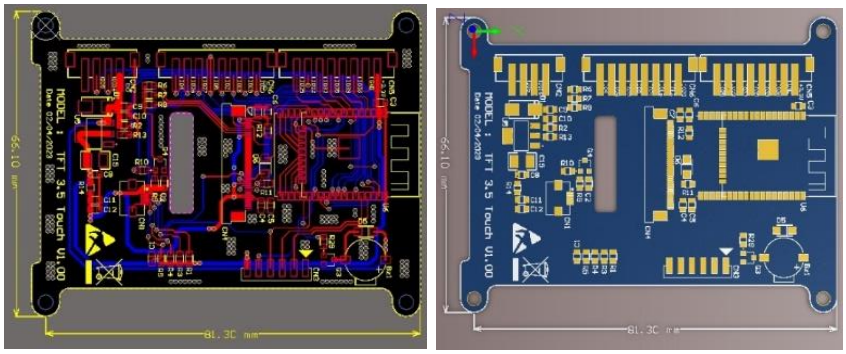
อีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้าที่ออกแบบ มีระบบเตือนกันชนรอบทิศทาง (ด้านหน้ารถ ด้านหลังรถ และบริเวณด้านข้างรถ) และมีระบบแจ้งเตือน SOS เมื่อรถประสบอุบัติเหตุพลิกคว่ำและสามารถร้องขอความช่วยเหลือฉุกเฉินไปที่หน่วยงานรัฐ หรือเบอร์โทรที่ได้บันทึกไว้ ผ่านการสื่อสารโดยการใช้เครือข่ายโทรศัพท์มือถือ ข้อมูลที่ทำการส่งกลับจะมีความเกี่ยวข้องกับความปลอดภัยของผู้ขับขี่และผู้โดยสาร ประกอบไปด้วย สถานะการทำงานของบอร์ดควบคุมภายในรถ, ตำแหน่งของรถที่ตรวจจับได้จากการใช้ระบบ GPS, ความเอียงของตัวรถจากการใช้ gyroscope ที่สามารถตรวจจับการพลิกคว่ำได้, ระบบเตือนกันชนรอบทิศทางและระบบ SOS โดยการกดปุ่มการเข้าถึงข้อมูลที่ส่งออกมาจากตัวรถ สามารถเข้าไปดูสถานะต่าง ๆ ตามที่กล่าวมาข้างต้นได้ที่เซิร์ฟเวอร์ และถ้าหาก

ตัวรถประสบอุบัติเหตุ ไม่ว่าจะเป็นการชนหรือการพลิกคว่ำ หรือร้องขอความช่วยเหลือฉุกเฉิน ระบบจะการโทรหาหมายเลขฉุกเฉินที่ตั้งค่าเอาไว้ล่วงหน้าได้เช่นเดียวกัน

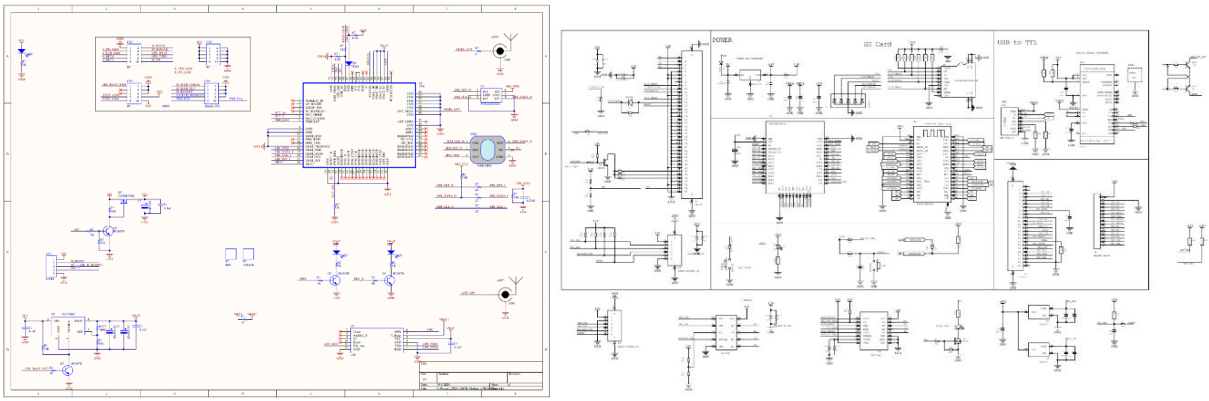


ภาพที่ 1 แบบอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้าที่ติดระบบเตือนกันชนรอบทิศทาง

3.พัฒนาชิ้นงาน: ออกแบบและสร้าง PCB วงจรระบบแจ้งเตือนต่าง ๆ



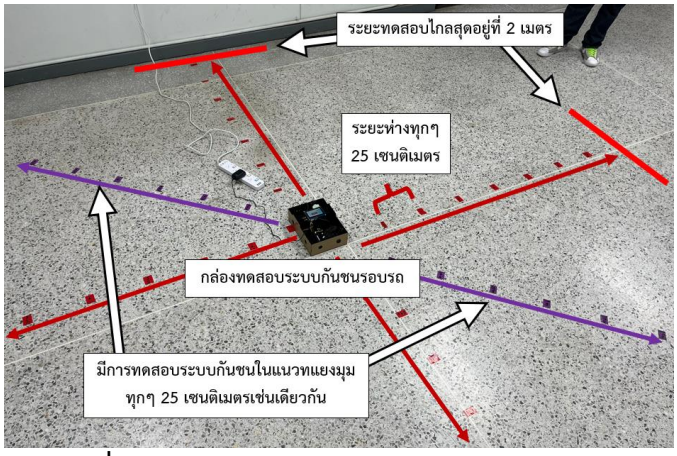
ภาพที่ 2 PCB วงจรระบบแจ้งเตือนต่าง ๆ



ภาพที่ 3 วงจรระบบแจ้งเตือนต่าง ๆ

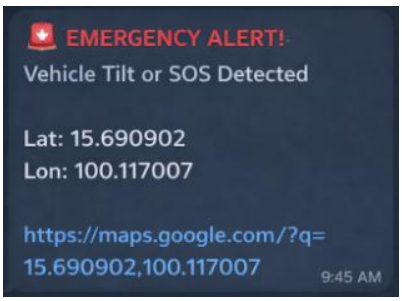
4.ทดสอบและประเมินผล

การทดสอบระบบกันชนรอบทิศทางจะทำการจัดสร้างกล่องที่บรรจุบอร์ดวงจรลงไป และมีการติดตั้งเซนเซอร์อัลตร้าโซนิกทั้ง 4 ด้าน เปรียบเสมือนกับเป็นอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้าของโครงการนี้ จากนั้นนำกล่องทดสอบดังกล่าวไปวางลงบนพื้นที่โล่งแล้วทำการตี grid ที่ระยะห่างทุก ๆ 25 เซนติเมตร ที่ระยะห่างสูงสุด 2 เมตร โดยนอกจากจะทำการวัดระยะห่างจากกล่องทั้ง 4 ด้านแล้ว ได้มีการวัดระยะห่างในแนวทแยงมุมทุก ๆ 25 เซนติเมตรอีกด้วย โดยภาพการจัดเตรียมการทดสอบสามารถแสดงได้ดังในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การจัดเตรียมการทดสอบระบบกันชนรอบรถ

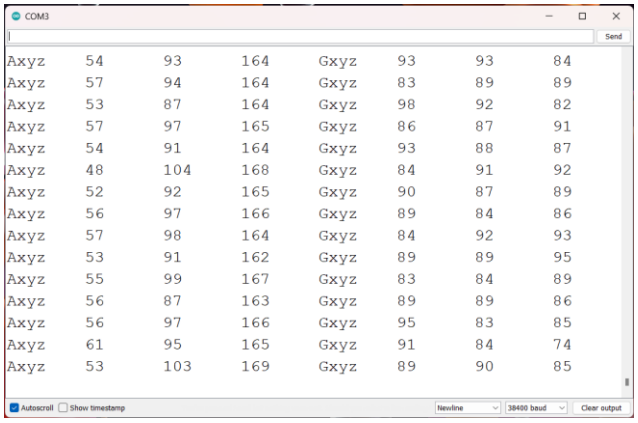
การทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของปุ่มขอความช่วยเหลือ (SOS) ในด้านความถูกต้อง ความรวดเร็วในการตอบสนอง และความเสถียรของการส่งสัญญาณแจ้งเตือนผ่านระบบเครือข่ายไปยังผู้รับปลายทาง อุปกรณ์รับคำสั่งปุ่มกด SOS แบบ Push Button ระบบแจ้งเตือนแอปพลิเคชันTelegram จำนวนครั้งในการทดสอบ 10 ครั้ง สภาพเครือข่าย WiFi ภายในอาคาร ข้อมูลที่ส่งข้อความฉุกเฉินและพิกัด GPS ดังในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 รูปแบบการแจ้งเตือนเมื่อกดปุ่มขอความช่วยเหลือ (SOS)

การทดสอบเพื่อประเมินความสามารถของเซนเซอร์ไจโรสโคปในการตรวจวัดมุมเอียงของรถ และความถูกต้องของระบบแจ้งเตือนเมื่อเกิดการเอียงเกินค่าที่กำหนด ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของระบบตรวจจับการพลิกคว่ำ มุมเอียงที่

ทดสอบ 0°, 10°, 20°, 30°, 45°, 60° เกณฑ์แจ้งเตือนอันตราย เอียงมากกว่า 45° จำนวนครั้งต่อมุม 5 ครั้ง สภาพแวดล้อม พื้นเรียบ พื้นเอียง ดังในภาพที่ 6



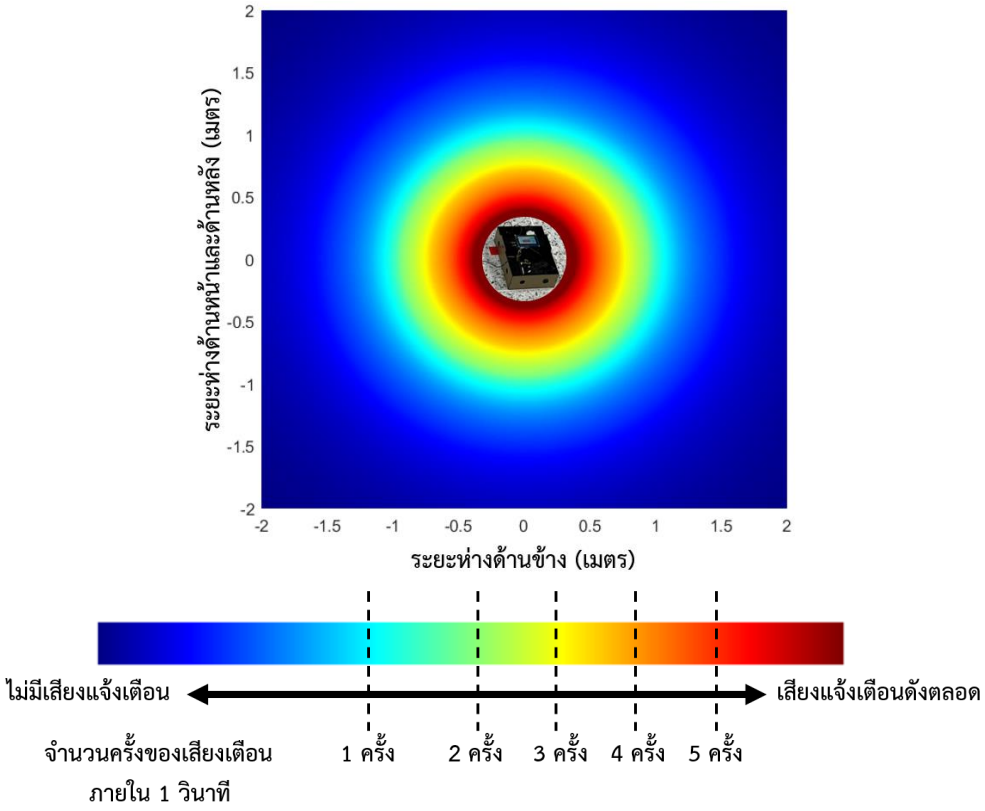
ภาพที่ 6 รูปแบบการตรวจสอบการเอียงของรถด้วย Gyroscope

ผลการวิจัย

ผลการทดสอบพบว่าเมื่อนำสิ่งกีดขวางเคลื่อนที่เข้าไปยังตำแหน่งต่าง ๆ โดยเริ่มจากระยะห่างที่ไกลที่สุดที่ 2 เมตร จนกระทั่งไปถึงตัวกล่องทดสอบ ระบบจะทำการส่งเสียงที่มีรูปแบบที่แตกต่างกัน โดยสามารถสรุปได้ในตารางที่ 1. และสามารถแสดงออกมาในรูปของแผนภาพพื้นผิวที่มีสีแตกต่างไปตามลักษณะของเสียงเตือนกันชนได้ดังภาพที่ 7

ตารางที่ 1. รูปแบบของเสียงเตือนจากระบบที่ระยะห่างตามแนวต่าง ๆ

รูปแบบของเสียงเตือน	**ระยะที่วัดได้จากด้านข้าง**	**ระยะที่วัดได้จากด้านหน้า-หลัง**	**ระยะที่วัดได้จากแนวทแยงมุม**
ไม่มีเสียงเตือน	2 เมตร	2 เมตร	2 เมตร
มีเสียงเตือน 1 ครั้งภายใน 1 วินาที	1.56 เมตร	1.56 เมตร	1.56 เมตร
มีเสียงเตือน 2 ครั้งภายใน 1 วินาที	1.15 เมตร	1.15 เมตร	1.15 เมตร
มีเสียงเตือน 3 ครั้งภายใน 1 วินาที	0.95 เมตร	0.95 เมตร	0.95 เมตร
มีเสียงเตือน 4 ครั้งภายใน 1 วินาที	0.73 เมตร	0.73 เมตร	0.73 เมตร
มีเสียงเตือน 5 ครั้งภายใน 1 วินาที	0.52 เมตร	0.52 เมตร	0.52 เมตร
เสียงเตือนดังตลอดเวลา	0.39 เมตร	0.39 เมตร	0.39 เมตร



ภาพที่ 7 แผนภาพสีแสดงถึงรูปแบบของเสียงเตือนที่ระยะห่างต่าง ๆ โดยที่สีฟ้าจะเป็นเสียงเตือนที่ห่างครั้งละประมาณ 1 วินาที และจะถี่ขึ้นจนถึงพื้นที่สีแดงเข้มที่จะมีเสียงเตือนดังอยู่ตลอดเวลา

ทดสอบระบบพบว่า ปุ่มขอความช่วยเหลือฉุกเฉิน (SOS) สามารถทำงานได้ถูกต้องทุกครั้ง คิดเป็นร้อยละ 100 ระบบสามารถส่งข้อความแจ้งเตือนพร้อมพิกัดตำแหน่งได้ครบถ้วนในทุกกรณี โดยมีเวลาตอบสนองเฉลี่ยเท่ากับ 1.95 วินาที ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่รวดเร็วและเหมาะสมสำหรับระบบแจ้งเหตุฉุกเฉิน ทั้งนี้ ไม่พบความล่าช้าผิดปกติหรือการส่งข้อมูลล้มเหลวในระหว่างการทดสอบระบบ สรุปได้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การทดสอบเพื่อประเมินประสิทธิภาพของปุ่มขอความช่วยเหลือ (SOS)

ครั้งที่	การกดปุ่มสำเร็จ	การส่งข้อมูลสำเร็จ	เวลาตอบสนอง (วินาที)	ผลการทำงาน
1	สำเร็จ	สำเร็จ	1.8	ถูกต้อง
2	สำเร็จ	สำเร็จ	2.0	ถูกต้อง
3	สำเร็จ	สำเร็จ	1.9	ถูกต้อง
4	สำเร็จ	สำเร็จ	2.1	ถูกต้อง
5	สำเร็จ	สำเร็จ	1.7	ถูกต้อง
6	สำเร็จ	สำเร็จ	2.2	ถูกต้อง
7	สำเร็จ	สำเร็จ	1.8	ถูกต้อง
8	สำเร็จ	สำเร็จ	2.0	ถูกต้อง

9	สำเร็จ	สำเร็จ	1.9	ถูกต้อง
10	สำเร็จ	สำเร็จ	2.1	ถูกต้อง

การทดสอบเพื่อประเมินความสามารถของเซนเซอร์ไจโรสโคปในการตรวจวัดมุมเอียงของรถ และความถูกต้องของระบบแจ้งเตือนเมื่อเกิดการเอียงเกินค่าที่กำหนด ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของระบบตรวจจับการพลิกคว่ำ มุมเอียงที่ทดสอบ 0°, 10°, 20°, 30°, 45°, 60° เกณฑ์แจ้งเตือนอันตราย เอียงมากกว่า 45° จำนวนครั้งต่อมุม 5 ครั้ง สภาพแวดล้อม พื้นเรียบ พื้นเอียง สรุปได้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ระบบตรวจจับการพลิกคว่ำ มุมเอียงที่ทดสอบ 0°, 10°, 20°, 30°, 45°, 60°

มุมเอียงจริง (°)	มุมที่วัดได้เฉลี่ย (°)	ค่าคลาดเคลื่อน (°)	ร้อยละความคลาดเคลื่อน (%)
0	0.5	0.5	0.83
10	10.8	0.8	8.00
20	21.1	1.1	5.50
30	31.5	1.5	5.00
45	46.8	1.8	4.00
60	62.7	2.7	4.50

ตารางที่ 4 ระบบตรวจจับการพลิกคว่ำ มุมเอียงแจ้งเตือนอันตราย

มุมเอียงจริง (°)	สถานะที่ควรเป็น	สถานะที่เกิดขึ้นจริง	ผลการทำงาน
0	ปกติ	ปกติ	ถูกต้อง
10	ปกติ	ปกติ	ถูกต้อง
20	ปกติ	ปกติ	ถูกต้อง
30	ปกติ	ปกติ	ถูกต้อง
45	เตือน	เตือน	ถูกต้อง
60	เตือน	เตือน	ถูกต้อง

การทดสอบพบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อมุมเอียงเพิ่มสูงขึ้น โดยมีค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนรวมประมาณ 4.64% ระบบสามารถแจ้งเตือนได้อย่างถูกต้องเมื่อมุมเอียงมากกว่า 45 องศา และไม่พบการแจ้งเตือนผิดพลาดระหว่างการทดสอบ

วิจารณ์ผล

ประสิทธิภาพของระบบเตือนกันชนรอบทิศทาง ผลการทดสอบระบบเตือนกันชนด้วยเซนเซอร์อัลตราโซนิกให้ข้อมูลระยะที่สอดคล้องกันทั้งสี่ทิศทาง และสามารถแจ้งเตือนด้วยความถี่เสียงที่สัมพันธ์กับระยะห่างได้อย่างแม่นยำ ซึ่งสะท้อนว่าการออกแบบและสอบเทียบเซนเซอร์มีความถูกต้องเพียงพอ (Susilo et al., 2021; Ma et al., 2023) อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดหนึ่งคือระยะตรวจจับสูงสุดเพียง 2 เมตร อาจไม่เพียงพอต่อสภาพแวดล้อมการใช้งานจริง เช่น บนถนนหรือในพื้นที่การจราจรหนาแน่น ซึ่งควรมีระยะตรวจจับที่มากกว่าเพื่อเพิ่มระยะเวลาในการตอบสนองของผู้ขับขี่ (Obuhuma et al., 2019)

ระบบแจ้งเตือนฉุกเฉิน SOS และเซนเซอร์การพลิกคว่ำ การใช้ Gyroscope ตรวจจับความเอียงและสภาวะใกล้เคียงการพลิกคว่ำสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบ เมื่อระบบตรวจพบมุมเอียงเกินเกณฑ์จะแจ้งเตือนและสั่งให้ระบบ SOS ทำงานทันที ซึ่งสอดคล้องกับหลักการทำงานของ MEMS Gyroscope ที่ใช้ตรวจจับการเคลื่อนที่เชิงมุมของวัตถุ (Analog Devices, 2013) อย่างไรก็ตาม การทำงานของระบบขึ้นอยู่กับสัญญาณเครือข่ายโทรศัพท์มือถือ ซึ่งเป็นข้อจำกัดสำคัญในพื้นที่ชนบทที่สัญญาณอาจไม่ครอบคลุม ส่งผลต่อความน่าเชื่อถือของการแจ้งเตือนในสถานการณ์ฉุกเฉิน (Hartenstein และ Laberteaux, 2010)

สรุปผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบความปลอดภัยสำหรับรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้า โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตสำหรับทุกสรรพสิ่ง (IoT) ร่วมกับแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ เพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการใช้งาน ลดความเสี่ยงจากอุบัติเหตุ และสนับสนุนการแจ้งเหตุฉุกเฉินได้อย่างทันท่วงที ซึ่งระบบที่พัฒนาประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 เซนเซอร์อัลตราโซนิก เซนเซอร์ไจโรสโคป โมดูล GPS และปุ่มขอความช่วยเหลือฉุกเฉิน (SOS) โดยเชื่อมต่อการสื่อสารผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไปยังแอปพลิเคชัน Telegram ผลการทดสอบระบบเตือนกันชนรอบทิศทางพบว่า เซนเซอร์อัลตราโซนิกสามารถตรวจจับสิ่งกีดขวางได้ทั้งด้านหน้า ด้านหลัง ด้านข้าง และแนวทแยงมุม โดยรูปแบบความถี่ของเสียงเตือนมีความสัมพันธ์กับระยะห่างจากวัตถุอย่างชัดเจน แสดงถึงความถูกต้องของการออกแบบและการสอบเทียบระบบ ทั้งนี้ ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของการวัดระยะอยู่ในระดับต่ำ (ประมาณ 1.40%) สะท้อนถึงประสิทธิภาพที่เหมาะสมต่อการใช้งานในระยะใกล้เพื่อป้องกันการชนในขณะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ ในส่วนของระบบตรวจจับการเอียงด้วยเซนเซอร์ไจโรสโคป พบว่าสามารถวัดมุมเอียงได้สอดคล้องกับค่าจริง โดยมีค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนรวมประมาณ 4.64 % และระบบสามารถแจ้งเตือนได้ถูกต้องเมื่อมุมเอียงมากกว่า 45 องศาตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยไม่พบการแจ้งเตือนผิดพลาดระหว่างการทดสอบ แสดงให้เห็นว่าระบบมีศักยภาพในการประยุกต์ใช้เป็นกลไกตรวจจับภาวะเสี่ยงต่อการพลิกคว่ำของยานพาหนะได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับระบบแจ้งเตือนฉุกเฉิน (SOS) และการส่งข้อมูลผ่านแอปพลิเคชัน Telegram ผลการทดสอบจำนวน 10 ครั้ง พบว่าสามารถกดปุ่มและส่งสัญญาณแจ้งเหตุพร้อมพิกัดตำแหน่งได้สำเร็จร้อยละ 100 ภายใต้สภาพเครือข่ายปกติ โดยมีเวลาตอบสนองเฉลี่ย 1.95 วินาที ซึ่ง

จัดอยู่ในระดับที่รวดเร็วและเหมาะสมสำหรับระบบแจ้งเหตุฉุกเฉิน ไม่พบความล่าช้าผิดปกติหรือการส่งข้อมูลล้มเหลว สะท้อนถึงความเสถียรของระบบสื่อสารและความพร้อมในการใช้งานจริง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยความเรียบร้อยสมบูรณ์ทางผู้วิจัยขอขอบพระคุณห้างหุ้นส่วนจำกัด ลิ่มเชียงเส็ง, ห้างหุ้นส่วนจำกัด เอสซีบี รุ่งเรือง คณาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และวิทยาลัยเทคนิคนครสวรรค์ ที่สนับสนุน งบประมาณ วัสดุอุปกรณ์ และเครื่องมือในการทำงานวิจัยให้เสร็จลุล่วง

เอกสารอ้างอิง

กิตติพงษ์ ศรีสุข และสมชาย วัฒนกุล. (2562). ระบบความปลอดภัยยานพาหนะอัจฉริยะด้วยเซนเซอร์และการสื่อสารไร้สาย. วารสารวิศวกรรมศาสตร์, 24(3), 45–56.

จิรายุ ธรรมรักษ์. (2563). การประยุกต์ใช้เซนเซอร์อัลตราโซนิกสำหรับระบบตรวจจับสิ่งกีดขวางในยานพาหนะ. วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, 8(2), 89–97.

ธนวัฒน์ อินทร์คำ และอรรถพล แสงทอง. (2564). การออกแบบระบบแจ้งเตือนฉุกเฉินด้วย GPS และเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่. การประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 14, 312–318.

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. (2565). ยานยนต์ไฟฟ้าและเทคโนโลยีความปลอดภัย. ปทุมธานี: สวทช.

สุรชัย บุญช่วย. (2561). การพัฒนาแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่สำหรับระบบควบคุมและติดตาม. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

Yanmida, D. Z., Imam, A. S., & Alim, S. A. (2023). Obstacle Detection and Anti-Collision Robot Using Ultrasonic Sensor. ELEKTRIKA — Journal of Electrical Engineering, 22(1), 11–14.

Suaif, A., & Qauzar Gani, F. (2021). Implementation of Ultrasonic Sensor as a Radar for Obstacle Detection. Andalas Journal of Electrical and Electronic Engineering Technology, 1(1), 12–15.

Susilo, J., Febriani, A., Rahmalisa, U., & Irawan, Y. I. (2021). Car Parking Distance Controller Using Ultrasonic Sensors Based On Arduino Uno. Journal of Robotics and Control (JRC), 2(5), 353–356.

Ma, J. (2023). Obstacle Detection and Avoidance Using Ultrasonic Sensors in Autonomous Robots. Highlights in Science, Engineering and Technology, 71, 68–78.

Obuhuma, J. I., Okoyo, H. O., & McOyowo, S. O. (2019). Shortcomings of Ultrasonic Obstacle Detection for Vehicle Driver Assistance and Profiling. International Journal of Information Technology and Computer Science (IJITCS), 11(6), 28–36.

เรือเก็บขยะภายในลำคลองภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาควบคุมผ่านเว็บแอปพลิเคชัน

Waste-collecting canal boats within Suan Sunandha Rajabhat University controlled via a web application

ธรรศ โอมาก[1*] ณัฐนนท์ เข็มผง[2] ฤทธิ์ชัย เอื้อตระกูลกมล[3] ขวัญเรือน รัศมี[4] และรวิ อุตตมธนินทร์[5].

Tass Omak[1*] ,Nuttanon Khemphong[2] Ritchai Auetrakulkamon[3] Kwanruan Rusmee[4] and Ravi Uttamatanin[5]

[1] สาขา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา กรุงเทพมหานคร 10300.

[1] Suan Sunandha Rajabhat University 1 U-Thong nok Road, Dusit, Bangkok 10300

*Corresponding author E-mail: s64122519032@ssru.ac.th

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อออกแบบและพัฒนาเรือเก็บขยะผิวน้ำภายในลำคลองของมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา โดยควบคุมการทำงานผ่านเว็บแอปพลิเคชัน 2) เพื่อแก้ไขปัญหาขยะลอยน้ำ ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของมลพิษทางน้ำ ปัจจุบันการเพิ่มขึ้นของประชากรและการทิ้งขยะลงสู่แหล่งน้ำส่งผลให้เกิดน้ำเน่าเสีย กระทบต่อสิ่งแวดล้อม ระบบนิเวศ และคุณภาพชีวิตของประชาชน โดยเฉพาะขยะประเภทเศษใบไม้ ขวดน้ำ และพลาสติก ซึ่งการเก็บด้วยแรงงานคนไม่สามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความเสี่ยงต่อผู้ปฏิบัติงาน โดยพัฒนาเรือเก็บขยะผิวน้ำที่ใช้มอเตอร์เป็นระบบขับเคลื่อน และติดตั้งระบบตะแกรงสำหรับกักเก็บขยะ และเรือมีน้ำหนักไม่เกิน 13 กิโลกรัม ควบคุมการทำงานผ่านเว็บแอปพลิเคชันด้วยการเชื่อมต่อผ่านเครือข่ายไร้สาย Wi-Fi จากนั้นทดสอบประสิทธิภาพของระบบในด้านการควบคุมเรือผ่านเว็บแอปพลิเคชัน และการเก็บขยะจริงในพื้นที่ทดลองโดยทดลองเป็นจำนวน 100 ครั้ง ผลการวิจัยพบว่าระบบสามารถควบคุมการทำงานของเรือผ่านเว็บแอปพลิเคชันได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีอัตราความสำเร็จเฉลี่ย 98.4% และสามารถเก็บขยะผิวน้ำตามประเภทที่กำหนดได้อย่างถูกต้องครบถ้วน 100% นอกจากนี้ระบบยังช่วยลดความเสี่ยงต่อผู้ปฏิบัติงาน เพิ่มความสะดวกในการทำงาน สรุปได้ว่าเรือเก็บขยะผิวน้ำที่ควบคุมผ่านเว็บแอปพลิเคชันสามารถใช้ในการจัดการปัญหาขยะและมลพิษทางน้ำภายในมหาวิทยาลัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: เรือบังคับเก็บขยะ, เว็บแอปพลิเคชัน, ระบบตะแกรง

Abstract

This research aims to design and develop a surface waste-collecting boat for canals within Suan Sunandha Rajabhat University, controlled through a web application, in order to address the problem of floating waste, which is a major cause of water pollution. Currently, population growth and improper waste disposal into water sources have resulted in water contamination, negatively affecting the environment, ecosystems, and quality of life. Floating waste such as leaves, plastic bottles, and plastic debris cannot be efficiently collected by manual labor and may pose risks to operators. Therefore, a surface waste-collecting boat driven by a motorized propulsion system and equipped with a grid-based waste collection system was developed. The boat is controlled through a web application via a wireless Wi-Fi network. The system performance was evaluated through 100 test trials, focusing on web-based boat control and actual waste collection in the experimental area. The results indicate that the system can be effectively controlled through the web application, achieving an average success rate of 98.4% across all operating systems, and it was able to collect all specified types of floating waste with a success rate of 100%. In addition, the system reduces operational risks, improves convenience, and enhances overall efficiency. In conclusion, the web application–controlled surface waste-collecting boat can be effectively applied to manage floating waste and mitigate water pollution within the university area.

Keywords: Remote-controlled waste-collecting boat, Web application, Grid-based waste collection system

บทนำ

ปัจจุบันการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรส่งผลให้ปัญหามลพิษทางน้ำทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะการทิ้งขยะมูลฝอยและสารเคมีลงสู่แหล่งน้ำ ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้คุณภาพน้ำเสื่อมโทรม เกิดภาวะน้ำเน่าเสีย และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ระบบนิเวศ รวมถึงสุขภาพและคุณภาพชีวิตของประชาชนในระยะยาว ขยะประเภทพลาสติก เศษใบไม้ และวัสดุเหลือใช้ต่าง ๆ เป็นขยะที่ใช้ระยะเวลาในการย่อยสลายยาวนาน และสามารถสะสมก่อให้เกิดปัญหาต่อระบบนิเวศทางน้ำอย่างต่อเนื่อง ปัญหามลพิษทางน้ำจากขยะลอยผิวน้ำเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่พบได้ทั่วไป โดยเฉพาะในลำคลองและแหล่งน้ำในเขตชุมชนและสถานศึกษา

การจัดการขยะด้วยวิธีการใช้แรงงานคน เช่น การใช้ที่ตักขยะหรืออุปกรณ์พื้นฐาน ยังมีข้อจำกัดทั้งในด้านประสิทธิภาพ ความสะดวก และความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานส่งผลให้ไม่สามารถแก้ไขปัญหาขยะในแหล่งน้ำได้อย่างทั่วถึงและยั่งยืน

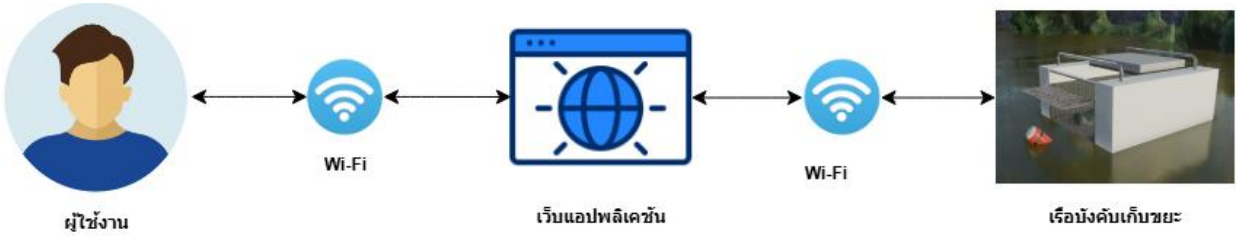
จากการสำรวจพื้นที่ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา พบว่าลำคลองภายในมหาวิทยาลัยมีขยะลอยผิวน้ำเป็นจำนวนมาก เช่น เศษใบไม้ ขวดน้ำ และขยะพลาสติก ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาน้ำเน่าเสีย ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยรอบ รวมถึงภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัย ปัจจุบันการจัดเก็บขยะดังกล่าวยังคงต้องอาศัยกำลังคนเป็นหลัก ทำให้การดำเนินงานขาดประสิทธิภาพและใช้ระยะเวลานาน

คณะผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญของการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยได้ออกแบบและพัฒนาเรือเก็บขยะผิวน้ำที่สามารถควบคุมการทำงานจากระยะไกลผ่านเว็บแอปพลิเคชันเรือดังกล่าวใช้ระบบมอเตอร์เป็นกลไกขับเคลื่อน และติดตั้งระบบตะแกรงสำหรับกักเก็บขยะผิวน้ำ ซึ่งสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บขยะ ลดความเสี่ยงต่อผู้ปฏิบัติงาน และสนับสนุนการจัดการปัญหามลพิษทางน้ำภายในมหาวิทยาลัยได้อย่างเป็นระบบและยั่งยืน

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องเรือเก็บขยะภายในลำคลองเป็นการวิจัยเชิงทดลอง การออกแบบเรือเก็บขยะและการควบคุมการทำงานของเรือด้วยการใช้เว็บแอปพลิเคชัน

1. ภาพรวมการทำงานของระบบเรือเก็บขยะภายในลำคลอง

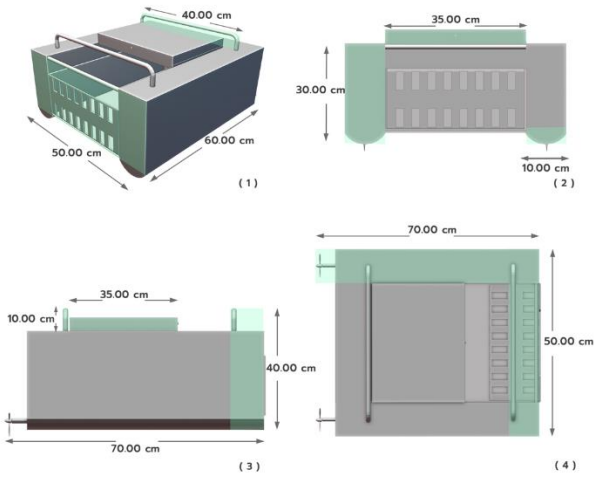


รูปที่ 1 ภาพรวมการทำงานของระบบเรือเก็บขยะภายในลำคลอง

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาการทำงานของระบบเรือเก็บขยะภายในลำคลองโดยระบบจะทำงานโดยเว็บแอปพลิเคชัน โดยผู้ใช้จะเข้าเว็บแอปพลิเคชันและสั่งการเคลื่อนไหวของเรือโดยการกดปุ่มต่าง ๆ ในหน้าเว็บแอปพลิเคชันและเมื่อกดปุ่มต่างๆแล้วจะส่งข้อมูลโดยการใช้ Wi-Fi เดียวกันที่ติดอยู่บนตัวเรือเก็บขยะภายในลำคลองและมอเตอร์จะทำงานตามคำสั่งที่ได้รับมาดังรูปที่ 1

2. การออกแบบเรือเก็บขยะ

เรือเก็บขยะจะประกอบไปด้วย 2 ส่วน โดยส่วนแรกคือ ทุ่นเรือ 2 ข้างโดยทำด้วย Fiber Glass เพื่อที่จะทำให้เรือมีน้ำหนักที่เบาและสามารถลอยน้ำได้ โดยน้ำหนักเรือจะมีน้ำหนักทั้งหมดไม่เกิน 13 กิโลกรัม และส่วนบนคือส่วนกล่องเก็บอุปกรณ์ รวมถึงบอร์ดและแบตเตอรี่เพื่อป้องกันน้ำดังรูปที่ 2 และ 3



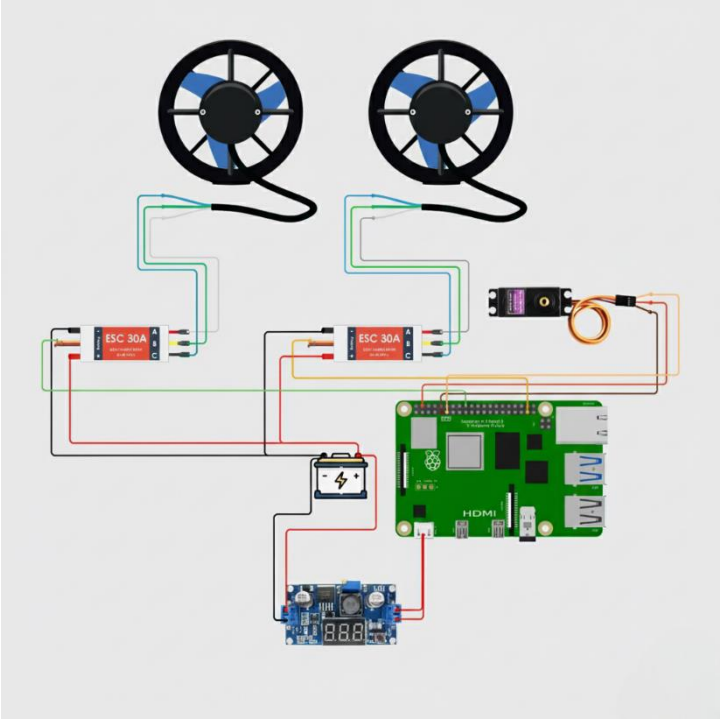
รูปที่ 2 การออกแบบเรือเก็บขยะภายในลำคลอง



รูปที่ 3 รูปเรือบังคับเก็บขยะภายในลำคลอง

3. การต่อวงจรของเรือเก็บขยะ

การเชื่อมวงจรโดยรวมของเรือเก็บขยะจะทำงานเมื่อจ่ายไฟจากแบตเตอรี่เข้าไปยังบอร์ด Raspberry Pi โดยใช้ Stepdown และแบตเตอรี่จะจ่ายไฟให้มอเตอร์ขับเคลื่อนโดยตรงเพราะมอเตอร์ขับเคลื่อน เป็น 12V และต่อขาวงจรจากมอเตอร์ขับเคลื่อนเข้าไปที่บอร์ดเพื่อทำการควบคุมมอเตอร์ขับเคลื่อน โดยมอเตอร์ขับเคลื่อนจะใช้ทั้งหมด 2 ตัวเพื่อใช้ในการเคลื่อนที่ และต่อวงจรของ Servo Motor เพื่อควบคุมการทำงานการเปิด-ปิดของตะแกรงโดยใช้ Servo Motor ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 การต่อวงจรของเรือบังคับเก็บขยะ

4. การออกแบบเว็บแอปพลิเคชัน

หน้าจอของเว็บแอปพลิเคชันจะควบคุมผ่านเว็ปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน หรือหน้าจอสัมผัสที่เชื่อมต่อ Wi-Fi จากนั้นแสดงข้อมูล แผงควบคุมการทำงานของเรือบังคับเก็บขยะ ในลำคลองจะมีการแสดงค่าต่าง ๆ โดยหลักการออกแบบ เพื่อให้ผู้ใช้งานเข้าใจได้ง่าย สามารถใช้งานได้อย่างสะดวก จะแสดงปุ่มที่ใช้สำหรับการควบคุมจะปรากฏให้เห็นผ่านเว็บแอปพลิเคชันดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 เว็บแอปพลิเคชันของเรือเก็บขยะภายในลำคลอง

ผลการวิจัย

การทดสอบประสิทธิภาพของเรือเก็บขยะ

ในการทดสอบประสิทธิภาพของเรือเก็บขยะจะใช้การทดสอบเพื่อดูประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ทำงานกัน และเว็บแอปพลิเคชัน โดยจะแบ่งทั้งหมด 2 ส่วน ได้แก่ 1) การทดสอบเว็บแอปพลิเคชันโดยการกดปุ่มต่างๆบนเว็บแอปพลิเคชั่นเป็นจำนวน 100 รอบ 2) การทดสอบเก็บขยะภายในแม่น้ำโดยเมื่อเก็บครบ 25 ชิ้นแล้วจะนำขยะขึ้นมาทิ้งแล้วนำไปทดสอบใหม่ให้ครบ 100 ชิ้น

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการทำงานบนเว็บแอปพลิเคชัน

การทดลอง	Android Version 14.0		IOS Version 18.4.1		Windows Version 11	
	สำเร็จ (ครั้ง) (ครั้ง)	ผิดพลาด (ครั้ง)	สำเร็จ (ครั้ง)	ผิดพลาด (ครั้ง)	สำเร็จ (ครั้ง)	ผิดพลาด (ครั้ง)
เชื่อมต่อเรือ	95	5	96	4	95	5
กดเดินหน้า	100	0	100	0	100	0
กดเลี้ยวซ้าย	100	0	100	0	100	0
กดเลี้ยวขวา	100	0	100	0	100	0
กดเปิด–ปิดตะแกรง	96	4	97	3	97	3

จากตารางที่ 1 จากการทดลองการทำงานผ่านเว็บแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการ Android,iOSและ Windows พบว่าเรือสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง โดยมีค่าเฉลี่ยความสำเร็จอยู่ที่ 98.4% ในทุกระบบปฏิบัติการ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าแอปพลิเคชันมีความเสถียร สั่งงานได้แม่นยำ และรองรับการใช้งานข้ามแพลตฟอร์มได้ดี

ตารางที่ 2 ทดลองเก็บขยะภายในแม่น้ำตามขอบเขตที่กำหนดไว้

การทดลอง	**ผลการทดลอง**	
	สำเร็จ (ชิ้น)	**ผิดพลาด (ชิ้น)**
เก็บถุงพลาสติก	100	0
เก็บกล่องบรรจุภาชนะต่างๆ	100	0
เก็บเศษใบไม้	100	0
เก็บขวดน้ำ	100	0
เก็บกิ่งไม้	100	0

จากตารางที่ 2 จากการทดลองเรือเก็บขยะสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและแม่นยำสูง สำหรับขยะประเภทที่กำหนดไว้ โดยมีค่าเฉลี่ยความสำเร็จ 100 % สรุปได้ว่าระบบมีความพร้อมใช้งานสำหรับการเก็บขยะในขอบเขตที่กำหนดไว้

วิจารณ์ผล

ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง ทั้งในส่วนของการควบคุมอุปกรณ์ผ่านเว็บแอปพลิเคชันและการเก็บขยะจริงในพื้นที่ทดลอง อย่างไรก็ตามแม้ผลทดสอบด้านการควบคุมเครื่องจะมีประสิทธิภาพเกือบสมบูรณ์ แต่ยังพบความผิดพลาดในบางฟังก์ชัน เช่น การเปิด–ปิดระบบตะแกรง และ ระบบการเชื่อมต่อสัญญาณ Wi-Fi ในการเปิดใช้งานระบบทั้งหมด

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองการทำงานของระบบเก็บขยะผ่านเว็บแอปพลิเคชันพบว่าระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีอัตราความสำเร็จเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 98.4% ในทุกระบบปฏิบัติการ ทั้ง Android, IOS และ Windows โดยเฉพาะในส่วนของการเชื่อมต่อ การควบคุมทิศทาง และการควบคุมการเก็บขยะที่พบว่ามีความเสถียรและทำงานได้อย่างถูกต้องครบถ้วนเกือบทุกครั้ง อย่างไรก็ตาม พบข้อผิดพลาดเล็กน้อยในฟังก์ชันการสั่ง

เปิด–ปิดระบบตะแกรงเก็บขยะ ซึ่งเกิดจากปัญหาด้านสัญญาณหรือการส่งคำสั่งที่ล่าช้าในบางช่วง ซึ่งยังอยู่ในระดับที่สามารถยอมรับได้เชิงปฏิบัติการ

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยคำแนะนำต่าง ๆ จากอาจารย์สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา และความร่วมมือช่วยเหลืออย่างดียิ่งที่สละเวลาให้คำแนะนำ คำปรึกษา รวมถึงข้อเสนอแนะต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ณัฐวรท มิรัตนไพร, สุทัศน์อุ่นอก,รัชพล โพธิอ้าพล, เดชฤทธิ์ กลิ่นสุนทร. 2556.*เรือเก็บขยะในคูคลอง*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยราชมงคลธัญบุรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

ตั้งจิตวิทยา, ช. (2025). *แนวทางการเพิ่มความสามารถในการจัดเก็บขยะมูลฝอยของเขตบางกอกน้อย กรุงเทพมหานคร*. Chulalongkorn University.

ประภาภรณ์ เพชรสม, อิสระพงศ์ พูลสุข และประกาศิต ตันติอลงการ (2560), การศึกษาเรือเก็บขยะควบคุมแบบไร้สาย. *SNRU journal of Science and Technology*.8(3), 309-318.

เมล์ เมืองชนะ และทัศน์ แซ่เหลี่ยง.(2562). เรือเก็บขยะควบคุมระยะไกล. *การประชุมวิชาการสำหรับนักศึกษาระดับชาติ* ครั้งที่ 2 (น.114-120). มหาวิทยาลัยสวนสุนันทา.

สนธยา นงนุช. (2563). *ทุกเรื่องที่ควรรู้เกี่ยวกับเซอร์โวมอเตอร์และการใช้งาน.* สืบค้นเมื่อ 15 เมษายน 2568 จาก https://www.ioxhop.com/b/105

Nishimura, M., Shimizu, E., Amakasu, K., Du, Y., Ode, T., & Takamasa, T. (2013). Underwater noise property of water jet propelled electric boat. *2013 MTS/IEEE OCEANS - Bergen*, 1–5.

Prasetyo Adi, P. D., Mappadang, A., Armi, N., Santiko, A. B., Adiprabowo, T., Suprapto, Zulkarnain, R., & Wirawan, A. (2023). Optimization and development of raspberry pi 4 model B for the internet of things. *2023 IEEE 9th Information Technology International Seminar (ITIS)*, 1–6.

Satheesh, J., Nair, A. P., Devipriya, Chithra, Mahesh, G., & Jayasree, P. R. (2020). Wireless communication based water surface cleaning boat. *2020 4th International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI)(48184)*, 716–720.

Tp, D., Greeshma, Nidhin, Kavya, & Neethu. (2023). Design and implementation of river cleaning boat. *2023 14th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies (ICCCNT)*, 1–6.

U01 12V~16V brushless underwater SUBSEA thruster/Propeller/propulsion with Bi-directional control ESC for ROV boat. (n.d.). Underwater Thruster. สืบค้นเมื่อ 15 เมษายน 2568 from https://www.underwaterthruster.com/products/u01-12v-16v-200w-2kg-thrust-brushless-underwater-subsea-thruster-propeller-propulsion-with-bi-directional-control-esc-for-rov-boat

การพัฒนาเครื่องสูบน้ำอัจฉริยะสำหรับควบคุมระดับน้ำในนาข้าวขนาดเล็กด้วยระบบ IoT

Development of a Smart Water Pump for Water Level Control in Small-Scale Rice Fields Using IoT Technology.

เนติลักษณ์ พงษ์จำปา[1*] และขรรค์ชัย ตุลละสกุล[1]

Natiluk Pongjumpa[1*] and Khanchai Tunlasakun[1]

[1]คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 126 ถ.ประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140

[1] Faculty of Industrial Education and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT), 126 Pracha Uthit Rd., Bang Mod,Thung Khru, Bangkok 10140, Thailand

*Corresponding author E-mail: natiluk.pong@kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องสูบน้ำอัจฉริยะสำหรับควบคุมระดับน้ำในนาข้าวขนาดเล็กด้วยระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) และเพื่อศึกษาประสิทธิภาพการทำงานและการบริหารจัดการพลังงานของระบบ รวมทั้งประเมินความพึงพอใจของเกษตรกรผู้ใช้งาน ระบบที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย ปั๊มน้ำไฟฟ้ากระแสตรงแบบจุ่ม ขนาด 1,600 วัตต์ ทำงานร่วมกับเซ็นเซอร์วัดระดับน้ำและไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านการควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control) โดยใช้แหล่งจ่ายพลังงานจากระบบโซลาร์เซลล์ขนาด 1,710 วัตต์ พร้อมระบบสำรองไฟฟ้าแบตเตอรี่ลิเธียม 48 โวลต์ 100 แอมป์-ชั่วโมง เพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างอิสระและมีเสถียรภาพ การทดสอบสมรรถนะของระบบดำเนินการในพื้นที่แปลงนาข้าวขนาด 3 ไร่ จำนวน 5 รอบการทำงาน ผลการวิจัยพบว่า ระบบสามารถควบคุมระดับน้ำที่ความลึก 5 เซนติเมตร ได้อย่างแม่นยำโดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเพียง 0.12 เซนติเมตร ใช้ระยะเวลาในการสูบน้ำเฉลี่ย 3.00 ชั่วโมงต่อรอบ และใช้พลังงานไฟฟ้าจริงเฉลี่ย 3.27 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ซึ่งประหยัดพลังงานได้ดีกว่าค่าคำนวณทางทฤษฎีอย่างมีนัยสำคัญ ด้านประสิทธิภาพการสื่อสารข้อมูลไร้สายผ่านโมดูล LoRa พบว่าสามารถรับ-ส่งข้อมูลและสั่งการได้เต็มประสิทธิภาพที่ระยะทางไกลสุด 600 เมตร ในสภาพแวดล้อมจริง และผลการประเมินความพึงพอใจของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 คน พบว่ามีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.71) โดยเฉพาะด้านการลดภาระเวลาและความสะดวกในการควบคุมสั่งการผ่านแอปพลิเคชัน งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นสามารถยกระดับการบริหารจัดการน้ำในนาข้าวขนาดเล็กได้อย่างมีประสิทธิภาพและคุ้มค่าต่อการลงทุน

คำสำคัญ: เครื่องสูบน้ำอัจฉริยะ, ระบบ IoT, การควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติ, นาข้าวขนาดเล็ก

Abstract

The objectives of this research were to design and develop a smart water pump for water level control in small-scale rice fields using Internet of Things (IoT) technology, to investigate the system performance and energy management efficiency, and to evaluate user satisfaction among farmers. The developed system comprises a 1,600-watt DC submersible pump integrated with a water level sensor and a microcontroller utilizing a feedback control mechanism. The system is powered by a 1,710-watt solar photovoltaic system with a 48V 100Ah lithium battery backup to ensure autonomous and stable operation. Performance testing was conducted in a 3-rai rice paddy field over 5 operational cycles. The results revealed that the system could precisely control the water level at a depth of 5 cm with an average error of only 0.12 cm. The average pumping duration was 3.00 hours per cycle, with an actual energy consumption of 3.27 kWh, demonstrating significantly better energy efficiency compared to the theoretical calculation. Regarding wireless communication performance via the LoRa module, the system achieved full transmission and control efficiency at a maximum distance of 600 meters under actual field conditions. Furthermore, the satisfaction evaluation from 10 sample farmers indicated the highest level of satisfaction (Mean = 4.71), particularly in terms of time-saving and the convenience of remote control via a mobile application. This research demonstrates that the developed technology can effectively enhance water management in small-scale rice fields and is cost-effective for agricultural application.

Keywords: Smart Water Pump, Internet of Things (IoT), Automatic Water Level Control, Small-Scale Rice Fields

บทนำ

เกษตรกรผู้ทำนาข้าวขนาดเล็กส่วนใหญ่ในปัจจุบันยังประสบปัญหาสำคัญในการบริหารจัดการน้ำ เนื่องจากความไม่แน่นอนของแหล่งน้ำธรรมชาติและการพึ่งพาการควบคุมเครื่องสูบน้ำด้วยแรงงานคน (Manual Control) วิธีการจัดการน้ำแบบดั้งเดิมนี้ส่งผลให้เกิดความสูญเสียด้านพลังงาน เวลา และทรัพยากรน้ำอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากขาดความแม่นยำและการควบคุมแบบอัตโนมัติ (จิราภรณ์ 2561) ซึ่งการรักษาระดับน้ำให้คงที่

และเหมาะสมกับระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าว ถือเป็นปัจจัยวิกฤตที่ส่งผลโดยตรงต่อปริมาณผลผลิตและคุณภาพของเมล็ดข้าว (จิราภรณ์ 2561)

ในยุคปัจจุบันที่เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) เข้ามามีบทบาทสำคัญในการขับเคลื่อนภาคเกษตรกรรมอัจฉริยะ (Smart Farming) การประยุกต์ใช้ระบบ IoT และระบบควบคุมอัตโนมัติจึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมในการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการน้ำในนาข้าวขนาดเล็ก จากการศึกษาการประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์และระบบควบคุมอัตโนมัติในภาคเกษตรที่ผ่านมา พบว่าสามารถเพิ่มความแม่นยำในการจัดการทรัพยากรและลดความผิดพลาดจากมนุษย์ได้อย่างชัดเจน (สุธิพงษ์ และคณะ 2564) นอกจากนี้ การบูรณาการร่วมกับระบบพลังงานแสงอาทิตย์ยังได้รับการศึกษาและพิสูจน์แล้วว่าช่วยลดต้นทุนด้านพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและสนับสนุนการเกษตรแบบยั่งยืน (ธนพล 2565)

การออกแบบและพัฒนาเครื่องสูบน้ำอัจฉริยะเพื่อให้เกษตรกรสามารถตรวจสอบสถานะและควบคุมการทำงานผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน โดยใช้หลักการระบบควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control) และระบบ IoT ที่สามารถแสดงสถานะการทำงานของเครื่องสูบน้ำได้แบบเรียลไทม์จากระยะไกล ระบบที่พัฒนาขึ้นนี้ยังคำนึงถึงประสิทธิภาพด้านพลังงานและความเป็นอิสระจากระบบไฟฟ้าหลัก โดยมีการสำรองกระแสไฟฟ้าฉุกเฉินกรณีความแปรปรวนของแสงอาทิตย์ ซึ่งใช้ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ที่สามารถรองรับการใช้งานกับพื้นที่แปลงนาข้าวขนาดประมาณ 3 ไร่ โดยมีความสามารถในการควบคุมระดับน้ำให้อยู่ในช่วงเบี่ยงเบนที่กำหนดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยและพัฒนาเครื่องสูบน้ำอัจฉริยะสำหรับควบคุมระดับน้ำในนาข้าวขนาดเล็กด้วยระบบ IoT เป็นการวิจัยเชิงพัฒนาและทดลอง โดยดำเนินการ ณ พื้นที่แปลงนาของนายสงวน กุลวงศ์ ต.หนองกรด อ.บรรพตพิสัย จ.นครสวรรค์ มีขั้นตอนดำเนินการดังนี้

1.การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น รวบรวมข้อมูลทฤษฎี เอกสารงานวิจัย และวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการจัดการน้ำตามเทคนิคเปียกสลับแห้ง, การส่งน้ำ, ระบบพลังงานแสงอาทิตย์, การควบคุมและสื่อสาร IoT

2.วิเคราะห์ความต้องการในพื้นที่เพื่อรวบรวมข้อมูลรูปแบบการจัดการน้ำและข้อจำกัดของเกษตรกร โดยใช้เทคนิคการสัมภาษณ์เชิงลึกร่วมกับเกษตรกรและผู้ใหญ่บ้านในพื้นที่ เพื่อขออนุญาตเข้าทดลองและกำหนดเงื่อนไขการทำงานของระบบให้สอดคล้องกับพื้นที่แปลงนาขนาด 3 ไร่



(ก)

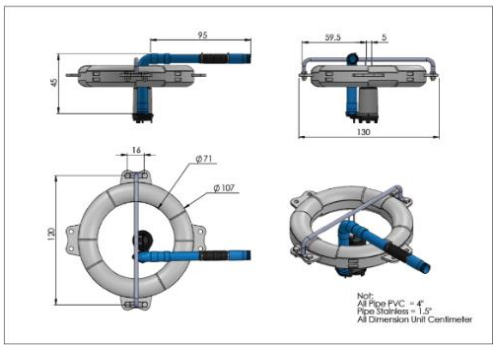


(ข)

ภาพที่ 1 ลงพื้นที่เพื่อรวบรวมข้อมูลในพื้นที่จริง (ก) แสดงการติดต่อประสานงานกับนายอเนก ช่างสลัก ผู้ใหญ่บ้านหนองปรือ หมู่ที่ 9 เพื่อขออนุญาตเข้าพื้นที่ในการเก็บข้อมูลและทดลอง (ข) แสดงการลงพื้นที่สำรวจแปลงนาของนายสงวน กุลวงศ์ และแหล่งน้ำบริเวณโดยรอบ

3.การออกแบบและสร้างระบบส่งน้ำจะแบ่งเป็น 2 ส่วนหลักดังนี้

3.1 ระบบสูบน้ำเข้า (In-flow) การออกแบบชุดทุ่นลอยสำหรับติดตั้งปั๊มน้ำไฟฟ้ากระแสตรงแบบจุ่ม (DC Submersible Pump) ขนาด 1,600 วัตต์ โดยมีรายละเอียดโครงสร้างและส่วนประกอบดังนี้ 1) โครงสร้างทุ่นลอย เลือกใช้ทุ่นวงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 107 เซนติเมตร สามารถในการรับน้ำหนักประมาณ 80 กิโลกรัม เสริมความแข็งแรงด้วยคานสแตนเลสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 นิ้ว ความยาว 120 เซนติเมตร ปลายทั้งสองข้างเชื่อมติดกับแผ่นประคองในแนวระนาบและยึดเข้ากับทุ่นด้วยสลักเกลียว บริเวณกึ่งกลางคานติดตั้งชุดตะขอคู่ระยะห่าง 5 เซนติเมตร สำหรับแขวนติดตั้งปั๊มน้ำ ดังแสดงในภาพที่ 2 (ก) 2) ระบบท่อส่งน้ำ ติดตั้งชุดท่อส่งน้ำขนาด 4 นิ้ว เข้ากับปั๊มน้ำโดยใช้ข้อต่อตรง PVC ชนิดเกลียวใน ต่อเชื่อมกับท่อแนวดิ่งความสูง 45 เซนติเมตร และใช้ข้อโค้ง PVC 90 องศา ต่อท่อส่งน้ำในแนวระนาบมีความยาวพาดพ้นขอบทุ่นออกมา 95 เซนติเมตร โดยติดตั้งข้อต่อกันทรุด (Flexible Joint) เพื่อสร้างความยืดหยุ่นระหว่างรอยต่อของทุ่นลอยและท่อส่งน้ำหลัก ดังแสดงในภาพที่ 2 (ข)



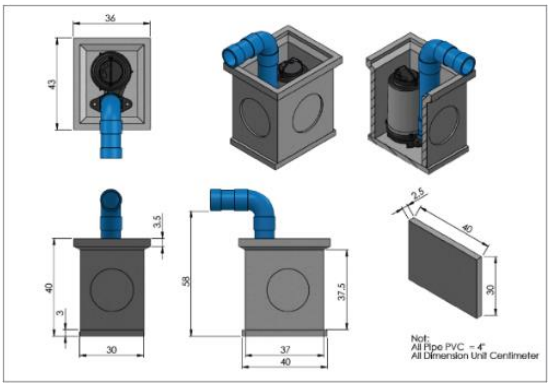
(ก)



(ข)

ภาพที่ 2 ระบบสูบน้ำเข้า (ก) แสดงรายละเอียดมิติต่าง ๆ ของการออกแบบโครงสร้างทุ่นสูบน้ำเข้า (ข) แสดงการติดตั้งของทุ่นสูบน้ำเข้าขณะลอยตัวอยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติไปยังพื้นที่แปลงนา

3.2 ระบบสูบน้ำออก (Out-flow) การออกแบบแท่นสูบน้ำสำหรับควบคุมการระบายน้ำออกจากพื้นที่แปลงนา เพื่อจัดการระดับน้ำส่วนเกินให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยมีรายละเอียดการออกแบบดังนี้ 1) โครงสร้างแท่นสูบน้ำ เลือกใช้บ่อพักซีเมนต์สำเร็จรูปทรงสี่เหลี่ยมขนาด 36 x 43 x 40 เซนติเมตร พร้อมฝาปิดที่มีการเจาะช่องขนาด 4 นิ้ว สำหรับติดตั้งปั๊มน้ำไฟฟ้ากระแสตรงแบบจุ่ม ขนาด 1,600 วัตต์ เพื่อทำหน้าที่ระบายน้ำออกจากพื้นที่แปลงนา ดังแสดงในภาพที่ 3 (ก) 2) การติดตั้งระบบท่อระบายน้ำ ติดตั้งชุดท่อ PVC ขนาด 4 นิ้ว โดยใช้ข้อต่อตรงชนิดเกลียวในเชื่อมต่อกับชุดปั๊มน้ำ ท่อในแนวดิ่งมีความสูง 58 เซนติเมตร เพื่อให้พ้นระยะขอบบนบ่อพัก จากนั้นเชื่อมต่อด้วยข้องอ PVC 90 องศา เพื่อเปลี่ยนทิศทางการไหลเข้าสู่ท่อแนวนอนที่มีความยาว 20 เซนติเมตร ปลายท่อติดตั้งข้อต่อตรงชนิดหางปลาไหลพร้อมรัดด้วยเข็มขัดรัดท่อเพื่อความมั่นคงแข็งแรงก่อนเชื่อมต่อเข้ากับสายส่งน้ำสำหรับระบายน้ำออกจากพื้นที่ ดังแสดงในภาพที่ 3 (ข)



(ก)



(ข)

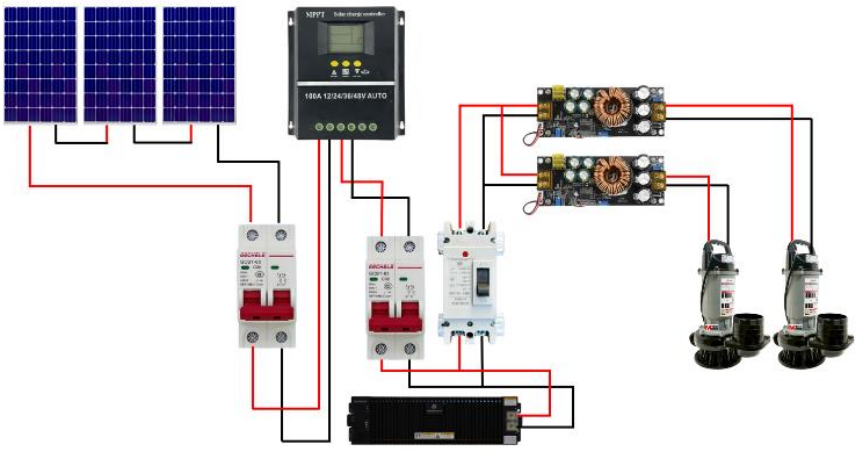
ภาพที่ 3 ระบบสูบน้ำออก (ก) แสดงรายละเอียดมิติต่าง ๆ ของการออกแบบโครงสร้างแทนสูบน้ำ (ข) แสดงการติดตั้งแทนสูบน้ำออกในพื้นที่แปลงนาข้าว

4. การออกแบบระบบพลังงานแสงอาทิตย์ ดำเนินการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (Photovoltaic System) เพื่อให้รองรับการจัดการน้ำตามเทคนิคเปียกสลับแห้ง (Alternate Wetting and Drying: AWD) ซึ่งมีความต้องการปริมาณน้ำประมาณ 240 ลูกบาศก์เมตรต่อรอบการทำงาน มีส่วนสำคัญดังนี้

4.1ส่วนผลิตพลังงานและควบคุมการชาร์จ เลือกใช้แผงโซลาร์เซลล์ขนาดกำลังไฟ 570 วัตต์ จำนวน 3 แผง ต่อวงจรแบบอนุกรมเพื่อให้ได้กำลังไฟฟ้าไฟรวม 1,710 วัตต์ ที่แรงดันประมาณ 51 โวลต์ โดยติดตั้งเซอร์กิตเบรกเกอร์กระแสตรง (DC Breaker) ขนาด 63 แอมป์ เพื่อป้องกันคอนโทรลเลอร์ชาร์จเจอร์แบบ MPPT (Maximum Power Point Tracking) ขนาด 48 โวลต์ 100 แอมป์ จากสภาวะลัดวงจรหรือกระแสเกินจากชุดแผงโซลาร์เซลล์

4.2 ส่วนจัดเก็บและสำรองพลังงาน ระบบใช้แบตเตอรี่ลิเธียม (Lithium Battery) ขนาด 48 โวลต์ 100 แอมป์-ชั่วโมง สำหรับจัดเก็บพลังงานและใช้สำรองไฟฟ้าในสภาวะความแปรปรวนของความเข้มแสง โดยมีการติดตั้งเซอร์กิตเบรกเกอร์กระแสตรงขนาด 125 แอมป์ เพื่อควบคุมและป้องกันความเสียหายจากการประจุ (Charge) และการคายประจุ (Discharge) ที่เกินพิกัด

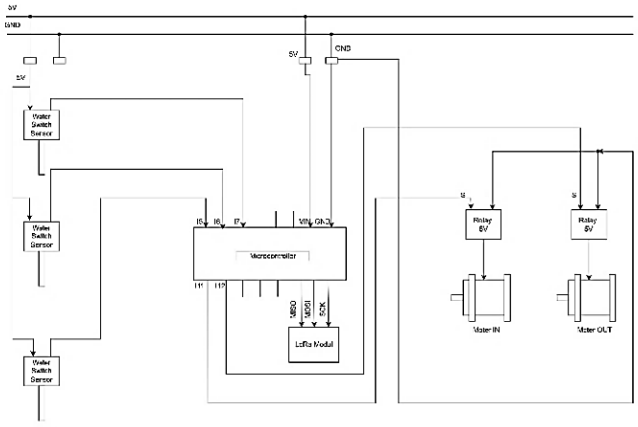
4.3 ส่วนแปลงแรงดันและจ่ายโหลด ในการจ่ายพลังงานไปยังโหลด ระบบจะต่อแบตเตอรี่ผ่านเบรกเกอร์กระแสตรงขนาด 63 แอมป์ เข้าสู่วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้สูงขึ้น (DC to DC Boost Converter) ขนาด 1,800 วัตต์ จำนวน 2 ชุด ก่อนส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าไปยังปั๊มน้ำตามเงื่อนไขที่กำหนด ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ไดอะแกรมนี้แสดง โครงสร้างทางไฟฟ้าของระบบพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับเครื่องสูบน้ำอัจฉริยะ

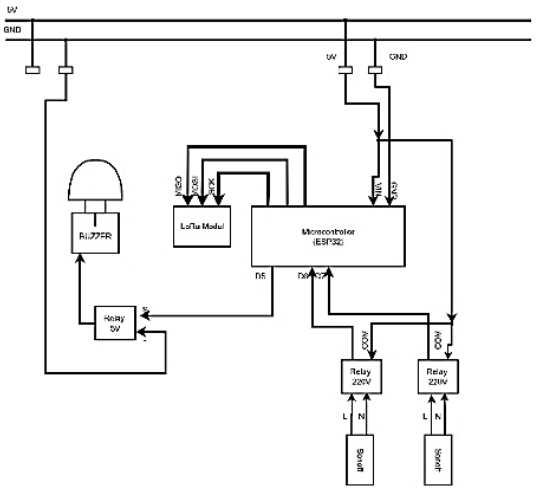
5 การพัฒนาระบบควบคุมและสื่อสาร IoT การออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมเครื่องสูบน้ำอัจฉริยะใช้หลักการควบคุมแบบป้อนกลับ เพื่อรักษาเสถียรภาพของระดับน้ำในนาข้าวตามค่าที่กำหนด (Set point) โดยมีรายละเอียดการพัฒนาดังนี้

5.1 ระบบควบคุมระดับน้ำ หน่วยประมวลผลและการตรวจวัดใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega2560 เป็นหน่วยประมวลผลกลาง ทำหน้าที่รับและวิเคราะห์สัญญาณข้อมูลดิจิทัลจากเซ็นเซอร์ตรวจวัดระดับน้ำแบบแนวตั้ง (Vertical Liquid Level Sensor) เพื่อนำมาประมวลผลตามเงื่อนไขการสูบน้ำเข้าและสูบน้ำออก ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ไดอะแกรมนี้แสดง ระบบควบคุมเครื่องสูบน้ำอัจฉริยะเพื่อรักษาระดับน้ำในพื้นที่แปลงนา

5.2 ระบบสื่อสารข้อมูลไร้สายระยะไกล เป็นแก้ปัญหาข้อจำกัดด้านระยะทางในพื้นที่เกษตรกรรม ระบบจึงประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายย่านความถี่วิทยุผ่านโมดูลโลรา (LoRa Module) สำหรับรับ-ส่งข้อมูลสถานะระหว่างชุดควบคุมในพื้นที่แปลงนากับชุดรับสัญญาณ ณ บ้านพักของผู้ใช้งาน ซึ่งมีคุณสมบัติเด่นในการส่งสัญญาณได้ระยะไกลและใช้พลังงานต่ำ สามารถเชื่อมต่อระบบเครือข่ายและติดต่อผู้ใช้งาน โดยชุดรับสัญญาณจะดำเนินการส่งต่อข้อมูลผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 เพื่อเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทำให้เกษตรกรสามารถตรวจสอบสถานะการทำงาน (Monitoring) และสั่งการควบคุมเครื่องสูบน้ำ (Controlling) ผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนได้แบบเรียลไทม์ (Real-time) ช่วยเพิ่มความสะดวกและแม่นยำในการบริหารจัดการน้ำจากระยะไกล ดังแสดงในภาพที่ 6



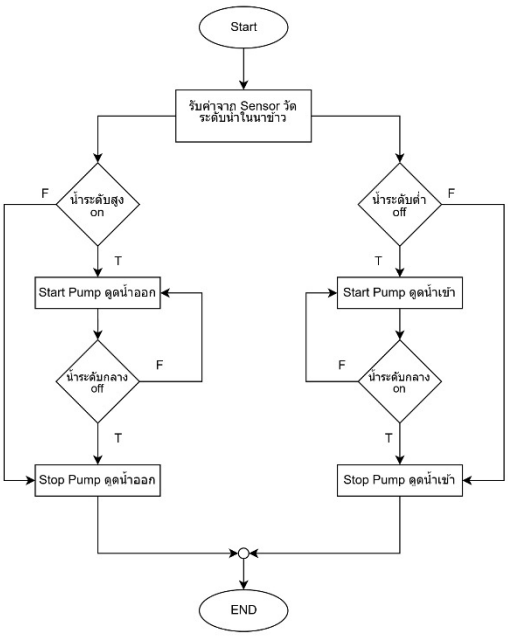
ภาพที่ 6 ไดอะแกรมระบบการสื่อสารไร้สายระยะไกลเพื่อรับ-ส่งข้อมูลสถานะและควบคุมระบบในพื้นที่แปลงนา

6.แผนผังการทำงานของระบบควบคุมเครื่องสูบน้ำอัจฉริยะ

แผนผังลำดับขั้นตอนการทำงาน (Flowchart) ของระบบควบคุมเครื่องสูบน้ำอัจฉริยะ ออกแบบมาเพื่อจัดการระดับน้ำในนาข้าวแบบอัตโนมัติ โดยมีเงื่อนไขในการตัดสินใจขนานกันแบ่งเป็น 2 ส่วนหลักดังนี้

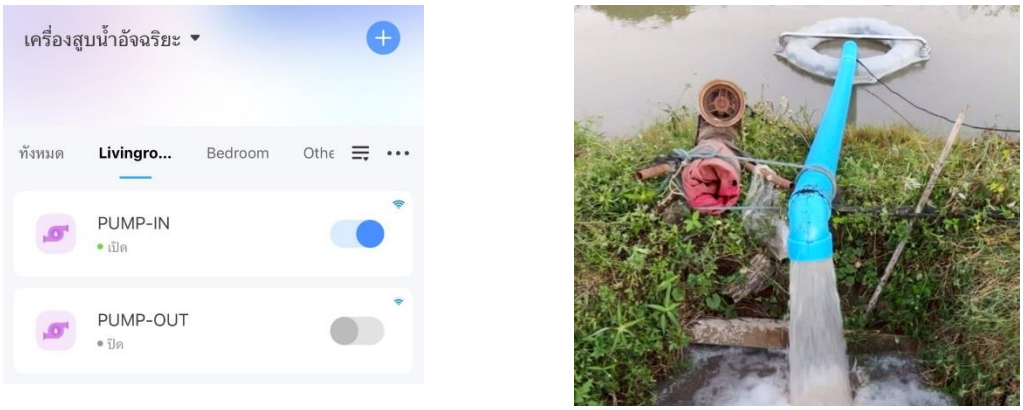
6.1 ส่วนการระบายน้ำออก (Drainage Control) ทำหน้าที่ลดระดับน้ำเมื่อเกิดสภาวะน้ำเกิน เงื่อนไขเริ่มต้นระบบรับค่าจากเซ็นเซอร์ หากพบว่าระดับน้ำ สูงเกินเกณฑ์ (High Level On) ระบบจะสั่งเดินเครื่องปั๊มระบายน้ำออกทันที การหยุดทำงานระบบจะตรวจสอบระดับน้ำแบบป้อนกลับอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งระดับน้ำลดลงถึง ระดับน้ำกลาง (Middle Level Off) ระบบจึงจะสั่งหยุดการทำงานของปั๊ม

6.2 ส่วนการสูบน้ำเข้า (Irrigation Control) ทำหน้าที่เพิ่มระดับน้ำเมื่อเกิดสภาวะน้ำขาดแคลน เงื่อนไขเริ่มต้น หากเซ็นเซอร์ตรวจพบว่าระดับน้ำ "ต่ำกว่าเกณฑ์" (Low Level On) ระบบจะสั่งเดินเครื่องปั๊มสูบน้ำเข้าสู่แปลงนา การหยุดทำงาน ปั๊มจะทำงานจนกระทั่งระดับน้ำเพิ่มขึ้นถึง ระดับน้ำกลาง (Middle Level On) ระบบจึงจะสั่งหยุดการทำงานเพื่อประหยัดพลังงานและทรัพยากรน้ำ ทั้งนี้ หากระดับน้ำอยู่ในเกณฑ์ปกติหรือไม่อยู่ในเงื่อนไขทั้งสองส่วน ระบบจะสั่งให้เครื่องสูบน้ำทั้งสองตัวอยู่ในสถานะหยุดทำงาน (Stop) เพื่อความปลอดภัยและลดภาระการใช้พลังงานจากระบบโซลาร์เซลล์ ดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 แผนผังแสดงการทำงานของระบบควบคุมเครื่องสูบน้ำอัจฉริยะโดยมีเงื่อนไขในการตัดสินใจขนานกัน

การทดลองการใชงานเครื่องสูบน้ำอัจฉริยะที่พัฒนาขึ้นไปติดตั้งและทดสอบการใช้งานจริง กับกลุ่มเป้าหมาย ในช่วงเวลาที่มีแสงอาทิตย์ ณ พื้นที่แปลงนาข้าวของนายสงวน กุลวงศ์ ตั้งอยู่ที่ตำบลหนองกรด อำเภอบรรพตพิสัย จังหวัดนครสวรรค์ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลและประเมินประสิทธิภาพการวัดความแม่นยำของระบบควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติ ตรวจสอบเสถียรภาพของการสื่อสารข้อมูลไร้สายระยะไกล และวิเคราะห์ประสิทธิภาพการบริหารจัดการพลังงานของระบบโซลาร์เซลล์ในสภาวะการใช้งานจริง ในการทดลองดังกล่าวช่วยให้สามารถประเมินผลด้านความสะดวกในการใช้งานระบบ ความยากง่ายในการติดตั้งและควบคุมผ่านแอปพลิเคชัน เพื่อให้มั่นใจว่าระบบมีความเหมาะสมกับบริบทของเกษตรกรผู้ใช้งาน ประเมินความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมายเพื่อนำข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะมาวิเคราะห์ สำหรับใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาระบบให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น



ภาพที่ 8 ระบบควบคุมเครื่องสูบน้ำอัจฉริยะ (ก) แสดงการหน้าต่างระบบการควบคุมผ่านแอปพลิเคชัน eWeLink (ข) แสดงการตอบสนองการทำงานของเครื่องสูบน้ำอัจฉริยะผ่านผ่านแอปพลิเคชัน

ผลการวิจัย

เมื่อการออกแบบและพัฒนาระบบเสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 คน โดยใช้วิธีการสุ่มแบบเจาะจงจากเกษตรในพื้นที่ ณ บ้านหนองปรือ หมู่ที่ 9 ต.หนองกรด อ.บรรพตพิสัย จ.นครสวรรค์ จากนั้นนำระบบต้นแบบไปใช้งานจริง ในเวลาที่มีแสงอาทิตย์ ณ พื้นที่แปลงนาข้าวของนายสงวน กุลวงศ์ ภายใต้เงื่อนไขการใช้งานที่สะดวก ระบบบริหารจัดการน้ำคงที่

ผลประเมินจากเกษตรผู้ใช้งานพบว่าทุกองค์ประกอบอยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด โดยเฉพาะระบบควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติ ความเสถียรภาพของการสื่อสารข้อมูลไร้สายผ่านโมดูล LoRa ระยะ 400 เมตร เหมาะกับการใช้งานที่มีสิ่งกีดขวางในระยะไม่เกิน 600 เมตร การควบคุมผ่านแอปพลิเคชัน ช่วยแก้ไขปัญหาการบริหารจัดการน้ำที่ไม่แน่นอน และการพึ่งพาการทำงานแบบแมนนวลไม่ว่าจะอยู่ในสถานการณ์ใด งานวิจัยจึงประสบความสำเร็จในการพัฒนาระบบที่ช่วยยกระดับคุณภาพการบริหารจัดการน้ำได้จริง และนำไปประยุกต์ใช้ในชุมชนได้อย่างคุ้มค่า

ตารางที่ 1 แสดงการทดสอบความแม่นยำในการควบคุมระดับน้ำ

ครั้งที่	โหมดการสูบน้ำ	ระดับน้ำที่วัดได้ (cm)	ความคลาดเคลื่อน (cm)	ความแม่นยำ (%)	หมายเหตุ
1	สูบน้ำออก	4.80	0.20	96	-
2	สูบน้ำเข้า	4.90	0.10	98	-
3	สูบน้ำออก	5.20	0.20	96	-
4	สูบน้ำเข้า	5.00	0.00	100	-
5	สูบน้ำออก	5.10	0.10	98	-
รวม		25.00	0.60	488	-
เฉลี่ย		5.00	0.12	97.60	-

ผลการทดสอบความแม่นยำในการควบคุมระดับน้ำ ดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่าระบบสามารถควบคุมระดับน้ำหลังสิ้นสุดการทำงานได้เฉลี่ย 5.00 เซนติเมตร ซึ่งตรงตามเป้าหมายที่กำหนดไว้มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเพียง 0.12 เซนติเมตร และค่าความแม่นยำเฉลี่ยร้อยละ 97.60 แสดงให้เห็นว่าโหมดการสูบน้ำเข้า-ออก ระบบเซ็นเซอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถทำงานสัมพันธ์กันเพื่อรักษาระดับน้ำได้อย่างแม่นยำ

ตารางที่ 2 แสดงการทดสอบความเสถียรของการสื่อสารข้อมูลไร้สายผ่านโมดูล LoRa

ครั้งที่	ระยะทางจากแปลงนา (เมตร)	สถานะของปั๊มน้ำ	จำนวนที่กด (ครั้ง)	จำนวนที่หลอดไฟ LED ตอบสนอง (ครั้ง)	อัตราการตอบสนอง (%)	ผ่านเกณฑ์ (≥ 80%)	หมายเหตุ
1	200	ทำงาน	5	5	100	ผ่าน	-
2	400	ทำงาน	5	4	80	ผ่าน	-
3	600	ทำงาน	5	5	100	ผ่าน	-
4	800	ทำงาน	5	2	40	ไม่ผ่าน	ปั๊มทำงานบางครั้ง
5	1000	ไม่ทำงาน	5	1	20	ไม่ผ่าน	สัญญาณขาดหาย

ผลการทดสอบเสถียรภาพของการสื่อสารข้อมูลไร้สายผ่านโมดูล LoRa ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่าระบบสามารถรับ-ส่งข้อมูลและควบคุมการทำงานของเครื่องสูบน้ำอัจฉริยะได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดในระยะทางถึง 600 เมตร โดยมีอัตราการตอบสนองผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่ ≥ 80% อย่างไรก็ตาม พบข้อสังเกตที่น่าสนใจคือ ที่ระยะ

400 เมตร อัตราการตอบสนองลดลงเหลือร้อยละ 80 ซึ่งจากการตรวจสอบหน้างานพบว่าเป็นผลกระทบจากสภาพแวดล้อมที่มีสิ่งกีดขวางชั่วคราวในขณะทำการทดสอบ แต่ระบบกลับมาทำงานได้เต็มประสิทธิภาพร้อยละ 100 ที่ระยะ 600 เมตร ซึ่งเป็นพื้นที่โล่งกว่า ผลการทดลองนี้ยืนยันว่าเทคโนโลยี LoRa มีความเหมาะสมกับการใช้งานในพื้นที่เกษตรกรรมที่มีระยะทางไกล แต่ประสิทธิภาพจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อระยะทางเกินกว่า 600 เมตรขึ้นไป ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการลดทอนของสัญญาณวิทยุตามระยะทางและสิ่งกีดขวาง

ตารางที่ 3 การทดสอบประสิทธิภาพด้านพลังงานและการทำงาน

ครั้งที่	โหมดการทำงาน	ระยะเวลา (ชั่วโมง)	แรงดันแบตเตอรี่เริ่มต้น (V)	แรงดันแบตเตอรี่สิ้นสุด (V)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้จริง (kWh)
1	สูบน้ำออก	2.92	50.10	48.20	3.52
2	สูบน้ำเข้า	3.08	48.50	46.50	3.20
3	สูบน้ำออก	2.83	50.50	48.60	3.12
4	สูบน้ำเข้า	3.00	48.80	46.80	3.08
5	สูบน้ำออก	3.17	50.20	48.10	3.45
รวม		15.00	-	-	16.37
ค่าเฉลี่ย		3.00	49.62	47.64	3.27

ผลการทดสอบประสิทธิภาพด้านพลังงานและการทำงาน ดังแสดงในตารางที่ 3 จากการทดสอบจำนวน 5 ครั้ง ในพื้นที่แปลงนาข้าวขนาด 3 ไร่ ที่ระดับความลึก 5 เซนติเมตร โดยแบ่งเป็นโหมดการสูบน้ำเข้าและสูบน้ำออกสลับกัน พบว่าเวลาที่ใช้ในการสูบน้ำจริงรวม 15.00 เฉลี่ยอยู่ที่ 3.00 ชั่วโมงต่อครั้ง และพลังงานไฟฟ้าที่ใช้จริงรวมอยู่ที่ 16.37 kWh เฉลี่ยอยู่ที่ 3.27 kWh เมื่อเปรียบเทียบกับค่าคำนวณตามทฤษฎี 4.80 kWh พบว่าระบบสามารถประหยัดพลังงานได้ดีกว่าค่าที่ออกแบบไว้อย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4 แสดงตารางสรุปความพึงพอใจของเกษตรกรผู้ใช้งานเครื่องสูบน้ำอัจฉริยะ

ลำดับ	รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1.ด้านประสิทธิภาพและการทำงาน				
1.1	ความแม่นยำในการควบคุมระดับน้ำเป็นไปตามที่กำหนด	4.30	0.46	มาก
1.2	ระบบมีความเสถียรและทนทานต่อสภาพแวดล้อมในนาข้าว	4.70	0.46	มากที่สุด
2.ด้านการใช้งาน				
2.1	ระบบ IoT ควบคุมและแจ้งเตือนการทำงานของระบบได้สะดวก	4.60	0.48	มากที่สุด
2.2	ระบบเครื่องสูบน้ำอัจฉริยะมีความปลอดภัยในการใช้งานและมีการป้องกันไฟฟ้าดูด หรือไฟฟ้าลัดวงจร	4.80	0.42	มากที่สุด
2.3	เครื่องสูบน้ำอัจฉริยะช่วยลดภาระ และเวลาในการจัดการน้ำเมื่อเทียบกับระบบเดิม	4.90	0.30	มากที่สุด
2.4	การติดตั้งและถอดอุปกรณ์ต้นแบบทำได้ง่ายและรวดเร็ว	4.50	0.50	มากที่สุด
3.ด้านพลังงาน				
3.1	การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ช่วยให้มั่นใจได้ว่าระบบทำงานต่อเนื่องและช่วยประหยัดค่าใช้จ่าย	4.70	0.46	มากที่สุด
4.ด้านความพึงพอใจ				
4.1	ความพึงพอใจต่อการใช้งานเครื่องสูบน้ำอัจฉริยะ	5.00	0.00	มากที่สุด
เฉลี่ย		4.71	0.37	มากที่สุด

ผลการประเมินความพึงพอใจเกษตรกรผู้ใช้งานเครื่องสูบน้ำอัจฉริยะ จำนวน 10 คน ดังแสดงในตารางที่ 4 พบว่าระดับความพึงพอใจมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.71 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.37 โดยรายการที่ได้รับคะแนนสูงสุดสามลำดับแรกดังนี้ คะแนนสูงสุดลำดับที่หนึ่ง คือด้านความพึงพอใจ รายการที่ 4.1 ความพึงพอใจต่อการใช้งานเครื่องสูบน้ำอัจฉริยะ มีค่าเฉลี่ย 5.00 คะแนนสูงสุดลำดับที่สอง คือด้านการใช้งาน รายการที่ 2.3 เครื่องสูบน้ำอัจฉริยะช่วยลดภาระ และเวลาในการจัดการน้ำเมื่อเทียบกับระบบเดิม มีค่าเฉลี่ย 4.90 และคะแนนสูงสุดลำดับที่สาม คือด้านการใช้งาน รายการที่ 2.2 ระบบเครื่องสูบน้ำอัจฉริยะมีความปลอดภัยในการใช้งานและมีการป้องกันไฟฟ้าดูด หรือไฟฟ้าลัดวงจร มีค่าเฉลี่ย 4.80 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเครื่องสูบน้ำอัจฉริยะที่พัฒนาขึ้นสามารถแก้ปัญหาการบริหารจัดการน้ำในนาข้าวของเกษตรกรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วิจารณ์ผล

การพัฒนาเครื่องสูบน้ำอัจฉริยะสำหรับควบคุมระดับน้ำในนาข้าวขนาดเล็กด้วยระบบ IoT เพื่อบริหารจัดการน้ำในพื้นที่แปลงนาข้าวขนาด 3 ไร่ ตามเทคนิคเปียกสลับแห้ง สามารถวิจารณ์ผลการดำเนินงานตามวัตถุประสงค์และสมรรถนะของระบบในประเด็นสำคัญ ดังนี้

ด้านความแม่นยำในการควบคุมระดับน้ำ ผลการทดสอบพบว่าระบบสามารถควบคุมระดับน้ำที่ความลึก 5 เซนติเมตร โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเพียง 0.12 เซนติเมตร ซึ่งถือเป็นระดับความแม่นยำที่สูงมากสำหรับการจัดการน้ำในการทำนาข้าวแบบเปียกสลับแห้ง และสอดคล้องกับแนวทางการทำเกษตรแม่นยำที่ต้องการลดการสูญเสียทรัพยากรน้ำให้เหลือน้อยที่สุด แสดงให้เห็นว่าเครื่องสูบน้ำอัจฉริยะในงานวิจัยนี้มีประสิทธิภาพในการรักษาระดับน้ำได้สม่ำเสมอและเหมาะสมต่อช่วงการเจริญเติบโตของต้นข้าว เมื่อเทียบกับระบบควบคุมทั่วไป

ด้านเสถียรภาพของการสื่อสารข้อมูลไร้สาย ผลการทดสอบเชิงประจักษ์พบว่าโมดูล LoRa สามารถรับ-ส่งข้อมูลและควบคุมการทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ อัตราการตอบสนองร้อยละ 100 ที่ระยะทางไกลสุด 600 เมตรในพื้นที่โล่ง ซึ่งสอดคล้องกับหลักการสื่อสารไร้สายสำหรับอุปกรณ์ขนาดเล็กของ (Semtech Corporation 2023) ซึ่งอัตราการตอบสนองลดลงเหลือร้อยละ 80 เนื่องจากการบดบังของสิ่งกีดขวางในสภาพแวดล้อมจริง และประสิทธิภาพลดลงอย่างชัดเจน ซึ่งเป็นข้อจำกัดทางกายภาพของคลื่นวิทยุเมื่อใช้งานในระดับพื้นดินที่มีสิ่งกีดขวาง

ด้านประสิทธิภาพพลังงานและการทำงาน จากการทดสอบ พบว่าการสูบน้ำปริมาณ 240,000 ลิตร ใช้เวลาเฉลี่ย 3.00 ชั่วโมง และใช้พลังงานไฟฟ้าจริงเฉลี่ย 3.27 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อรอบการทำงาน ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถประหยัดพลังงานได้ดีกว่าค่าที่ออกแบบไว้ แสดงให้เห็นถึงความเหมาะสมของการออกแบบระบบโซลาร์เซลล์ร่วมกับปั๊มน้ำ DC 1,600 วัตต์ ที่สามารถบริหารจัดการพลังงานได้อย่างคุ้มค่า สอดคล้องกับแนวคิดของ (ธนพล 2565) ที่ระบุว่าระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ช่วยลดต้นทุนพลังงานในภาคเกษตรกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ ผลการประเมินความพึงพอใจของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่าง สะท้อนให้เห็นว่าระบบสามารถแก้ปัญหาของเกษตรกรได้ตรงจุด โดยเฉพาะการลดภาระเวลาและการควบคุมสั่งการผ่านแอปพลิเคชันที่ช่วยลดความเสี่ยงจากการสัมผัสอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยตรงและความสะดวกในการบริหารจัดการน้ำจากระยะไกล

สรุปผล

การพัฒนาเครื่องสูบน้ำอัจฉริยะสำหรับควบคุมระดับน้ำในนาข้าวขนาดเล็กด้วยระบบ IoT ที่พัฒนาขึ้น ระบบสามารถควบคุมระดับน้ำตามค่าที่กำหนดที่ 5 เซนติเมตร ได้อย่างแม่นยำโดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเพียง 0.12 เซนติเมตร ด้วยระบบควบคุมแบบป้อนกลับ ใช้โมดูล LoRa ในการรับ-ส่งข้อมูลและสั่งการทำงานได้

เต็มประสิทธิภาพ ที่ระยะทางสูงสุด 600 เมตร ในสภาพพื้นที่โล่ง การสูบน้ำปริมาณ 240,000 ลิตร ใช้เวลาเฉลี่ย 3.00 ชั่วโมงต่อรอบ และใช้พลังงานไฟฟ้าจริงเฉลี่ย 3.27 กิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) ซึ่งประหยัดอย่างมีนัยสำคัญ ทำให้เกษตรกรมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด โดยเฉพาะในด้านการลดภาระเวลา ความสะดวกในการสั่งการผ่านแอปพลิเคชัน และระบบความปลอดภัยทางไฟฟ้า เป็นแนวทางที่เหมาะสมและคุ้มค่าสำหรับการยกระดับเกษตรกรรมไทยสู่ยุคเกษตรอัจฉริยะ (Smart Farming) อย่างยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยความเรียบร้อยสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ นายกนกพล รอดบุญ ที่กรุณาให้คำปรึกษาด้านการเขียนโปรแกรมควบคุมระบบ ขอขอบพระคุณคณาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และวิทยาลัยการอาชีพบรรพตพิสัย ที่ให้การสนับสนุน วัสดุอุปกรณ์ และเครื่องมือในการทำวิจัยจนสำเร็จลุล่วง

ขอขอบพระคุณ นายอเนก ช่างสลัก ผู้ใหญ่บ้านหนองปรือ หมู่ที่ 9 ตำบลหนองกรด อำเภอบรรพตพิสัย จังหวัดนครสวรรค์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการประสานงานและอำนวยความสะดวกในการเข้าพื้นที่ทดลอง และขอขอบพระคุณ นายสงวน กุลวงศ์ เกษตรกรเจ้าของพื้นที่แปลงนาข้าว ที่อนุญาตให้ติดตั้งระบบและทดสอบการใช้งานจริง รวมถึงเกษตรกรทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามและให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการวิจัย

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเพื่อเป็นวิทยาทานแก่เกษตรกรและผู้ที่สนใจ และขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา รวมถึงครอบครัว ที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจสำคัญเสมอมา

เอกสารอ้างอิง

กรมการข้าว. 2562. องค์ความรู้เรื่องข้าว: การจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง (AWD). กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมชลประทาน. 2562. คู่มือการทำนาแบบเปียกสลับแห้งแกล้งข้าว ภายใต้โครงการสานพลังประชารัฐ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

จิราภรณ์ สุวรรณมาโจ. 2561. การศึกษาผลกระทบของการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งที่มีต่อการประหยัดน้ำและผลผลิตข้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

ธนพล ศิริพันธ์. 2565. การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนการใช้พลังงานแสงอาทิตย์สำหรับปั๊มน้ำในภาคเกษตรกรรม, วารสารวิชาการเทคโนโลยีพลังงาน 22(4): 110-125.

นเรศ ชูวิชัย และธนาวุฒิ สัมมา. 2565. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี IoT ในการควบคุมและติดตามการทำงานของปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับพื้นที่เกษตร, วารสารวิชาการเทคโนโลยีวิศวกรรม 9(1): 120-135.

นิตยา รื่นสุข และกฤษณ์กมล เปาทอง. 2558. ประสิทธิภาพการบริหารจัดการน้ำในนาข้าวตามแนวคิดเศรษฐกิจพอเพียง, วารสารวิชาการการเกษตร 15(2): 45-58.

สุธิพงษ์ วัฒนโยธิน, ณัฐพงษ์ มีพร้อม และชัยวัฒน์ แก้วจันทรา. 2564. การพัฒนาระบบควบคุมปั๊มน้ำอัตโนมัติด้วยเซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ, วารสารเทคโนโลยีการเกษตร 18(3): 50-65.

อนุชา บุญประเสริฐ และสมเกียรติ พรประเสริฐ. 2564. การออกแบบและทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับระบบเกษตร, วารสารวิชาการเทคโนโลยีพลังงาน 20(1): 75-88.

Miles, B. et al. 2023. "A Survey on LoRa for Smart Agriculture: Current Trends and Future Perspectives." IEEE Access.

Semtech Corporation. 2023. LoRa Applications for Smart Agriculture. Semtech White Paper. Available: https://www.semtech.com/uploads/technology/LoRa/WP-SEMTECH-LORA-SMART-AGRICULTURE.pdf. Accessed Nov.8, 2025.

ระบบประจุไฟฟ้าแบตเตอรีไฟฟ้าด้วยมอเตอร์กระแสสลับแบบไร้แปลงถ่าน

Electric Battery Charging System Utilizing a Brushless AC Motor as a Prime Mover

สุชล ทองสักโก[1*] รศ.ดร. ขรรค์ชัย ตุลละสกุล[2]

Suchon Tongsakko[1*] Khanchai Tunlasakun[2]

[1] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี110/1 ถนนกรุงธนบุรี แขวงบางลำภูล่าง เขตคลองสาน กรุงเทพฯ 10600

[1] King Mongkut's University of Technology Thonburi110/1 Krung Thon Buri Road, Bang Lamphu Lang Subdistrict,Khlong San District, Bangkok 10600

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาระบบจัดการพลังงานสำหรับรถอีแต๋นฟู้ดทรัคพลังงานไฟฟ้าที่ดัดแปลงจากโครงสร้างรถเดิม โดยประยุกต์ใช้ระบบพลังงานไฟฟ้าและระบบไฮบริดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งาน รถฟู้ดทรัคที่พัฒนาขึ้นเป็นรถแบบปลั๊กอินไฮบริด ประกอบด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า แบตเตอรี่ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า และระบบจัดการพลังงาน ทำหน้าที่ควบคุมการชาร์จและการกระจายพลังงานของระบบการทดสอบดำเนินการทั้งในห้องปฏิบัติการและภาคสนาม โดยทดสอบการชาร์จแบบต่อเนื่องและการใช้งานจริง ผลการทดสอบพบว่าระบบสามารถควบคุมแรงดันและกระแสไฟฟ้าได้อย่างมีเสถียรภาพ แรงดันเครื่องกำเนิดประมาณ 67 โวลต์ และแรงดันแบตเตอรี่ 60 โวลต์ ระบบทำงานได้อย่างปลอดภัยและเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานจริง

คำสำคัญ : รถฟู้ดทรัคไฟฟ้า, ระบบบริหารจัดการพลังงาน, โซลาร์เซลล์,ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

Abstract

This research aimed to develop an energy management system for an electric E-Tan food truck modified from an existing vehicle. Electric and hybrid power systems were applied to improve energy efficiency and practical usability. The developed food truck is a plug-in hybrid vehicle consisting of an electric motor, battery, generator, and an energy management system that controls charging and power distribution. System performance was evaluated through continuous charging tests and field testing on an actual food truck. The results showed that the system could control voltage and current stably, with a generator voltage of approximately 67 V and a battery voltage of 60 V. The system operated safely without abnormal conditions. The results indicate that the developed system is suitable for real-world use and can be applied as a guideline for developing modified electric vehicles for small-scale commercial applications.

Keywords : Electric food truck, Energy management system, Solar cells, Energy efficiency

บทนำ

การดำเนินธุรกิจฟู้ดทรัค กำลังได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นในยุคปัจจุบัน เนื่องจากสามารถเคลื่อนที่เข้าถึงกลุ่มลูกค้าได้หลากหลายและใช้ต้นทุนเริ่มต้นที่ต่ำ อย่างไรก็ตาม ฟู้ดทรัคจำเป็นต้องมีแหล่งพลังงานไฟฟ้าที่เสถียรและเพียงพอ ไม่เพียงแต่สำหรับอุปกรณ์ภายในรถ เช่น ตู้เย็น เตาไฟฟ้า หรือระบบแสงสว่าง แต่ยังรวมถึงระบบขับเคลื่อนของตัวรถเองในบางกรณีที่ใช้ระบบไฟฟ้า ซึ่งหากไม่สามารถจ่ายไฟได้อย่างต่อเนื่อง จะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการประกอบธุรกิจโดยตรง

จากข้อจำกัดด้านพลังงานไฟฟ้า จึงเกิดแนวทางในการประยุกต์ใช้ เครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะ เป็นต้นกำลังหมุนให้กับ มอเตอร์กระแสสลับแบบไร้แปรงถ่าน ซึ่งต่อเข้ากับระบบชาร์จแบตเตอรี่สำหรับใช้ในการขับเคลื่อนตัวรถภายในฟู้ดทรัค โดยข้อดีของระบบนี้คือ เครื่องยนต์ 4 จังหวะมีความทนทาน ใช้งานง่าย และมอเตอร์ไร้แปรงถ่านให้ประสิทธิภาพสูงในการผลิตพลังงาน อีกทั้งลดการสูญเสียและค่าบำรุงรักษาในระยะยาว อย่างไรก็ตาม ระบบดังกล่าวยังมีข้อท้าทายในการออกแบบวงจรควบคุมแรงดันและกระแสไฟฟ้าให้เหมาะสมกับการชาร์จแบตเตอรี่ โดยเฉพาะเมื่อใช้งานกับแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมไอออนที่มีความไวต่อค่าพารามิเตอร์ไฟฟ้า การวิจัยนี้จึงมีเป้าหมายเพื่อออกแบบและพัฒนาระบบประจุไฟฟ้าที่มีเสถียรภาพ โดยใช้เครื่องยนต์ 4 จังหวะร่วมกับมอเตอร์ไร้แปรงถ่าน เพื่อให้ได้ระบบพลังงานสำรองที่ใช้งานได้จริง มีประสิทธิภาพ และตอบโจทย์ธุรกิจฟู้ดทรัคในภาคสนามอย่างยั่งยืน

วิธีการดำเนินการวิจัย

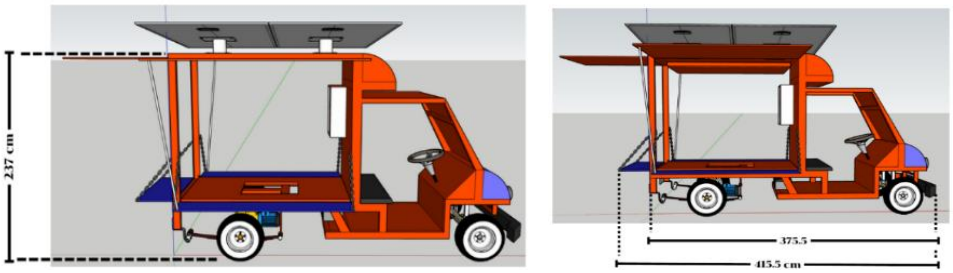
การวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนารถอีแต๋นฟู้ดทรัคพลังงานไฟฟ้าจากโครงสร้างของรถอีแต๋นเดิมที่มีอยู่แล้ว โดยนำมาปรับปรุงและดัดแปลงระบบขับเคลื่อนและระบบพลังงานให้เหมาะสมกับการใช้งานเชิงพาณิชย์ในรูปแบบฟู้ดทรัค

กระบวนการวิจัยเริ่มจากการศึกษาสภาพและข้อจำกัดของรถอีแต๋นเดิม ทั้งในด้านโครงสร้าง ระบบส่งกำลัง และระบบพลังงาน เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้เป็นพื้นฐานในการออกแบบการดัดแปลงระบบขับเคลื่อนให้ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลังหลัก ควบคู่กับการใช้เครื่องยนต์เดิมในบทบาทของแหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อประจุเข้าสู่แบตเตอรี่ในลักษณะปลั๊กอินไฮบริด

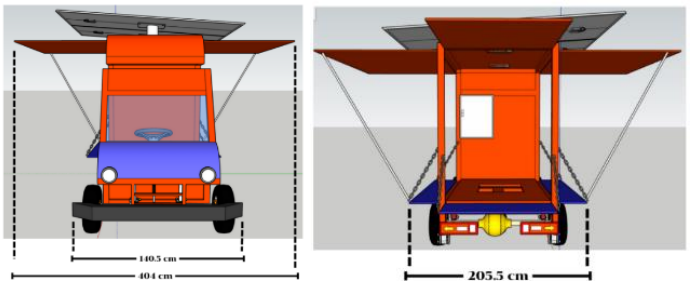
จากนั้นดำเนินการออกแบบและติดตั้งระบบจัดการพลังงาน (Energy Management System: EMS) เพื่อควบคุมการรับ–จ่ายพลังงานจากแหล่งพลังงานต่าง ๆ ได้แก่ แบตเตอรี่ การชาร์จไฟจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าภายนอก และพลังงานไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนตัวรถ โดยระบบดังกล่าวทำหน้าที่ตรวจวัด วิเคราะห์ และบริหารการใช้พลังงานให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งานจริงของฟู้ดทรัค

ในขั้นตอนสุดท้าย มีการทดสอบการทำงานของรถอีแต๋นฟู้ดทรัคพลังงานไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้น โดยประเมินประสิทธิภาพของระบบขับเคลื่อน ระบบจัดการพลังงาน และความเหมาะสมในการใช้งานจริง เพื่อใช้เป็นข้อมูล

ในการปรับปรุงต้นแบบและเสนอแนวทางการพัฒนายานยนต์ฟื้นทรัพลังงานไฟฟ้าจากรถเดิมให้มีประสิทธิภาพและความยั่งยืนมากยิ่งขึ้น



รูปภาพที่ 1.1 แสดงด้านข้างของตัวรถอีแต๋นฟื้นทรัล



รูปภาพที่ 1.2 แสดงด้านหลังของตัวรถอีแต๋นฟื้นทรัล

1. การศึกษาข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎี หลักการ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นฐานความรู้ในการออกแบบระบบ ได้แก่

1.1 หลักการทำงานของเครื่องยนต์สันดาปภายในแบบ 4 จังหวะ 5.5 แรงม้า

1.2 คุณลักษณะและการประยุกต์ใช้มอเตอร์กระแสสลับชนิดไร้แปรงถ่าน (Brushless AC/BLDC Motor) ในการผลิตพลังงานไฟฟ้า

1.3 หลักการแปลงพลังงานไฟฟ้าแบบ AC–DC ให้แรงดันไฟฟ้าคงที่

1.4 กระบวนการสื่อสารข้อมูลและการแจ้งเตือนผ่านอินเทอร์เน็ตด้วยบริการ

เครื่องยนต์สันดาปภายในแบบ 4 จังหวะ ขนาด 5.5 แรงม้า ทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานกล โดยอาศัยการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงภายในกระบอกสูบตามลำดับจังหวะดูด อัด ระเบิด และคาย พลังงานจากการเผาไหม้ถูกแปลงเป็นการหมุนของเพลาข้อเหวี่ยง และถ่ายทอดกำลังผ่านเพลาไปยังเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เมื่อเพลาของเครื่องกำเนิดถูกขับให้หมุน จะเกิดการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าภายในขดลวด ทำให้ผลิตพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับออกมา โดยค่ากำลังและแรงดันไฟฟ้าที่ได้ขึ้นอยู่กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์และคุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ระบบดังกล่าวเป็นการแปลงพลังงานจากพลังงานเคมีเป็นพลังงานกล และต่อเนื่องเป็นพลังงานไฟฟ้า เพื่อนำไปใช้งานหรือชาร์จแบตเตอรี่ต่อไป



รูปภาพที่ 1.3 แสดงการออกการวางเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชาร์จแบตเตอรี่ของตัวรถอีแต๋นฟู๊ดทรัล



รูปภาพที่ 1.4 แสดงการวัดทำเฟืองของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า





รูปภาพที่ 1.5 แสดงการทดสอบแรงดันไฟฟ้าและติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้ากับรถอีแต๋นฟู๊ดทรัล



รูปภาพที่ 1.6 แสดงเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทางด้านหน้า

2. การออกแบบระบบผลิตพลังงานไฟฟ้า จากข้อมูลที่ศึกษามา ได้นำมาสร้างแบบทางวิศวกรรมสำหรับระบบผลิตพลังงาน ดังนี้

2.1 ออกแบบวงจรแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรง

2.2 ออกแบบวงจรแปลงแรงดันกระแสตรง สำหรับปรับระดับแรงดันให้เหมาะสมกับชุดแบตเตอรี่

2.3 กำหนดอุปกรณ์ป้องกันและความปลอดภัย เช่น ฟิวส์ เบรกเกอร์ วงจรป้องกันแรงดันผิดปกติ และการตัดการทำงานเมื่ออุณหภูมิเกินกำหนด

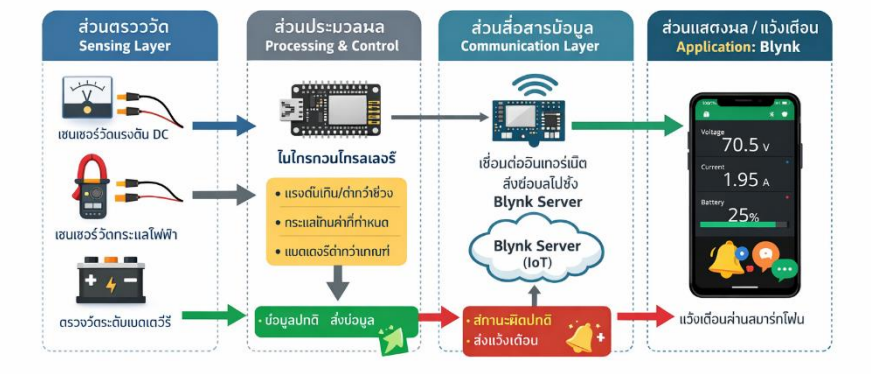


รูปภาพที่ 1.7 แสดงการออกแบบวงจรชาร์จของตัวรถอีแต๋นฟู้ดทรัล

การออกแบบระบบการแจ้งเตือนแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และระดับแบตเตอรี่ผ่าน Blynk

3. การแจ้งเตือนผ่านการออกแบบระบบแจ้งเตือนผ่านแพลตฟอร์ม Blynk

ผู้ใช้งานสามารถติดตามสถานะการทำงานของระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและการชาร์จแบตเตอรี่แบบเรียลไทม์ และรับการแจ้งเตือนเมื่อเกิดสภาวะผิดปกติ โดยโครงสร้างระบบประกอบด้วย 4 ส่วนหลัก ได้แก่ ส่วนตรวจวัด ส่วนประมวลผล ส่วนสื่อสารข้อมูล และส่วนแสดงผล/แจ้งเตือน



รูปภาพที่ 1.8 แสดงการออกแบบการแจ้งเตือนผ่าน Blynk

4. การทดสอบและประเมินประสิทธิภาพของระบบ เพื่อประเมินความเสถียรและประสิทธิภาพของระบบ ได้ดำเนินการทดสอบในสามระดับ ได้แก่

4.1 หน่วยการทดลอง

หน่วยทดลองประกอบด้วยต้นแบบระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะ ขนาด 5.5 แรงม้า ต่อเข้ากับมอเตอร์บัสเลสแบบไร้แปรงถ่าน ร่วมกับชุดแปลงไฟฟ้าจากกระแสสลับเป็นกระแสตรง และชุดชาร์จแบตเตอรี่ ซึ่งเป็นระบบต้นแบบสำหรับการทดสอบสมรรถนะ

4.2 อุปกรณ์และเครื่องมือวิจัย

อุปกรณ์หลักประกอบด้วย เครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะ ขนาด 5.5 แรงม้า มอเตอร์บัสเลสแบบไร้แปรงถ่าน หม้อแปลงไฟฟ้า ชุดไดโอดเรียงกระแส คาปาซิเตอร์กรองแรงดัน แบตเตอรี่ และเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า เช่น โวลต์มิเตอร์ แอมป์มิเตอร์



รูปภาพที่ 2 โวลต์มิเตอร์



รูปภาพที่ 3 แอมป์มิเตอร์

4.3 การทดสอบการทำงาน เดินระบบชาร์จแบบต่อเนื่อง 2–4 ชั่วโมง ตรวจสอบอุณหภูมิ ความเสถียร และพฤติกรรมของชุดควบคุม

4.4 การทดสอบภาคสนามในรถฟู้ดทรัคจริง ทดสอบการชาร์จแบตเตอรี่ในสถานการณ์ใช้งานจริง ประเมินความถูกต้องและความรวดเร็วของระบบแจ้งเตือน ตรวจสอบการทำงานของหน้าจอแสดงผลแบบเรียลไทม์



รูปภาพที่ 1.5 แสดงการออกงานของนิทรรศการโรงเรียนเขาทองพิทยาคม

4.5 สถานที่และช่วงเวลาดำเนินการวิจัย

การวิจัยดำเนินการ ณ สถานที่ที่ได้รับการสนับสนุนจากห้างหุ้นส่วนจำกัด เอส.ซี.บี.รุ่งเรือง โดยและสถานตรวจสภาพรถ โกรกพระ ดำเนินการทดสอบและเก็บรวบรวมข้อมูลในช่วงระยะเวลาที่กำหนดตามแผนการดำเนินงานของโครงงาน



รูปภาพที่ 1.5 แสดงการการทำงานและวัดกระแสขณะการทำงานของการขับเคลื่อน

ผลการวิจัย

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการทำงานของระบบภายใต้การเดินระบบชาร์จแบบต่อเนื่อง 4 ชั่วโมง (แบตเตอรี่ 60 โวลต์)

เวลาในการทดสอบ (นาที)	แรงดันเครื่องกำเนิด (V)	กระแสเครื่องกำเนิด (A)	แรงดันแบตเตอรี่ (V)	กระแสชาร์จแบตเตอรี่ (A)	อุณหภูมิชุดควบคุม (°C)	สถานะระบบ
0	67.1	2.00	60.2	2.00	31.5	ปกติ
30	67.0	1.98	60.1	1.98	33.2	ปกติ
60	66.9	1.97	60.0	1.97	35.1	ปกติ
90	66.8	1.96	59.9	1.96	36.8	ปกติ
120	66.8	1.95	59.9	1.95	38.4	ปกติ
150	66.7	1.95	59.8	1.95	39.7	ปกติ
180	66.7	1.94	59.8	1.94	40.9	ปกติ
210	66.6	1.94	59.7	1.94	41.6	ปกติ
240	66.6	1.93	59.7	1.93	42.2	ปกติ

จากตารางระบบจัดการพลังงานสามารถควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่แรงดัน 60 โวลต์ได้อย่างมีเสถียรภาพตลอดระยะเวลาทดสอบ 4 ชั่วโมง แรงดันจากเครื่องกำเนิดอยู่ในช่วง 66.6–67.1 โวลต์ และรักษากระแสชาร์จใกล้เคียง 2 แอมแปร์อย่างต่อเนื่อง อุณหภูมิของชุดควบคุมเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาแต่ไม่เกิน 42.2 องศาเซลเซียส ซึ่งอยู่ในช่วงปลอดภัย ไม่พบความผิดปกติของระบบระหว่างการทดสอบ ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าระบบมีความเหมาะสมต่อการใช้งานจริงกับรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้าที่ดัดแปลงจากโครงสร้างเดิม

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบค่าหน้าจอแสดงผลกับค่าที่วัดจริงระหว่างการทดสอบภาคสนาม

พารามิเตอร์	ค่าที่แสดงบนหน้าจอ	ค่าที่วัดจริง	ค่าความคลาดเคลื่อน	ผลการประเมิน
แรงดันเครื่องกำเนิด (V)	66.8	67.0	±0.2 V	ผ่าน
กระแสเครื่องกำเนิด (A)	1.96	2.00	±0.04 A	ผ่าน
แรงดันแบตเตอรี่ (V)	59.8	60.0	±0.2 V	ผ่าน

กระแสชาร์จแบตเตอรี่ (A)	1.95	2.00	±0.05 A	ผ่าน
สถานะแบตเตอรี่ (%)	65%	66%	±1%	ผ่าน

จากการทดสอบภาคสนามในรถฟู้ดทรัคจริง พบว่าระบบจัดการพลังงานสามารถควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่ภายใต้สภาพการใช้งานจริงได้อย่างมีเสถียรภาพ โดยแรงดันและกระแสไฟฟ้าอยู่ในช่วงที่ออกแบบไว้ที่แรงดันเครื่องกำเนิดประมาณ 67 โวลต์ ระบบแจ้งเตือนสามารถตอบสนองต่อสถานการณ์ผิดปกติได้ภายในระยะเวลาน้อยกว่า 3 วินาที และหน้าจอแสดงผลสามารถรายงานค่าทางไฟฟ้าได้ใกล้เคียงกับค่าที่วัดจริง แสดงให้เห็นว่าระบบมีความถูกต้องและเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานจริงกับรถอีแต๋นฟู้ดทรัคพลังงานไฟฟ้าที่พัฒนาจากโครงสร้างเดิม

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าระบบจัดการพลังงานที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้อย่างมีเสถียรภาพภายใต้สภาพการใช้งานจริงของรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้า โดยระบบสามารถควบคุมแรงดันและกระแสไฟฟ้าให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการชาร์จแบตเตอรี่แรงดัน 60 โวลต์ แม้จะเป็นการดัดแปลงจากโครงสร้างรถเดิมซึ่งไม่ได้ออกแบบมาเพื่อรองรับระบบไฟฟ้าโดยตรง อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดของงานวิจัยนี้คือการทดสอบยังอยู่ในช่วงระยะเวลาจและยังไม่ได้ประเมินประสิทธิภาพของระบบในระยะยาวหรือภายใต้ภาระโหลดสูงต่อเนื่องเป็นเวลานาน จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการวิจัย

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าระบบจัดการพลังงานที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้อย่างมีเสถียรภาพภายใต้สภาพการใช้งานจริงของรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้า โดยระบบสามารถควบคุมแรงดันและกระแสไฟฟ้าให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการชาร์จแบตเตอรี่แรงดัน 60 โวลต์ แม้จะเป็นการดัดแปลงจากโครงสร้างรถเดิมซึ่งไม่ได้ออกแบบมาเพื่อรองรับระบบไฟฟ้าโดยตรง อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดของงานวิจัยนี้คือการทดสอบยังอยู่ในช่วงระยะเวลาจและยังไม่ได้ประเมินประสิทธิภาพของระบบในระยะยาวหรือภายใต้ภาระโหลดสูงต่อเนื่องเป็นเวลานาน จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการวิจัย

สรุปผล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและทดสอบระบบจัดการพลังงานสำหรับรถอีแต๋นฟู้ดทรัคไฟฟ้าที่ดัดแปลงจากตัวรถเดิม ผลการทดสอบพบว่าระบบสามารถควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่ได้อย่างมีเสถียรภาพ แรงดันและกระแสไฟฟ้าอยู่ในช่วงที่ออกแบบไว้ ระบบแจ้งเตือนและหน้าจอแสดงผลมีความถูกต้องและตอบสนองได้รวดเร็ว แสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานจริง และสามารถเป็นแนวทางในการพัฒนายานยนต์ไฟฟ้าดัดแปลงเพื่อการประกอบอาชีพในระดับชุมชนได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยความเรียบร้อยสมบูรณ์ทางผู้วิจัยขอขอบพระคุณห้างหุ้นส่วนจำกัด ลิ่มเชียงเส็ง ,ห้างหุ้นส่วนจำกัด เอสซีบี รุ่งเรือง คณาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และวิทยาลัยเทคนิคนครสวรรค์ ที่สนับสนุนงบประมาณ วัสดุอุปกรณ์ และเครื่องมือในการทำงานวิจัยให้เสร็จลุล่วง

เอกสารอ้างอิง

Chan, C. C. (2007). The state of the art of electric vehicles. *Proceedings of the IEEE, 95*(4), 704–718. https://doi.org/10.1109/JPROC.2007.892489

Ehsani, M., Gao, Y., Longo, S., & Ebrahimi, K. (2018). *Modern electric, hybrid electric, and fuel cell vehicles* (3rd ed.). CRC Press.

Larminie, J., & Lowry, J. (2012). *Electric vehicle technology explained* (2nd ed.). Wiley.

Piller, S., Perrin, M., & Jossen, A. (2001). Methods for state-of-charge determination and their applications. *Journal of Power Sources, 96*(1), 113–120.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2564). *ยานยนต์ไฟฟ้าและการจัดการพลังงาน*. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงพลังงาน.

ชาญชัย สุขสมบูรณ์. (2563). *ระบบจัดการพลังงานในยานยนต์ไฟฟ้า*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการควบคุมงานก่อสร้างอาคาร กรณีศึกษาเทศบาลเมืองศาลากลาง

Factors Affecting Efficiency of Building Construction Control A Case Study of Salaklang Municipality

ว่าที่ร้อยตรีหญิงเมธานันท์ ทองดอนโต[1*] และ เฉลิมเกียรติ วงศ์วนิชทวี[2]

Acting Sub Lt.Metanun Thongdonto[1*] and Chalermkiat Wongvanichtawee[2]

[1] นักศึกษาปริญญาโท, บัณฑิตวิทยาลัย หลักสูตรการจัดการงานวิศวกรรม มหาวิทยาลัยสยาม

[1] Master's of Engineering, Graduate School Engineering Management Siam University

[2] บัณฑิตวิทยาลัย หลักสูตรการจัดการงานวิศวกรรม มหาวิทยาลัยสยาม

[2] Graduate School Engineering Management Siam University

*Corresponding author E-mail: ann.irre63@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการควบคุมงานก่อสร้างอาคาร กรณีศึกษาเทศบาลเมืองศาลากลาง กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยผู้ควบคุมงานก่อสร้างจากกลุ่มวิศวกร นายช่างโยธา และช่างบริษัทรับเหมาก่อสร้าง จำนวน 50 คน โดยวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ผลการศึกษพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการควบคุมงานก่อสร้างในบริบทของหน่วยงานราชการท้องถิ่น โดยเฉพาะปัจจัยด้านบุคคล เช่น ความรู้ทางเทคนิควิชาชีพและอัตรากำลังผู้ควบคุมงานมีผลกระทบระดับปานกลาง ขณะที่ปัจจัยด้านเอกสารและสัญญา การบริหารจัดการวัสดุ และลักษณะกายภาพโครงการมีผลกระทบในระดับน้อยถึงปานกลาง นอกจากนี้ความรู้ความสามารถ และความเอาใจใส่ในการปฏิบัติงานของผู้ควบคุมงานมีบทบาทสำคัญต่อการควบคุมงานให้เป็นไปตามข้อกำหนดงานก่อสร้าง ข้อเสนอแนะเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพควบคุมงานก่อสร้างในอนาคต คือ การพัฒนาคุณภาพและความรู้ผู้ควบคุมงาน การเพิ่มและบริหารอัตรากำลังอย่างเหมาะสม ปรับปรุงกระบวนการบริหารจัดการและประสานงานด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศ รวมถึงการบริหารปัจจัยสภาพแวดล้อม เวลา และการวางแผนแรงงานกับค่าตอบแทนอย่างเหมาะสม เพื่อยกระดับคุณภาพและประสิทธิผลงานก่อสร้างในภาครัฐท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ : ประสิทธิภาพการควบคุมงานก่อสร้าง การบริหารจัดการ หน่วยงานราชการท้องถิ่น

Abstract

This research examined the factors influencing the efficiency of building construction supervision within the context of Salaklang Municipality. The study involved 50 construction supervisors, including engineers, civil technicians, and personnel from contracting companies. Based on quantitative and statistical analysis, the findings reveal that personal factors, such as technical knowledge and adequate staffing, had a moderate impact on efficiency. In contrast, other factors like contracts, material management, and the physical attributes of the project had only a low to moderate influence. The results show that a supervisor's skills and dedication are crucial for maintaining construction standards. Therefore, to improve future efficiency, it is recommended to focus on enhancing supervisors' expertise, optimizing workforce allocation, and improving management and coordination processes through information technology. Additionally, effective planning of personnel and compensation is essential for managing time and environmental factors efficiently. These measures are designed to sustainably improve the quality and effectiveness of construction supervision within local government agencies

Keywords : Construction Supervision Efficiency, Management, Local Government Agency

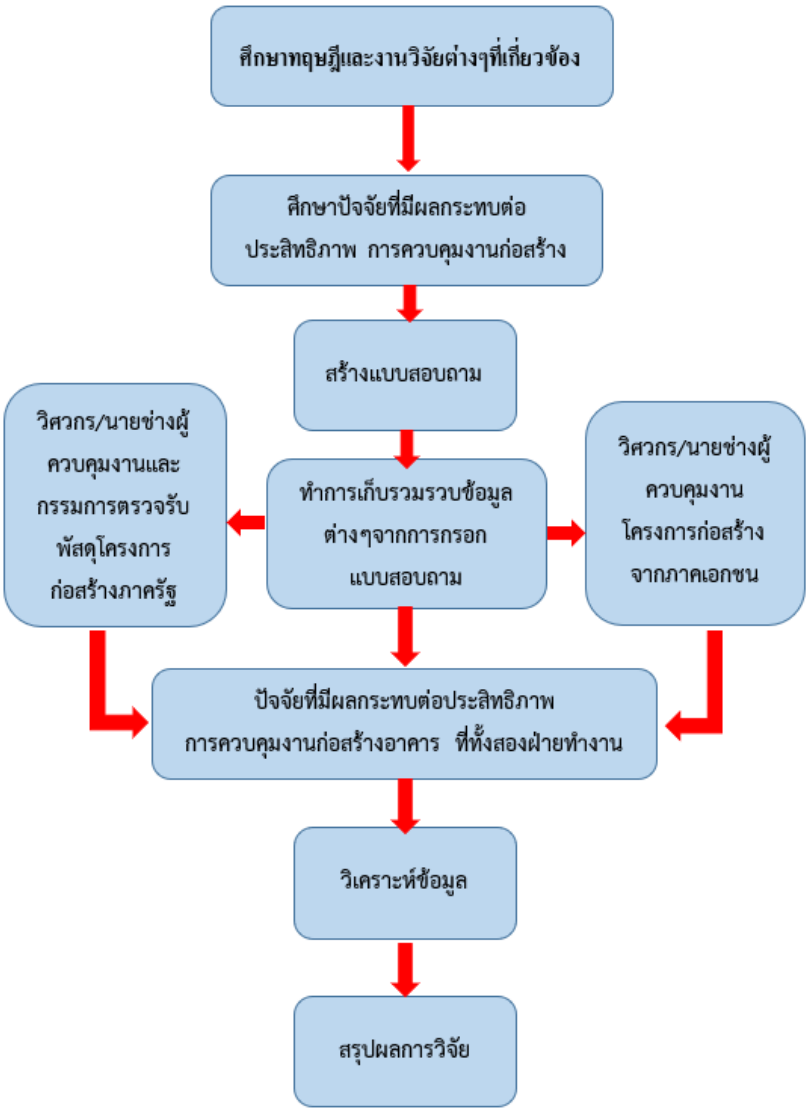
บทนำ

โครงการก่อสร้างอาคารขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นมักพบอุปสรรคในการก่อสร้างเกิดขึ้นเสมอ เนื่องจากสาเหตุปัจจัยต่าง ๆ ที่ได้รับผลกระทบโดยทางตรง และทางอ้อม ทั้งจากบุคคล สภาพแวดล้อม และธรรมชาติ (อัครเดช ทองผุด, 2560) ผู้ควบคุมงานก่อสร้างทำหน้าที่เป็นกลไกหลักในการประสานงาน กำกับดูแล และตรวจสอบคุณภาพการปฏิบัติงานของผู้รับจ้าง ทั้งในด้านบุคลากร วัสดุอุปกรณ์ วิธีการก่อสร้าง ตลอดจนการปฏิบัติตามข้อกำหนดด้านความปลอดภัย และระเบียบราชการ (ชัชชล เกียรติสิริสกุล, 2560). สำหรับเทศบาลเมืองศาลากลาง ในฐานะองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่มีบทบาทสำคัญในการจัดการโครงการก่อสร้างสาธารณะจำเป็นต้องมีระบบการควบคุมงานที่มีประสิทธิภาพ และบุคลากรผู้ควบคุมงานที่มีความสามารถ เพื่อให้โครงการก่อสร้างสาธารณะบรรลุวัตถุประสงค์ สร้างความเชื่อมั่นแก่ประชาชน และเกิดประโยชน์สูงสุดต่อชุมชน แต่ปัจจุบันยังมีข้อจำกัด และความท้าทายที่ส่งผลต่อการปฏิบัติงานของผู้ควบคุมงาน เช่น ภาระงานที่หลากหลาย ข้อจำกัดด้านทรัพยากรบุคคล และการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมด้านการก่อสร้าง จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาวิเคราะห์ระดับความคิดเห็นของผู้ควบคุมงานก่อสร้างต่อหน้าที่ต่าง ๆ ที่ตนต้องรับผิดชอบ

รวมถึงปัจจัยด้านบุคคล และการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อสะท้อนภาพรวมของการปฏิบัติงานจริง และเป็นข้อมูลเชิงวิชาการในการพัฒนาระบบการควบคุมงานก่อสร้างของเทศบาลเมืองศาลากลางให้มีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับความต้องการของพื้นที่

วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการควบคุมงานก่อสร้างอาคารกรณีศึกษาเทศบาลเมืองศาลากลาง ซึ่งมีขั้นตอนการทำวิจัย ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนผังขั้นตอนการทำวิจัย

จากรูปที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดการวิจัยเชิงระบบที่เริ่มจากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นำไปสู่การระบุปัจจัยที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการควบคุมงานก่อสร้าง จากนั้นพัฒนาแบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลจากสามกลุ่มผู้ให้ข้อมูลหลัก ได้แก่ วิศวกร/นายช่างผู้ควบคุมงานและกรรมการตรวจรับพัสดุจากภาครัฐ

และวิศวกร/นายช่างผู้ควบคุมงานจากภาคเอกชน ข้อมูลที่รวบรวมได้จะถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อระบุปัจจัยที่ทั้งสองฝ่ายทำงานร่วมกันพบว่ามีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการควบคุมงานก่อสร้างอาคาร และสุดท้ายนำผลการวิเคราะห์มาสรุปเป็นข้อเสนอแนะเชิงนโยบายและปฏิบัติ กระบวนการวิจัยนี้สะท้อนแนวทางการวิจัยแบบผสมผสานที่เน้นการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทั้งภาครัฐและเอกชน เพื่อให้ได้ข้อค้นพบที่สมบูรณ์และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงในบริบทของเทศบาลเมืองศาลากลาง

การวิจัยในครั้งนี้ใช้ประชากรจากผู้ควบคุมงานก่อสร้างของเทศบาลเมืองศาลากลาง ประกอบด้วยวิศวกร นายช่างโยธา และกรรมการตรวจรับพัสดุ จำนวนทั้งสิ้น 57 คน กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง 50 คน โดยใช้สูตร Taro Yamane ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเลือกกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธี Accidental Sampling เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสอบถามที่พัฒนาจากการทบทวนวรรณกรรม แบ่งเป็น 3 ตอน ได้แก่ (1) ข้อมูลส่วนบุคคล (2) ความคิดเห็นต่อหน้าที่ในการควบคุมงาน วัดด้วยมาตรวัด Likert Scale 5 ระดับ และ (3) ปัจจัยด้านบุคคลและการปฏิบัติงาน วัดทั้งระดับความถี่และความรุนแรงของผลกระทบ ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือด้วยการหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยผู้เชี่ยวชาญ การเก็บรวบรวมข้อมูลดำเนินการด้วยตนเองและทางไปรษณีย์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้โปรแกรม SPSS กำหนดเกณฑ์การแปลผลคะแนนเฉลี่ยเป็น 5 ระดับ ตั้งแต่น้อยที่สุด (1.00-1.50) ถึงมากที่สุด (4.51-5.00) ระเบียบวิธีวิจัยที่เข้มงวดนี้ช่วยให้ได้ข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือและสามารถนำไปใช้ในการพัฒนาประสิทธิภาพการควบคุมงานก่อสร้างในองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นได้อย่างเป็นรูปธรรม

ผลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้วิเคราะห์ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง 50 คน พบว่าผู้ควบคุมงานมีการกระจายเพศอย่างสมดุล ส่วนใหญ่อยู่ในวัยทำงาน (31-40 ปี) มีคุณวุฒิระดับปริญญาตรีและประสบการณ์การทำงาน 11-20 ปี สะท้อนความพร้อมทางวิชาชีพในระดับหนึ่ง ผลการประเมินความคิดเห็นต่อบทบาทหน้าที่แสดงให้เห็นว่าผู้ควบคุมงานให้ความสำคัญกับความรู้ความเข้าใจในงานวิศวกรรมและการเอาใจใส่ในหน้าที่อยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.22±0.73) โดยเฉพาะการศึกษาแบบรูปรายการและข้อกำหนดอย่างละเอียดก่อนเริ่มงาน (4.46±0.58) และการตรวจสอบคุณภาพวัสดุ (4.28±0.61) แสดงถึงความตระหนักในมาตรฐานวิชาชีพ

ในด้านปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการควบคุมงาน พบว่าปัจจัยด้านบุคคลมีความถี่และความรุนแรงของผลกระทบอยู่ในระดับปานกลาง (2.47-2.58) โดยปัญหาที่ต้องใช้ความรู้ทางวิศวกรรมในการแก้ไข (2.66±1.52) และอัตรากำลังผู้ควบคุมงานที่ไม่เพียงพอ (2.58±1.46) เป็นประเด็นสำคัญที่ต้องได้รับการแก้ไข ส่วนปัจจัยด้านการปฏิบัติงาน พบว่าด้านเอกสารและสัญญามีผลกระทบระดับน้อย (2.42-2.45) ยกเว้นปัญหาปริมาณงานที่ไม่สอดคล้องกับเวลาที่กำหนดในสัญญา (2.56±1.33) และการประสานงานกับหน่วยงานภายนอกที่

ล่าช้า (2.82±1.40) ซึ่งมีความถี่เกิดขึ้นในระดับปานกลาง ขณะที่ปัจจัยด้านวัสดุ ลักษณะกายภาพของโครงการ และฝีมือแรงงานมีผลกระทบในระดับน้อย (2.24-2.45) ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าการพัฒนาประสิทธิภาพการควบคุมงานก่อสร้างในเทศบาลเมืองศาลากลางควรมุ่งเน้นไปที่การเสริมสร้างขีดความสามารถทางวิชาชีพของผู้ควบคุมงาน การเพิ่มอัตรากำลังที่เหมาะสม และการปรับปรุงกระบวนการประสานงานทั้งภายในและภายนอกองค์กรให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิจัยเชิงภาพรวม

หัวข้อการวิเคราะห์	ผลการศึกษาที่สำคัญ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับ
ข้อมูลประชากร	เพศชาย-หญิง เท่ากัน (50:50), อายุ 31-40 ปี (38%), การศึกษาระดับปริญญาตรี (68%), ประสบการณ์ 11-20 ปี (48%)	-	-	-
ความคิดเห็นต่อหน้าที่ควบคุมงาน	การศึกษาแบบรูป รายการ และข้อกำหนดอย่างละเอียดก่อนเริ่มงาน	4.46	0.58	มากที่สุด
	การตรวจสอบคุณภาพวัสดุให้ตรงตามตัวอย่างที่อนุมัติ	4.28	0.61	มาก
	การดูแลให้ก่อสร้างเป็นไปตามแบบและหลักวิชาการ	4.28	0.73	มาก
ปัจจัยด้านบุคคล (ความถี่)	ปัญหาที่ต้องใช้ความรู้วิศวกรรมแก้ปัญหา	2.66	1.52	ปานกลาง
	อัตรากำลังผู้ควบคุมงานไม่เพียงพอ	2.58	1.46	ปานกลาง
ปัจจัยด้านการปฏิบัติงาน (ความถี่)	ปริมาณงานไม่สอดคล้องกับเวลาในสัญญา	2.56	1.33	ปานกลาง
	การประสานงานหน่วยงานภายนอกล่าช้า	2.82	1.40	ปานกลาง
	ปัญหาด้านวัสดุและฝีมือแรงงาน	2.33	1.36	น้อย
ปัจจัยด้านบุคคล (ความรุนแรง)	ปัญหาความรู้วิศวกรรม	2.62	1.43	ปานกลาง
ปัจจัยด้านการปฏิบัติงาน (ความรุนแรง)	การกำหนดราคากลางผิดพลาดตกหล่น	2.52	1.46	ปานกลาง
	ปัญหาด้านอื่นๆ (เวลา สภาพพื้นที่)	2.24	1.27	น้อย

วิจารณ์ผล

การศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการควบคุมงานก่อสร้างอาคาร กรณีศึกษาเทศบาลเมืองศาลากลาง แสดงให้เห็นถึงปัจจัยด้านบุคคล และการปฏิบัติงานโดยเฉพาะอย่างยิ่งองค์ความรู้ทางวิศวกรรม และปริมาณอัตรากำลังของผู้ควบคุมงานที่เพียงพอส่งผลต่อประสิทธิภาพการควบคุมงานก่อสร้าง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดเรื่องประสิทธิภาพเชิงเศรษฐศาสตร์ และสังคมศาสตร์ที่กล่าวถึงในงานวิจัยก่อนหน้า (เกรียงชัย เรืองโชติเสถียร, 2557), (กฤษณพงค ฟองสินธุ์ และภัทร์อร ฟองสินธุ์, 2563) ที่ระบุว่าคุณสมบัติของผู้ควบคุมงาน และความเข้าใจในแบบแปลนเป็นปัจจัยสำคัญต่อความสำเร็จของการควบคุมงานก่อสร้างอย่างมีประสิทธิภาพ ด้านความคิดเห็นของผู้ควบคุมงานเกี่ยวกับบทบาทและหน้าที่ พบว่าผู้ควบคุมงานมีความตระหนักและให้ความสำคัญในด้านความรู้วิชาชีพ การตรวจสอบวัสดุ การเอาใจใส่ในหน้าที่ รวมถึงการจัดการกับปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างเป็นระบบ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ (พงศกร มะลิซ้อน, 2562) ในความจำเป็นของความชำนาญ และความตั้งใจในหน้าที่ของผู้ควบคุมงานที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการดำเนินงานก่อสร้างในองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น นอกจากนี้การศึกษาของ (ทินกร เชื้อวงศ์, 2563) ยังสนับสนุนว่าการบริหารจัดการทรัพยากรที่เหมาะสมและการวางแผนที่ดีเป็นปัจจัยสำคัญสู่ความสำเร็จในการบริหารโครงการก่อสร้าง อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์ปัจจัยด้านการปฏิบัติงาน เช่น เอกสารและสัญญา วัสดุ การบริหารจัดการ และลักษณะกายภาพของโครงการ พบว่ามีผลกระทบในระดับน้อยถึงปานกลาง ขณะที่ปัญหาด้านการประสานงานกับหน่วยงานภายนอก รวมถึงความล่าช้าในการจัดหาวัสดุและการวางแผนใช้เครื่องจักร ยังคงเป็นอุปสรรคที่ต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน งานวิจัยของ (อัครเดช ทองผุด, 2560) และ (ชัชชล เกียรติสิริสกุล, 2560) ในการศึกษาการปรับปรุงขั้นตอนการออกใบอนุญาตก่อสร้างพบว่า ข้อจำกัดด้านการบริหารจัดการ การประสานงาน และเครื่องจักรเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้งานล่าช้า สอดคล้องกับผลการวิจัยนี้ที่ระบุว่าความล่าช้าที่มาจากการบริหารจัดการยังคงมีแรงกดดัน ในส่วนของปัญหาที่เกิดจากแรงงานและเทคโนโลยีในการก่อสร้าง พบว่าแรงงานที่ขาดมาตรฐานฝีมือ การขาดการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม รวมถึงการศึกษาที่น้อยของแรงงาน ส่งผลต่อประสิทธิภาพการควบคุมงานอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งผลนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ (เชาวฤทธิ์ ขาวใบไม้, 2556) พบว่าความสามารถ และมาตรฐานของผู้ควบคุมงานเป็นตัวแปรสำคัญของความสำเร็จในการควบคุมงานก่อสร้าง นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับแนวคิดในทฤษฎีการจัดการก่อสร้างที่สนับสนุนความจำเป็นในการพัฒนาทักษะและการนำเทคโนโลยีต่าง ๆ มาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ (ทินกร เชื้อวงศ์, 2563)

ผลการศึกษาดังกล่าวสะท้อนภาพรวมของปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการควบคุมงานก่อสร้างในบริบทของหน่วยงานราชการท้องถิ่น และแสดงถึงความสำคัญของการจัดการทรัพยากรบุคคลและการวางแผนการปฏิบัติ โดยเฉพาะด้านเทคนิควิชาชีพ การบริหารจัดการที่เหมาะสม ในการพัฒนาคุณภาพ กระบวนการทางวิชาชีพของผู้ควบคุมงาน และการบริหารจัดการก่อสร้างในหน่วยงานภาครัฐได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

สรุปผล

การศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการควบคุมงานก่อสร้างอาคารของเทศบาลเมืองศาลากลาง จากกลุ่มตัวอย่าง 50 คน พบว่าผู้ควบคุมงานมีความตระหนักและให้ความสำคัญกับบทบาทหน้าที่ในระดับมากถึงมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.22±0.73) โดยเฉพาะด้านความรู้ความเข้าใจในงานวิศวกรรม การศึกษาแบบรูปและข้อกำหนดอย่างละเอียด (4.46±0.58) และการตรวจสอบคุณภาพวัสดุ (4.28±0.61) ปัจจัยด้านบุคคลที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพอยู่ในระดับปานกลาง ได้แก่ ปัญหาที่ต้องใช้ความรู้ทางวิศวกรรมในการแก้ไข (2.66±1.52) และอัตรากำลังผู้ควบคุมงานที่ไม่เพียงพอ (2.58±1.46) ส่วนปัจจัยด้านการปฏิบัติงานส่วนใหญ่มีผลกระทบในระดับน้อย ยกเว้นการประสานงานกับหน่วยงานภายนอกที่ล่าช้า (2.82±1.40) และปริมาณงานที่ไม่สอดคล้องกับเวลาในสัญญา (2.56±1.33) ซึ่งมีความถี่เกิดขึ้นในระดับปานกลาง ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการพัฒนาประสิทธิภาพควรมุ่งเน้นการเสริมสร้างความรู้ทางวิชาชีพ การเพิ่มอัตรากำลังที่เหมาะสม และการปรับปรุงกระบวนการบริหารจัดการและประสานงานให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยไปดี ด้วยความกรุณา และความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมเกียรติ วงศ์วนิชทวี รองหัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสยาม และเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ รวมถึงคณาจารย์ และเจ้าหน้าที่ในหลักสูตรฯ ทุกท่าน ซึ่งกรุณาให้คำแนะนำ และติดตามทั้งในช่วงเวลาระหว่างศึกษา รวมถึงการทำงานอันเป็นประโยชน์อย่างสูงมาโดยตลอด

เอกสารอ้างอิง

กฤษณพงค ฟองสินธุ์ และ ภัทร์อร ฟองสินธุ์. (2563). การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการควบคุมคุณภาพโครงการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานภายใต้การควบคุมดูแลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น. วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ, 43(3), 243-255.

เกรียงชัย เรืองโชติเสถียร. (2557). ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการควบคุมงานก่อสร้างถนนกรณีศึกษาองค์การบริหารส่วนจังหวัดสุรินทร์ (สารนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ชัชชล เกียรติสิริสกุล. (2560). การปรับปรุงขั้นตอนการออกใบอนุญาตก่อสร้าง กรณีศึกษา: องค์การบริหารส่วนตำบลในคลองบางปลากด (สารนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยสยาม.

เชาวฤทธิ์ ขาวใบไม้. (2556). การศึกษาปัจจัยวิกฤตในการบริหารงานควบคุมโครงการก่อสร้างและบูรณะทางหลวง สำนักงานทางหลวงมหาสารคามกรมทางหลวง (สารนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ทินกร เชื้อวงศ์. (2563). การศึกษาปัญหาและอุปสรรคของการตรวจสอบอาคารในมุมมองของเจ้าของอาคาร (สารนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยสยาม.

พงศกร มะลิซ้อน. (2562). การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการบริหารงานก่อสร้างถนนในระดับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจังหวัดชลบุรี (สารนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยบูรพา.

อัครเดช ทองผุด. (2560). การศึกษาปัญหาที่ทำให้เกิดความล่าช้าในงานก่อสร้างถนนขององค์การบริหารส่วนจังหวัดอุบลราชธานี (สารนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการอบแห้งมะละกอเชื่อมด้วยตู้อบลมร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เสริมลมร้อนจากไฟฟ้าและตู้อบลมร้อนไฟฟ้าแบบดั้งเดิม

Comparative Study on the Drying Efficiency of Candied Papaya Using a Solar-Assisted Hot-Air Dryer with Electric Heating and a Conventional Electric Hot-Air Dryer

พิชญ์สินี จันทร์ขิ่น[1] กิตติกร สาสุจิตต์[1] นิกราน หอมดวง[1] และภคมน ปินตานา[1*]

Phichsinee Chankhin[1], Kittikorn Sasujit[1], Nigran Homdoung[1], and Pakamon Pintana[1*]

[1] วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 63 หมู่ 4 ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

[1] School of Renewable Energy, Maejo University, 63 Moo 4, Nong Han, San Sai, Chiang Mai 50290

*Corresponding author E-mail: p.pintana@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบและประเมินสมรรถนะของตู้อบแห้งมะละกอเชื่อมด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เสริมลมร้อนไฟฟ้า เปรียบเทียบกับตู้อบลมร้อนแบบใช้ไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 55 °C ภายใต้เงื่อนไขการอบแห้งในช่วงเวลาแดดเต็มวัน 08.00–16.00 น. การทดลองดำเนินการซ้ำ 3 ครั้ง เพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงความชื้น อัตราการอบแห้ง ระยะเวลาอบแห้ง ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ ประสิทธิภาพการอบแห้ง และคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์โดยใช้ระบบสี CIE L*a*b* ผลการทดลองพบว่าทั้งสองระบบสามารถลดความชื้นของมะละกอเชื่อมจากค่าความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยประมาณ 57.3 %w.b. ลงได้อย่างต่อเนื่อง แต่ยังไม่สามารถลดความชื้นลงถึงระดับเป้าหมาย 25 %w.b. ภายในช่วงเวลาการอบแห้งดังกล่าว การอบแห้งส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอัตราการอบแห้งลดลง และทั้งสองระบบใช้ระยะเวลาในการอบแห้งใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตาม ระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เสริมลมร้อนไฟฟ้ามีค่า SEC ต่ำกว่าตู้อบลมร้อนแบบใช้ไฟฟ้าประมาณ 84.2 % และให้ประสิทธิภาพการอบแห้งสูงกว่าอย่างชัดเจน นอกจากนี้ ผลการประเมินคุณภาพด้านสีพบว่าผลิตภัณฑ์ที่อบด้วยระบบพลังงานแสงอาทิตย์เสริมลมร้อนไฟฟ้ามีลักษณะสีสว่างและโทนเหลืองทองมากกว่า ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เสริมลมร้อนไฟฟ้าในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า เพิ่มประสิทธิภาพการอบแห้ง และรักษาคุณภาพของมะละกอเชื่อมอบแห้ง ซึ่งเหมาะสมต่อการนำไปพัฒนาต่อยอดเพื่อการประยุกต์ใช้ในงานแปรรูปผลไม้และอุตสาหกรรมอาหารได้

คำสำคัญ : มะละกอแช่อิ่มอบแห้ง ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ ความร้อนเสริม ประสิทธิภาพการอบแห้ง

Abstract

This study aimed to test and evaluate the performance of a solar-assisted electrical dryer for drying candied papaya in comparison with a conventional electrical hot-air dryer. Drying experiments were conducted at a temperature of 55 °C under full-day solar conditions from 08:00 to 16:00 h. Each experiment was carried out in triplicate to analyze moisture content variation, drying rate, drying time, specific energy consumption (SEC), drying efficiency, and product color quality using the CIE L*a*b* color system. The results showed that both drying systems were able to continuously reduce the moisture content of candied papaya from an initial average value of approximately 57.3 % (wet basis). However, within the specified drying period, the moisture content could not be reduced to the target level of 25 % (wet basis). The drying process mainly occurred in the falling rate period, and both systems required similar drying times. Nevertheless, the solar-assisted electrical dryer exhibited a significantly lower SEC, approximately 84.2 % lower than that of the electrical hot-air dryer and demonstrated a markedly higher drying efficiency. In addition, color evaluation indicated that products dried using the solar-assisted electrical system exhibited higher brightness and a more desirable golden-yellow appearance. These findings indicate that the solar-assisted electrical drying system has strong potential for reducing electrical energy consumption while enhancing drying efficiency and maintaining product quality. Therefore, it is suitable for further development and application in fruit processing and the food industry.

Keywords : candied papaya, solar dryer, auxiliary heating, drying efficiency

บทนำ

การอบแห้งเป็นกระบวนการแปรรูปที่มีบทบาทสำคัญต่อการถนอมอาหาร เนื่องจากสามารถลดปริมาณน้ำในวัตถุดิบลงให้อยู่ในระดับที่จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ทำให้ยืดอายุการเก็บรักษา ลดการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยว และเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตทางการเกษตร (ศรัญญา ทองอุดม และนันทวัน เทิดไทย, 2556) โดยเฉพาะผลไม้เมืองร้อนอย่างมะละกอ (Carica papaya *L.*) ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย มะละกอมีการบริโภคทั้งสดและแปรรูป เช่น มะละกอแช่อิ่ม มะละกออบแห้ง และผลิตภัณฑ์จากมะละกอผง ซึ่ง

สามารถเพิ่มรายได้แก่เกษตรกรและผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) อย่างไรก็ตาม มะละกอมีข้อจำกัดด้านความชื้นสูง ทำให้เน่าเสียได้ง่ายหากไม่มีการแปรรูปหรือถนอมอาหารที่เหมาะสม (FAO, 2020)

การถนอมอาหารด้วยการอบแห้งเป็นหนึ่งในวิธีที่สำคัญและประหยัดพลังงานที่สุดสำหรับการยืดอายุการเก็บรักษาของผลผลิตทางการเกษตร โดยเฉพาะในประเทศเขตร้อนที่มีการผลิตผลไม้ปริมาณมากตามฤดูกาล การอบแห้งช่วยลดความชื้น ป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ลดการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยว และยังเปิดโอกาสในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่ม เช่น ผลไม้อบแห้ง ผงผลไม้ หรือส่วนผสมในอุตสาหกรรมอาหาร (Udomkun, et al., 2020) มะละกอเป็นผลไม้เศรษฐกิจสำคัญของไทย มีการเพาะปลูกอย่างแพร่หลายและมีตลาดทั้งภายในประเทศและการส่งออก มะละกอมีองค์ประกอบทางโภชนาการที่ดี เช่น วิตามินเอ วิตามินซี ไลโคปีน และไฟเบอร์ แต่เป็นผลไม้ที่บอบบางและเสียหายได้ง่ายหากไม่แปรรูปหรือถนอมอย่างเหมาะสม การพัฒนาเทคโนโลยีการอบแห้งที่มีประสิทธิภาพจึงมีความสำคัญทั้งในเชิงเศรษฐกิจและสาธารณสุขของชุมชนเกษตรกรรม ระบบอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบพื้นฐานมีข้อดีด้านต้นทุนพลังงานต่ำและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม แต่มีข้อจำกัดสำคัญ ได้แก่ ความไม่แน่นอนของอุตุนิยมวิทยา เมฆ ฝน เป็นสาเหตุทำให้การอบแห้งไม่ต่อเนื่อง และการควบคุมสภาวะอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ทำได้ยาก ส่งผลต่อคุณภาพสี กลิ่น และคุณค่าทางโภชนาการของผลผลิต ขณะที่ระบบอบแห้งที่ใช้เชื้อเพลิงหรือไฟฟ้าสามารถควบคุมสภาพได้ดีแต่มีต้นทุนพลังงานสูงและมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การผสมผสานระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์กับแหล่งความร้อนเสริม เช่น ชีวมวล แก๊สชีวภาพ หรือไฟฟ้าในกรณีฉุกเฉิน ภายใต้แนวคิดระบบ พลังงานร่วมหรือไฮบริด (hybrid) จึงเป็นแนวทางที่ได้รับความสนใจ เพราะช่วยให้การอบแห้งมีความต่อเนื่อง ควบคุมได้ และลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิล

การอบแห้งเป็นกระบวนการสำคัญในอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ผลไม้ที่มีความชื้นสูง เช่น มะละกอ ซึ่งมีปริมาณน้ำมากและเน่าเสียง่าย การอบแห้งช่วยลดความชื้น ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ ลดการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยว และเพิ่มอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อย่างมีประสิทธิภาพ (Minuye et al., 2021) อย่างไรก็ตาม วิธีการอบแห้งที่แตกต่างกันส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในด้านสี เนื้อสัมผัส โครงสร้าง และคุณสมบัติทางกายภาพเคมีของอาหารแปรรูป ในปัจจุบัน การอบแห้งด้วยลมร้อนแบบใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นวิธีที่นิยมใช้อย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถควบคุมอุณหภูมิและสภาวะการอบได้อย่างแม่นยำ อย่างไรก็ตาม วิธีดังกล่าวมีข้อจำกัดด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าในปริมาณสูง ส่งผลต่อต้นทุนการผลิตและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะในบริบทของการพัฒนาอย่างยั่งยืนและการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (An et al., 2024; Deepak & Behura, 2025) ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา เทคโนโลยีการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่สะอาด ไม่มีค่าเชื้อเพลิง และเหมาะสมต่อการประยุกต์ใช้ในภาคการเกษตร อย่างไรก็ตาม ระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบดั้งเดิมมักประสบปัญหา

ความไม่สม่ำเสมอของอุณหภูมิและอัตราการอบแห้ง อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ ซึ่งอาจส่งผลต่อคุณภาพและความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์ (Gorjian et al., 2021; Dhass et al., 2025) เพื่อแก้ไขข้อจำกัดดังกล่าว จึงมีการพัฒนาระบบ ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสม (Hybrid Solar Dryer) ที่ผสานแหล่งพลังงานไฟฟ้าหรือแหล่งให้ความร้อนเสริมเข้ากับระบบอบแห้งแสงอาทิตย์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มเสถียรภาพของอุณหภูมิ ลดระยะเวลาอบ และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Afzal et al., 2023; Deepak & Behura, 2025) งานวิจัยหลายฉบับรายงานว่าระบบอบแห้งแบบผสมสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมและช่วยรักษาคุณภาพด้านสีและโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าการอบด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียว (Gorjian et al., 2021; Dhass et al., 2025) มะละกอเป็นผลไม้เขตร้อนที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และนิยมนำมาแปรรูปในรูปของมะละกอแห้งหรือมะละกอเชื่อม อย่างไรก็ตาม การมีน้ำตาลในเนื้อผลไม้ โดยเฉพาะมะละกอเชื่อม ทำให้กระบวนการอบแห้งมีความซับซ้อนมากขึ้น เนื่องจากน้ำตาลสามารถเร่งการเกิดปฏิกิริยา Maillard และคาราเมลไลเซชัน ส่งผลให้สีของผลิตภัณฑ์คล้ำและเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ (Caparino et al., 2012; Minuye et al., 2021) งานวิจัยของ Kaur et al. (2024) ยังชี้ให้เห็นว่ากระบวนการเตรียมวัตถุดิบ เช่น การแช่ออสโมติก มีผลต่อคุณภาพเชิงกายภาพและเคมีของมะละกอก่อนการอบแห้งอย่างชัดเจน นอกจากนี้ งานวิจัยด้านการอบแห้งแบบผสมหลายเทคโนโลยี เช่น การใช้ไมโครเวฟร่วมกับการอบลมร้อน ยังแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการลดเวลาอบและรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ผลไม้ได้ดี (Khwanchai & Fong-In, 2024) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าแนวคิดการผสมผสานแหล่งพลังงานและเทคโนโลยีการอบแห้งเป็นแนวทางที่มีความเหมาะสมสำหรับการพัฒนาอุตสาหกรรมอาหารแปรรูปในอนาคต จากการทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้องพบว่า แม้จะมีงานวิจัยจำนวนมากเกี่ยวกับการพัฒนาระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมและการประเมินประสิทธิภาพเชิงพลังงานของระบบดังกล่าว (Afzal et al., 2023; An et al., 2024) แต่ยังมีงานวิจัยที่ศึกษาเชิงเปรียบเทียบโดยตรงระหว่าง ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เสริมลมร้อนไฟฟ้า และ ตู้อบลมร้อนแบบไฟฟ้า สำหรับผลิตภัณฑ์มะละกอเชื่อมค่อนข้างจำกัด โดยเฉพาะการประเมินควบคู่กันทั้งด้านสมรรถนะการอบ การใช้พลังงาน และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ ทดสอบและประเมินประสิทธิภาพของตู้อบแห้งมะละกอเชื่อมด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เสริมลมร้อนไฟฟ้า เปรียบเทียบกับตู้อบลมร้อนแบบไฟฟ้า โดยพิจารณาตัวชี้วัดด้านการอบแห้ง การใช้พลังงาน และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านสีตามระบบ CIE L*a*b* เพื่อเป็นข้อมูลเชิงวิชาการสำหรับการพัฒนาเทคโนโลยีการอบแห้งที่มีประสิทธิภาพ ประหยัดพลังงาน และเหมาะสมต่อการใช้งานเชิงพาณิชย์อย่างยั่งยืน โดยมีวัตถุประสงค์ของงานวิจัยคือ **เพื่อพัฒนาและทดสอบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับลมร้อนจากฮีตเตอร์ไฟฟ้าที่ติดตั้งอุปกรณ์เขย่าถาดสำหรับการอบแห้งมะละกอเชื่อม และเพื่อ**

ประเมินคุณภาพของมะละกอเชื่อมที่ผ่านการอบแห้ง เปรียบเทียบสมรรถนะการอบแห้งของระบบที่พัฒนาเทียบกับการอบแห้งที่ไม่มีอุปกรณ์เขย่าถาด และประเมินการใช้พลังงาน

วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบและประเมินประสิทธิภาพของตู้อบแห้งมะละกอเชื่อมด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เสริมลมร้อนไฟฟ้า เปรียบเทียบกับตู้อบลมร้อนแบบไฟฟ้า โดยดำเนินการทดลองและวิเคราะห์ผลตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. วัสดุและการเตรียมตัวอย่าง

ใช้มะละกอพันธุ์แขกดำเป็นวัตถุดิบหลัก โดยนำมาผ่านกระบวนการเชื่อมตามสูตรอัตราส่วน มะละกอ : น้ำตาลทรายขาว : น้ำสะอาด เท่ากับ 1 : 1 : 1 (kg : kg : L) เติมน้ำปูนใสไม่เกิน 1% โดยน้ำหนัก และผสมสีผสมอาหารสีส้มในอัตรา 0.2 mL/kg ของวัตถุดิบ จากนั้นตัดมะละกอเป็นทรงลูกเต๋าขนาดด้านละไม่เกิน 10 mm เพื่อให้มีขนาดสม่ำเสมอและสามารถเปรียบเทียบผลการอบแห้งได้อย่างเป็นระบบ ปริมาณตัวอย่างที่ใช้ในการอบแห้งแต่ละครั้งไม่น้อยกว่า 2 kg

2. เครื่องมือและอุปกรณ์

ประกอบด้วย เครื่องวัดค่าความเข้มแสง ใช้เครื่องวัดพลังงานแสงอาทิตย์ Solar Power Meter รุ่น SM206 แสดงค่าเป็นหน่วย W/m² เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล ใช้เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง (OHAUS PR4202/E) สำหรับชั่งน้ำหนักตัวอย่างระหว่างการอบ และเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (AND GR Series) สำหรับหาน้ำหนักแห้งของตัวอย่าง ตู้อบลมร้อนสำหรับหาน้ำหนักแห้ง ใช้ตู้อบลมร้อนยี่ห้อ FAITHFUL รุ่น 101-1AB ตั้งอุณหภูมิที่ 105 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อกำหนดน้ำหนักแห้งของมะละกอเชื่อม อุปกรณ์วัดค่าสี การวัดค่าสีของตัวอย่างมะละกอที่ผ่านกระบวนการแปรรูปในแต่ละขั้นตอนดำเนินการโดยใช้เครื่องวัดสีแบบสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) ยี่ห้อ Konica Minolta รุ่น CM-16d ซึ่งเป็นเครื่องวัดสีตามระบบมาตรฐานสากล CIE โดยทำการวัดและรายงานผลในรูปของค่าความสว่าง (L*) ค่าโทนสีแดง–เขียว (a*) และค่าโทนสีเหลือง–น้ำเงิน (b*) การวัดดำเนินการภายใต้เงื่อนไขแหล่งกำเนิดแสงมาตรฐาน D65 มุมผู้สังเกต 10° และโหมดการวัดแบบ SCI (Specular Component Included) เพื่อรวมผลกระทบจากการสะท้อนผิวของตัวอย่าง ก่อนการวัดได้ทำการสอบเทียบเครื่องด้วยแผ่นมาตรฐานสีขาวตามคำแนะนำของผู้ผลิต ตัวอย่างแต่ละชนิดถูกนำมาวัดค่าสีอย่างน้อยหนึ่งตำแหน่งบนพื้นผิวที่เรียบและสม่ำเสมอ จากนั้นนำค่าที่ได้ไปใช้ในการคำนวณความแตกต่างของสี (ΔE^*) ตามสมการของระบบ CIE L*a*b* เพื่อเปรียบเทียบผลของกระบวนการแปรรูปที่แตกต่างกันต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะสีของผลิตภัณฑ์ เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า ประกอบด้วยมัลติมิเตอร์ดิจิตอล แคล้มป์

มิเตอร์ และเครื่องวัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และอุณหภูมิ (KEWEISI รุ่น KWS-AC300-100A) สำหรับตรวจวัดค่าทางไฟฟ้าและควบคุมการทำงานของระบบอบแห้ง เครื่องฮีตเตอร์ความร้อน ใช้เครื่องฮีตเตอร์แบบพัดลม รุ่น PTC-10 กำลังไฟ 2000 W เป็นแหล่งให้ความร้อนเสริมในระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

3. ระบบอบแห้งและเงื่อนไขการทดลอง

การทดลองอบแห้งดำเนินการด้วยระบบอบแห้ง 2 รูปแบบ การอบแห้งทั้ง 2 ระบบดำเนินการจนกระทั่งมะละกอเชื่อมมีความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 25% บนฐานเปียก (%w.b.) คำนวณดังสมการที่ 1 ได้แก่

2.2.1 ระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เสริมลมร้อนไฟฟ้า เป็นตู้อบแห้งที่พัฒนาจากระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบดั้งเดิม มีขนาด 0.7 × 0.47 m สามารถบรรจุมะละกอเชื่อมได้ไม่เกิน 2 kg ต่อรอบ ติดตั้งพัดลมระบายอากาศ ฮีตเตอร์แบบขดลวดความร้อน ระบบควบคุมอุณหภูมิ โพรบวัดอุณหภูมิ และระบบวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยกำหนดอุณหภูมิอบแห้งที่ 55 ± 3 °C

2.2.2 ตู้อบลมร้อนแบบไฟฟ้า (Hot Air Oven) ใช้ตู้อบลมร้อนระบบไฟฟ้าที่ควบคุมอุณหภูมิด้วยระบบ Digital PID Control ตั้งอุณหภูมิการอบแห้งที่ 55 °C เช่นเดียวกัน เพื่อใช้เป็นกรณีอ้างอิงในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ

$$M_w = \frac{w-d}{w} x100$$
$$M_d = \frac{w-d}{d} x100 \quad (1)$$

เมื่อ M_w คือ ความชื้นมาตราฐานเปียก (% w.b.)

M_d คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง (% d.b.)

w คือ มวลที่เวลาใด ๆ ของผลิตภัณฑ์ (g)

d คือ น้ำหนักแห้งของผลิตภัณฑ์ (g)

4. การเก็บข้อมูลระหว่างการอบแห้ง

ทำการชั่งน้ำหนักตัวอย่างทุก ๆ 1 ชั่วโมงด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล พร้อมบันทึกอุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบอบแห้ง สำหรับระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เสริมลมร้อนไฟฟ้า ทำการวัดค่าความเข้มแสงอาทิตย์ (W/m^2) ทุก ๆ 1 ชั่วโมงเช่นเดียวกัน

5. การวิเคราะห์ความชื้นและจลนพลศาสตร์การอบแห้ง

วิเคราะห์ความชื้นของมะละกอเชื่อมทั้งในรูปความชื้นฐานเปียก (%w.b.) โดยใช้วิธีอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อหาน้ำหนักแห้ง จากนั้นสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาเพื่อศึกษาจลนพลศาสตร์ของการอบแห้ง

6. การประเมินประสิทธิภาพพลังงาน

ประเมินสมรรถนะของระบบอบแห้งโดยพิจารณาค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption: SEC) ซึ่งคำนวณจากอัตราส่วนของพลังงานที่ใช้ทั้งหมดต่อปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากผลิตภัณฑ์ รวมถึงการคำนวณประสิทธิภาพของระบบอบแห้ง (η) จากอัตราส่วนระหว่างพลังงานที่ใช้ในการระเหยน้ำต่อพลังงานรวมที่ป้อนเข้าสู่ระบบ

พลังงานที่ใช้ในการอบแห้งต่อปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากผลิตภัณฑ์ที่อบแห้ง การคำนวนแสดงดังสมการที่ 2 (อวิรุทธ์ บัวใหญ่ และคณะ, 2567)

$$SEC = \frac{E + AI}{m_w} \tag{2}$$

เมื่อ SEC คือ ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (MJ/kg_{evap})
E คือ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการ (kJ)
A คือ พื้นที่ที่ใช้ในการรับรังสีอาทิตย์ (m^2)
I คือ พลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบ (W/m^2)
m_w คือ ปริมาณน้ำที่ระเหย (kg)

ประสิทธิภาพระบบอบแห้ง (η) คือ พารามิเตอร์ที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานสำหรับการระเหยน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ของระบบอบแห้งต่อพลังงานทั้งหมดที่ใช้ในการอบแห้ง การคำนวนแสดงดังสมการที่ 3 (จิราภรณ์ แก้วเดียว, 2562)

$$\eta = \frac{Output}{Input} x100$$
$$\eta = \frac{(W_i - W_f) - h_{fg}}{(Power) x(1) x(3.6)} x100 \tag{3}$$

เมื่อ η คือ ประสิทธิภาพ (%)
W_i คือ น้ำหนักเริ่มต้น (g)
W_f คือ น้ำหนักสุดท้าย (g)
h_{fg} คือ เอนทาลปีการกลายเป็นไอ/ค่าความร้อนแฝงจำเพาะ 2260 (kJ/kg)

Power คือ กำลังไฟฟ้าหรือกำลังงานที่ใช้ (kW)

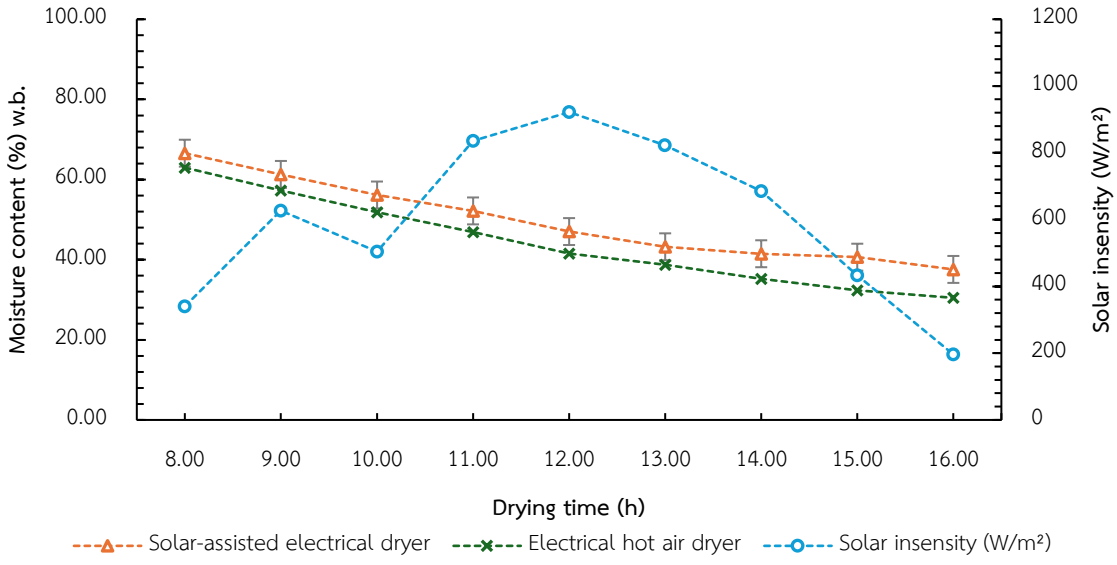
7. การเปรียบเทียบผลการทดลอง

นำผลการทดลองจากทั้งสองระบบอบแห้งมาเปรียบเทียบในด้านอัตราการอบแห้ง การใช้พลังงาน ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ และประสิทธิภาพระบบอบแห้ง เพื่อประเมินศักยภาพของระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เสริมลมร้อนไฟฟ้าในการใช้งานจริง

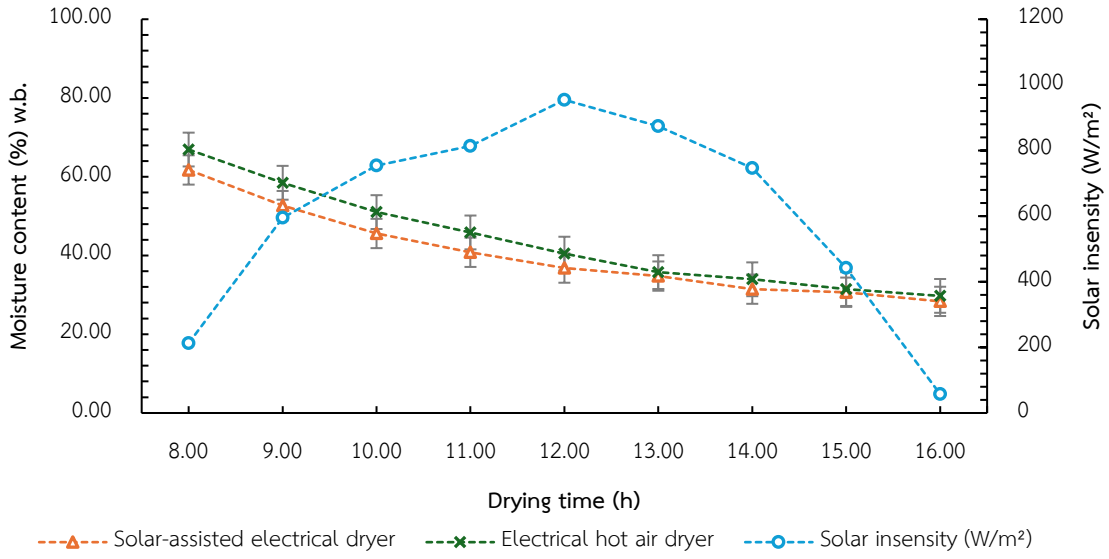
ผลการวิจัย

1. ผลของการประเมินการเปลี่ยนแปลงความชื้นระหว่างการอบแห้ง

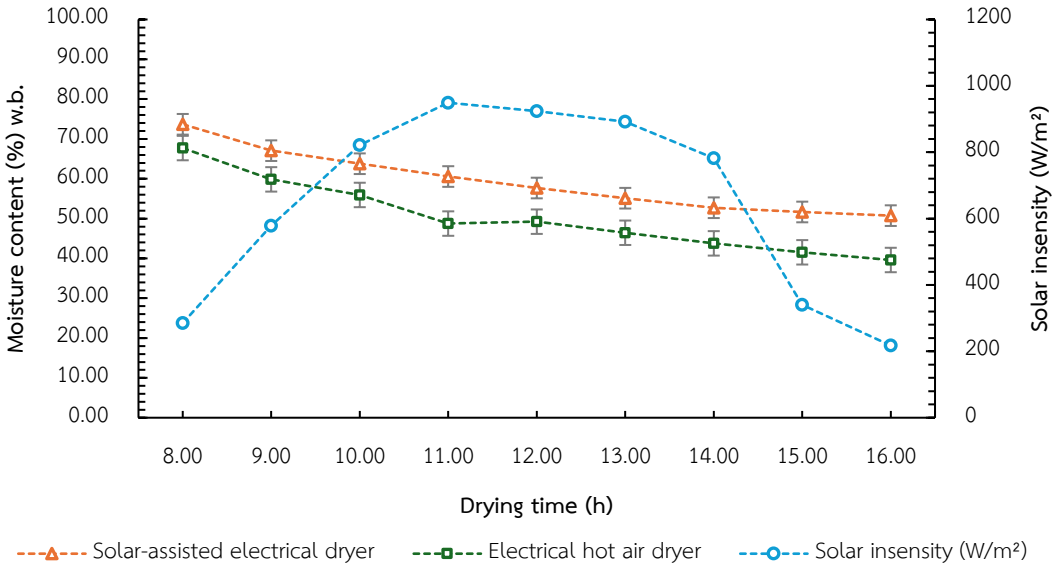
จากการทดลองอบแห้งมะละกอเชื่อมที่อุณหภูมิ 55 °C พบว่าทั้งระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เสริมลมร้อนไฟฟ้าและตู้อบลมร้อนแบบไฟฟ้า สามารถลดความชื้นของผลิตภัณฑ์จากค่าความชื้นเริ่มต้นลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเมื่อดำเนินการอบแห้งต่อด้วยการอบแบบแดดเต็มวันในช่วงเวลา 08.00–16.00 น. ความชื้นของมะละกอเชื่อมยังคงมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องตามระยะเวลาการอบแห้ง กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาแสดงให้เห็นว่า ในช่วงเริ่มต้นของกระบวนการอบแห้ง อัตราการลดความชื้นของทั้งสองระบบค่อนข้างสูง ก่อนจะลดลงเมื่อระยะเวลาการอบแห้งเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 1 ปริมาณความชื้นเทียบกับระยะเวลาการอบแห้ง ที่อุณหภูมิ 55 °C ของระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เสริมลมร้อนไฟฟ้าและตู้อบลมร้อนแบบไฟฟ้าวันที่ 1



ภาพที่ 2 ปริมาณความชื้นเทียบกับระยะเวลาการอบแห้ง ที่อุณหภูมิ 55 °C ของระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เสริมลมร้อนไฟฟ้าและตู้อบลมร้อนแบบไฟฟ้าวันที่ 2



ภาพที่ 3 ปริมาณความชื้นเทียบกับระยะเวลาการอบแห้ง ที่อุณหภูมิ 55 °C ของระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เสริมลมร้อนไฟฟ้าและตู้อบลมร้อนแบบไฟฟ้าวันที่ 3

กราฟภาพที่ 1–3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นของมะละกอเชื่อมกับระยะเวลาการอบแห้งที่อุณหภูมิ 55 °C ในวันที่ทำการทดลองทั้ง 3 วัน พบว่า ความชื้นของผลิตภัณฑ์ลดลงอย่างต่อเนื่องตามระยะเวลาการอบแห้ง สำหรับทั้งระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เสริมลมร้อนไฟฟ้าและตู้อบลมร้อนแบบไฟฟ้า

ในช่วงเริ่มต้นของการอบแห้ง ความชื้นลดลงอย่างรวดเร็ว ต่อมาเมื่อระยะเวลาการอบแห้งเพิ่มขึ้น อัตราการลดความชื้นจะช้าลง

2. ผลของการประเมินอัตราการอบแห้งและจลนพลศาสตร์การอบแห้ง

ผลการศึกษาจลนพลศาสตร์การอบแห้งพบว่า การอบแห้งมะละกอเชื่อมในทั้งสองระบบเกิดขึ้นในช่วงการอบแห้งแบบอัตราลดลง (falling rate period) เป็นหลัก สำหรับระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เสริมลมร้อนไฟฟ้า พบว่าอัตราการอบแห้งมีความผันแปรเล็กน้อยตามความเข้มแสงอาทิตย์ในแต่ละช่วงเวลา อย่างไรก็ตาม การเสริมความร้อนด้วยขดลวดไฟฟ้าช่วยควบคุมอุณหภูมิภายในตู้อบให้คงที่ ส่งผลให้อัตราการอบแห้งมีความสม่ำเสมอมากขึ้น และสามารถดำเนินกระบวนการอบแห้งได้อย่างต่อเนื่อง

3. ผลของการประเมินระยะเวลาการอบแห้ง

การเปรียบเทียบระยะเวลาการอบแห้งระหว่างทั้งสองระบบพบว่า ระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เสริมลมร้อนไฟฟ้าในรูปแบบการอบแบบแดดเต็มวัน 08.00–16.00 น. ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งใกล้เคียงกับตู้อบลมร้อนแบบไฟฟ้า แม้ว่าพลังงานแสงอาทิตย์จะมีความผันแปรในบางช่วงเวลา อย่างไรก็ตาม การเสริมลมร้อนจากแหล่งพลังงานไฟฟ้าช่วยให้สามารถควบคุมอุณหภูมิการอบแห้งได้อย่างเหมาะสม ส่งผลให้อัตราการอบแห้งไม่แตกต่างจากระบบไฟฟ้าอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้ ภายหลังการอบแห้งในช่วงเวลาดังกล่าว พบว่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ยังไม่ลดลงถึงระดับเป้าหมาย 25 %w.b. อย่างสมบูรณ์

4. ผลของการประเมินความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption: SEC)

การเปรียบเทียบการใช้กำลังไฟฟ้า (kW) ของระบบอบแห้งแบบใช้ไฟฟ้าและระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เสริมลมร้อนไฟฟ้าในระหว่างกระบวนการอบแห้งมะละกอเชื่อม พบว่าระบบอบแห้งแบบใช้ไฟฟ้ามีการใช้กำลังไฟฟ้าค่อนข้างคงที่ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงประมาณ 1.14–1.22 kW ตลอดกระบวนการอบแห้ง ขณะที่ระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เสริมลมร้อนไฟฟ้ามีการใช้กำลังไฟฟ้าจากแหล่งไฟฟ้าในระดับต่ำและแปรผันตามความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงประมาณ 0.01–0.66 kW และมีบางช่วงที่ต้องใช้ไฟฟ้าเพื่อเสริมการควบคุมอุณหภูมิ ส่งผลให้การใช้พลังงานจากแหล่งไฟฟ้าโดยรวมของระบบแบบผสมต่ำกว่าระบบอบแห้งแบบใช้ไฟฟ้าอย่างชัดเจน จากการทดสอบการอบแห้งมะละกอเชื่อมปริมาณ 2 kg ที่อุณหภูมิ 55 °C พบว่าตู้อบลมร้อนแบบไฟฟ้าใช้พลังงานไฟฟ้ารวม 9.50 kWh ส่งผลให้มีค่า SEC เท่ากับ 10.87 kWh/kg น้ำที่ระเหย (39.1 MJ/kg_{evap}) ในขณะที่ระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เสริมลมร้อนไฟฟ้าใช้พลังงานไฟฟ้าเพียง 1.50 kWh และมีค่า SEC ต่ำเพียง 1.72 kWh/kg น้ำที่ระเหย (6.19 MJ/kg_{evap}) ซึ่งลดลงประมาณ 84.2 %

5. ผลของการประเมินประสิทธิภาพระบบอบแห้ง

ผลการประเมินประสิทธิภาพการอบแห้งพบว่า ตู้อบลมร้อนแบบไฟฟ้ามีประสิทธิภาพเพียง 5.77 % ในขณะที่ระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เสริมลมร้อนไฟฟ้ามีประสิทธิภาพสูงถึง 36.5 % ความแตกต่างดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงผกผันระหว่างค่า SEC และประสิทธิภาพการอบแห้ง โดยระบบที่มีค่า SEC ต่ำจะมีแนวโน้มให้ประสิทธิภาพสูงกว่า

6. ผลของการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์อบแห้ง

ผลการประเมินคุณภาพของมะละกอเชื่อมอบแห้งโดยใช้ระบบสี CIE L*a*b* พบว่ากระบวนการแปรรูปที่แตกต่างกันส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะสีของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ มะละกอก่อนการเชื่อมมีค่า L* เท่ากับ 33.82 ซึ่งลดลงหลังการเชื่อมเนื่องจากการดูดซึมน้ำเชื่อมและการเกิดปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชัน ส่งผลให้สีเข้มขึ้น ในกรณีของมะละกออบด้วยตู้อบลมร้อนแบบไฟฟ้า พบว่าค่า L* ลดลงมากที่สุดและค่า a* เพิ่มขึ้นสูง แสดงถึงการเกิดสีคล้ำอมแดงอย่างเด่นชัด ในขณะที่มะละกออบด้วยระบบพลังงานแสงอาทิตย์เสริมลมร้อนไฟฟ้ามีค่า L* สูงที่สุด แสดงถึงสีที่สว่างและมีลักษณะเหลืองทองใกล้เคียงผลิตภัณฑ์แปรรูปคุณภาพสูง ดังแสดงตารางที่ 1 ในกรณีของมะละกออบด้วยตู้อบลมร้อน พบว่าค่า L* ลดลงมากที่สุด (26.02) ขณะที่ค่า a* เพิ่มขึ้นสูงสุด (3.96) เมื่อเทียบกับกระบวนการอื่น แสดงถึงการเกิดสีคล้ำอมแดงอย่างเด่นชัด ผลดังกล่าวสอดคล้องกับการเกิดปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชันของน้ำตาลภายใต้อุณหภูมิสูงและการถ่ายเทความร้อนอย่างรวดเร็ว ซึ่งส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มและแตกต่างจากมะละกอก่อนเชื่อมอย่างมาก โดยมีค่า ΔE^* เท่ากับ 10.00 ซึ่งจัดอยู่ในระดับที่สามารถสังเกตเห็นความแตกต่างของสีได้อย่างชัดเจนด้วยตาเปล่าสำหรับมะละกอที่อบด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับขดลวดไฟฟ้า พบว่ามีค่า L* สูงที่สุด (51.21) แสดงถึงสีที่สว่างกว่ากระบวนการอื่นอย่างชัดเจน ขณะที่ค่า a* อยู่ในระดับต่ำและค่า b* อยู่ในระดับค่อนข้างสูง สะท้อนถึงลักษณะสีเหลืองทองที่ใกล้เคียงสีธรรมชาติของผลไม้แปรรูปคุณภาพสูง การเพิ่มขึ้นของค่า L* ส่งผลให้ค่าความแตกต่างสี (ΔE^*) เมื่อเทียบกับมะละกอก่อนเชื่อมสูงที่สุด (18.36) ซึ่งแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงสีอย่างมาก แต่เป็นการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่ให้ความสว่างและความน่ารับประทานมากขึ้น

ตารางที่ 1 ลักษณะความแตกต่างค่าสีโดยรวมของก่อนและหลังการอบแห้งมะละกอ ที่อุณหภูมิ 55 °C

กระบวนการ	L*	a*	b*	ΔE*	ลักษณะสีโดยรวม
ก่อนเชื่อม	33.82	0.65	4.26		น้ำตาลอ่อน/ธรรมชาติ
เชื่อม	29.30	1.99	11.50	8.64	เหลือง–น้ำตาลเข้ม
อบลมร้อนไฟฟ้า	26.02	3.96	9.54	10.00	น้ำตาลเข้มอมแดง
อบพลังงานแสงอาทิตย์ + ขดลวดไฟฟ้า	51.21	1.13	10.15	18.36	เหลืองทอง สว่าง

วิจารณ์ผล

พฤติกรรมการลดความชื้นสอดคล้องกับลักษณะการอบแห้งของผลิตภัณฑ์อาหารที่มีปริมาณน้ำตาลสูง ซึ่งการแพร่ของความชื้นภายในเนื้อผลิตภัณฑ์จะเกิดได้ช้าลงในช่วงปลายของการอบแห้ง (Minuye et al., 2021) ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นของมะละกอเชื่อมกับระยะเวลาการอบแห้ง ในช่วงเริ่มต้นของการอบแห้ง ความชื้นลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากน้ำอิสระบริเวณผิวของผลิตภัณฑ์สามารถระเหยออกได้ง่าย ต่อมาเมื่อระยะเวลาการอบแห้งเพิ่มขึ้น อัตราการลดความชื้นจะช้าลง เนื่องจากความชื้นที่เหลืออยู่เป็นน้ำที่ถูกยึดเหนี่ยวอยู่ภายในโครงสร้างของเนื้อผลิตภัณฑ์ โดยต้องอาศัยการแพร่จากภายในสู่ผิวก่อนการระเหย ซึ่งเป็นลักษณะทั่วไปของการอบแห้งผลิตภัณฑ์อาหารที่มีปริมาณน้ำตาลสูง เช่น มะละกอเชื่อม (Caparino et al., 2012; Kaur et al., 2024) งานวิจัยนี้พบว่า มะละกอเชื่อมมีความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยประมาณ 57.3 %w.b. โดยกระบวนการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบไฟฟ้าและระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เสริมลมร้อนไฟฟ้าสามารถลดความชื้นของผลิตภัณฑ์ลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ภายหลังการอบแห้งในระบบหลัก ได้ดำเนินการอบต่อด้วยการอบแบบแดดเต็มวันในช่วงเวลา 08.00–16.00 น. ส่งผลให้ความชื้นของมะละกอเชื่อมลดลงอย่างต่อเนื่อง ทั้งสองระบบแสดงสมรรถนะในการอบแห้งที่ใกล้เคียงกัน ผลการทดลองมีแนวโน้มสอดคล้องกับรายงานของ Afzal et al. (2023) และ Udomkun et al. (2020) ซึ่งระบุว่าระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมสามารถให้ประสิทธิภาพในการลดความชื้นของผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงกับระบบอบแห้งแบบใช้พลังงานไฟฟ้า

จลนพลศาสตร์การอบแห้งของการอบแห้งมะละกอเชื่อมมีกลไกสำคัญคือการแพร่ของความชื้นจากภายในเนื้อผลิตภัณฑ์สู่ผิว ซึ่งเป็นลักษณะทั่วไปของการอบแห้งผลไม้ที่มีโครงสร้างเซลล์แน่นและมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบสูง (Caparino et al., 2012; Minuye et al., 2021) โดยผลลัพธ์ส่วนนี้นี้สอดคล้องกับงานของ Gorjian et al. (2021) และ Deepak & Behura (2025) ซึ่งรายงานว่าการเสริมแหล่งความร้อนช่วยลดความผันผวนของอัตราการอบแห้งในระบบพลังงานแสงอาทิตย์ เมื่อเปรียบเทียบกราฟความชื้นกับระยะเวลาการอบแห้งของทั้งสองระบบ (ภาพที่ 1–3) พบว่าแนวโน้มการลดความชื้นมีลักษณะใกล้เคียงกัน และสามารถลดความชื้นลง

ถึงระดับเป้าหมายภายในระยะเวลาที่ใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่าระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เสริมลมร้อนไฟฟ้ามีสมรรถนะในการอบแห้งไม่ด้อยไปกว่าตู้อบลมร้อนแบบไฟฟ้า ซึ่งสอดคล้องกับผลการทบทวนของ An et al. (2024)

ผลการทดลองระยะเวลาการอบแห้งสอดคล้องกับแนวคิดของ Afzal et al. (2023) และ Dhass et al. (2025) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าระบบอบแห้งแบบผสมสามารถรักษาระยะเวลาการอบแห้งให้ใกล้เคียงกับระบบอบแห้งแบบใช้ไฟฟ้า ในขณะเดียวกันยังช่วยลดการพึ่งพาพลังงานไฟฟ้าโดยรวมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น งานวิจัยในอนาคตสามารถต่อยอดโดยการเพิ่มระยะเวลาการอบแห้ง การปรับกลยุทธ์การควบคุมอุณหภูมิและอัตราการไหลของอากาศ หรือการนำระบบกักเก็บพลังงานความร้อนมาใช้เพื่อชดเชยความผันแปรของพลังงานแสงอาทิตย์ หรือการเพิ่มระยะเวลาการอบแห้งเพิ่มมากขึ้น เพื่อให้ได้ความชื้นของผลิตภัณฑ์ถึงระดับเป้าหมาย 25 %w.b. ตามมาตรฐานการผลิต

ผลลัพธ์การเปรียบเทียบการใช้กำลังไฟฟ้าแสดงให้เห็นว่าการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแหล่งความร้อนไฟฟ้าสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพและระยะเวลาการอบแห้ง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Udomkun et al. (2020), An et al. (2024) และ Deepak & Behura (2025) ที่พบว่าระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมมีค่า SEC ต่ำกว่าระบบอบแห้งแบบใช้ไฟฟ้าอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม จากผลการศึกษานี้พบว่าการประเมินการใช้พลังงานและค่า SEC ดังกล่าวเป็นผลที่ได้จากการดำเนินการอบแห้งในรูปแบบ การอบแบบแดดเต็มวัน (08.00–16.00 น.) เท่านั้น ซึ่งยังมีข้อจำกัดด้านช่วงเวลาการรับพลังงานแสงอาทิตย์ ดังนั้น งานวิจัยในอนาคตสามารถต่อยอดโดยการเพิ่มระยะเวลาการอบแห้ง การปรับกลยุทธ์การควบคุมพลังงานเสริม ระบบการเขย่าถาดอบ หรือการนำระบบกักเก็บพลังงานความร้อนมาใช้ เพื่อประเมินค่า SEC ภายใต้เงื่อนไขการทำงานที่หลากหลายและใกล้เคียงการใช้งานจริงในระดับอุตสาหกรรมมากยิ่งขึ้น

ผลการประเมินประสิทธิภาพการอบแห้งสอดคล้องกับการวิเคราะห์ด้านพลังงานของ An et al. (2024) และ Gorjian et al. (2021) สาเหตุสำคัญที่ทำให้ระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เสริมลมร้อนไฟฟ้ามีประสิทธิภาพสูง เกิดจากการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งความร้อนหลักในบางช่วงเวลา ช่วยลดภาระการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยตรง ขณะเดียวกันการเสริมความร้อนด้วยขดลวดไฟฟ้าทำให้สามารถควบคุมอุณหภูมิได้อย่างสม่ำเสมอ ส่งผลให้การระเหยน้ำเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีเสถียรภาพมากขึ้น (Afzal et al., 2023; Dhass et al., 2025) จากผลการทดลองพบว่าการอบแห้งในช่วงเวลาแดดเต็มวัน 08.00–16.00 น. ยังไม่สามารถลดความชื้นของมะละกอเชื่อมลงถึง 25 %w.b. ได้ โดยจากแนวโน้มอัตราการลดความชื้นในช่วงปลายของ

กระบวนการ คาดว่าระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เสริมลมร้อนไฟฟ้าจะต้องใช้เวลาอบต่อประมาณ 2–3 ชั่วโมง ขณะที่ตู้อบลมร้อนแบบใช้ไฟฟ้าจะใช้เวลาอบต่อประมาณ 1.5–2 ชั่วโมง ทั้งนี้ช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงที่อัตราการระเหยน้ำลดลงเนื่องจากเข้าสู่ระยะ Falling rate period เพื่อให้ได้ค่าความชื้นที่ต้องการ ถึงแม้ระบบไฟฟ้าลดความชื้นได้มากกว่าเฉลี่ยประมาณ 4.2 %w.b. แต่ใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่า สามารถนำไปทดสอบและปรับปรุงกระบวนการได้ในอนาคต

ผลการประเมินคุณภาพของมะละกอเชื่อมอบแห้งโดยใช้ระบบสี CIE L*a*b* การเกิดปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชัน ส่งผลให้สีเข้มขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ ศรัญญา ทองอุดม และนันทวัน เทิดไทย (2556) ในขณะที่การเกิดสีคล้ำอมแดงอย่างเด่นชัด สอดคล้องกับการเกิดปฏิกิริยา Maillard ภายใต้อุณหภูมิสูง (Minuye et al., 2021) ในขณะที่สีสว่างและมีลักษณะเหลืองทองใกล้เคียงผลิตภัณฑ์แปรรูปคุณภาพสูง ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับงานของ Caparino et al. (2012) และ Khwanchai & Fong-In (2024) ที่รายงานว่าการควบคุมอุณหภูมิอย่างเหมาะสมช่วยลดการเกิดสีคล้ำและรักษาคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์

สรุปผล

การศึกษาการอบแห้งมะละกอเชื่อมที่อุณหภูมิ 55 °C ภายใต้เงื่อนไขการอบแห้งในช่วงเวลาแดดเต็มวัน (08.00–16.00 น.) พบว่าทั้งระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เสริมลมร้อนไฟฟ้าและตู้อบลมร้อนแบบใช้ไฟฟ้าสามารถลดความชื้นของผลิตภัณฑ์จากค่าความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยประมาณ 57.3 %w.b. ลงได้อย่างต่อเนื่อง แต่ยังไม่สามารถลดความชื้นลงถึงระดับเป้าหมาย 25 %w.b. ภายในช่วงเวลาการอบแห้งดังกล่าว อย่างไรก็ตาม ระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เสริมลมร้อนไฟฟ้ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแหล่งไฟฟ้าน้อยกว่าตู้อบลมร้อนแบบใช้ไฟฟ้าอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่า SEC ต่ำกว่าและให้ประสิทธิภาพการอบแห้งสูงกว่า แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการประหยัดพลังงานและความเหมาะสมในการนำไปพัฒนาต่อยอดเพื่อการใช้งานในอนาคต นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ที่อบด้วยระบบพลังงานแสงอาทิตย์เสริมลมร้อนไฟฟ้ายังมีลักษณะสีสว่าง เหลืองทอง แสดงให้เห็นว่าระบบดังกล่าวมีศักยภาพในการประหยัดพลังงานและรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์อบแห้งได้ดีกว่าการอบด้วยไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว ข้อเสนอแนะ ควรพัฒนาระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เสริมลมร้อนไฟฟ้าให้เหมาะสมกับการใช้งานเชิงพาณิชย์ โดยปรับปรุงการควบคุมอุณหภูมิและการกระจายลมร้อนให้สม่ำเสมอยิ่งขึ้น นอกจากนี้ควรศึกษาผลของอุณหภูมิและความหนาชิ้นมะละกอที่แตกต่างกัน รวมถึงการประเมินคุณภาพด้านโภชนาการและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ เพื่อเพิ่มศักยภาพการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปผลไม้และการใช้พลังงานอย่างยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ขอขอบคุณ ทีมวิจัยสาขาวิศวกรรมพลังงานทดแทน และขอขอบคุณทุนสนับสนุนงานวิจัยภายใต้โครงการผลิตและพัฒนาศักยภาพบัณฑิตด้านพลังงานทดแทนในกลุ่มประเทศอาเซียนสำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิต วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่สนับสนุนสิ่งอำนวยความสะดวกและงบประมาณการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

จิราภรณ์ แก้วเดียว. 2562. การประเมินสมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับรังสีอินฟาเรด สำหรับผลิตภัณฑ์ปลา. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ศรัญญา ทองอุดม และนันทวัน เทิดไทย (2556) เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 51 สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์, สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. กรุงเทพฯ. หน้า 356-360

อวิรุทธ์ บัวใหญ่, ยิ่งรักษ์ อรรถเวชกุล, ธเนศ ไชยชนะ, ปฏิพัทธ์ ถนอมพงษ์ชาติ, วศิน์วิโรตม์ เนติศักดิ์, & ภคมน ปินตานา. (2567). การศึกษาความเป็นไปได้ในการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่ส่งผลต่อความชื้นและคุณภาพสีของเห็ดเยื่อไผ่เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตของวิสาหกิจชุมชนเพาะเห็ดเยื่อไผ่และแปรรูปบ้านกอรวก. งานประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 17, 28-30 ตุลาคม 2567 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แม่ริม. 188-198.

An, J., Xie, H., Yan, J., Wei, H., Wu, Y., & Liao, X. (2024). A review of applications of energy analysis: Grain, fruit and vegetable drying technology. *Energy Reports*, *12*, 5482-5506.

Afzal, A., Iqbal, T., Ikram, K., Anjum, M. N., Umair, M., Azam, M., ... & Majeed, F. (2023). Development of a hybrid mixed-mode solar dryer for product drying. Heliyon, 9(3).

Caparino, O.A., Tang, J., Nindo, C. I., Sablani, S. S., Powers, J. R., & Fellman, J. K. (2012). Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine ‘Carabao’ var.) powder. Journal of Food Engineering, 111, 135-148

Deepak, C. N., & Behura, A. K. (2025). Thermal and environmental analysis of Cucumis sativus drying in a mixed mode solar dryer with combined sensible and latent heat energy storage. Scientific Reports, 15, Article number 7715. https://doi.org/10.1038/s41598-025-91971-4

Dhass, A. D., Beemkumar, N., Sunil Kumar, M., & Kamakshi Priya, K. (2025). Enhancing Solar Drying Systems through Integrated Thermal Energy Storage and Solar-Assisted Heat Pump Technologies: A Pathway to Sustainable Food Processing. *Results in Engineering*, 107125.

Gorjian, S., Hosseingholilou, B., Jathar, L. D., Samadi, H., Samanta, S., Sagade, A. A., ... & Sathyamurthy, R. (2021). Recent advancements in technical design and thermal performance enhancement of solar greenhouse dryers. *Sustainability*, *13*(13), 7025.

Kaur, D., Singh, M., Zalpouri, R., Kaur, P., & Gill, R. S. (2024). Enhancing physicochemical properties of papaya through osmotic dehydration with various natural sweeteners. Scientific Reports, 14(1), 23797.

Khwanchai, P., & Fong-In, S. (2024). Effect of Microwave Drying and then Hot-Air Drying on Quality of Longan Flesh. RMUTP Research Journal Sciences and Technology, 18(1), 12-24.

Minuye M, Getachew P, Laillou A, Chitekwe S, Baye K. Effects of different drying methods and ascorbic acid pretreatment on carotenoids and polyphenols of papaya fruit in Ethiopia. Food Sci Nutr. 2021 May 4;9(6):3346-3353. doi: 10.1002/fsn3.2324. PMID: 34136199; PMCID: PMC8194739.

Udomkun, P., Romuli, S., Schock, S., Mahayothee, B., Sartas, M., Wossen, T., ... & Müller, J. (2020). Review of solar dryers for agricultural products in Asia and Africa: An innovation landscape approach. Journal of Environmental management, 268, 110730.

การศึกษาตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยอ้อมที่ใช้แผงรับรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบร่วมกับฮีตเตอร์ไฟฟ้าที่ถูกควบคุมโดยอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่งสำหรับอบแห้งใบกระท่อมเชิงพาณิชย์

A Study of Indirect Solar Dryers using a Flat Plate Collector and an Electric Heater Controlled by Internet of Things for Drying Commercial Kratoms

ธัญญานันท์ นิธิสถิตย์พล, ยุทธพงษ์ ตาระปิน, สุทัตชา รุ่งสว่าง, รจพรรณ นิรัญศิลป์, ปริญ คงกระพันธ์, เสมอขวัญ ตันติกุล, นิกราน หอมดวง, กิตติกร สาสุจิตต์, สุระพล ริยะนา*

Tanyanan Nitisatitpon, Yuthapong Tarapin, Sutatcha Rungsawang, Rotjapun Nirunsin, Parin Khongkrapan, Samerkhwan Tantikul, Nigran Homdoung, Kittikorn Sasujit, Surapon Riyana*

วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

School of Renewable Energy, Maejo University, Nongharn, Sansai, Chiangmai, 50290

* Corresponding author: Tel.: 0933036346. E-mail address: surapon_r@mju.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและประเมินสมรรถนะตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบทางอ้อมร่วมกับฮีตเตอร์ไฟฟ้าที่ควบคุมด้วยระบบอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) สำหรับการอบแห้งใบกระท่อมเชิงพาณิชย์ โดยใช้แผงรับรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบขนาด 1.2 x 2.4 x 0.3 m ทำงานร่วมกับฮีตเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1,000 W ควบคุมผ่านโหนดเอ็มซียูอีเอสพี 8266 และเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ SHT31 เพื่อรักษาระดับอุณหภูมิภายในตู้อบขนาด 1.5 x 1.5 x 1.4 m ผลการศึกษาพบว่า การใช้พลังงานแบบผสมผสานสามารถยกระดับและควบคุมอุณหภูมิได้คงที่ตั้งแต่ช่วง 40 °C ถึง 79 °C ซึ่งมีเสถียรภาพมากกว่าการใช้แหล่งพลังงานเดี่ยวที่มีข้อจำกัดด้านอุณหภูมิและความแปรปรวนของสภาพอากาศ ในการทดสอบอบแห้งใบกระท่อมสดที่มีความชื้น 65% ถึง 75% ให้เหลือ 8% ถึง 10% พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิช่วยลดระยะเวลาการอบแห้งลงได้ โดยการอบที่อุณหภูมิ 70 °C ถึง 79 °C ใช้เวลาสั้นที่สุดเพียง 240 min อย่างไรก็ตามอุณหภูมิที่สูงส่งผลลบต่อคุณภาพสารสำคัญและค่าสีจากการวิเคราะห์สารสำคัญด้วยเทคนิค HPLC พบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดคือการอบที่อุณหภูมิ 40 °C ถึง 49 °C ซึ่งสามารถรักษาปริมาณสารไมทราไจนีน (Mitragynine) ได้สูงสุดที่ร้อยละ 1.2 W/W (Weight/Weight) และรักษาคุณภาพสีใบให้มีความสว่างและคงความเป็นสีเขียวธรรมชาติได้ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการอบแบบเดิมที่ไม่มีการควบคุมซึ่งต้องใช้เวลานานถึง 1,080 min ระบบที่พัฒนาขึ้นนี้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตเชิงพาณิชย์ได้ดีกว่า 3 เท่า

คำสำคัญ: ตู้อบแห้ง, ใบกระท่อม, ไมทราไจนีน, อินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง

Abstract

This research aimed to develop and evaluate the performance of an indirect solar dryer integrated with an electric heater controlled by an Internet of Things system for the commercial drying of kratom leaves. A flat-plate solar collector with dimensions of 1.2 × 2.4 × 0.3 m was employed in conjunction with a 1,000 W electric heater, which was controlled via an NodeMCU ESP8266 and an SHT31 sensor to maintain the temperature inside a drying chamber measuring 1.5 × 1.5 × 1.4 m. The results indicated that the hybrid energy system could elevate and maintain a stable drying temperature in the range of 40 °C to 79 °C, demonstrating greater stability than single-energy-source systems, which are limited by temperature fluctuations and weather variability. Drying experiments on fresh kratom leaves with an initial moisture content of 65% to 75% (wet basis) reduced the moisture content to 8% to 10%. The findings showed that increasing the drying temperature significantly shortened the drying time, with the shortest duration of only 240 min observed at temperatures between 70 °C and 79 °C. However, high drying temperatures adversely affect the quality of bioactive compounds and color characteristics. Analysis of the major bioactive compound using high-performance liquid chromatography (HPLC) revealed that the optimal drying condition was achieved at temperatures between 40 °C and 49 °C, which preserved the highest mitragynine content of 1.2% (w/w) and maintained superior color quality, characterized by higher brightness and retention of the natural green color of the leaves. Compared with conventional uncontrolled drying, which required up to 1,080 min, the developed system improved commercial production efficiency by more than threefold.

Keywords: Drying Cabinet, Kratom, Mitragynine, Internet of Things

บทนำ

พืชกระท่อม (*Mitragyna Speciosa*) เป็นพืชสมุนไพรพื้นบ้านที่มีบทบาทสำคัญของคนไทยถูกใช้เป็นสมุนไพร โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคใต้และภาคกลางซึ่งมีการใช้ใบกระท่อมเพื่อบรรเทาอาการปวดกล้ามเนื้ออ่อนเพลีย แก้ท้องร่วง ลดไข้ และต้านการอักเสบ ด้วยคุณสมบัติทางเภสัชวิทยา (อำนวย, 2565) โดยเฉพาะสารออกฤทธิ์สำคัญอย่างไมทราไจนีนที่มีฤทธิ์ต่อระบบประสาทและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระทำให้กระท่อมได้รับความสนใจในฐานะสมุนไพรที่มีศักยภาพสูงในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สุขภาพ (จันทิมา และคณะ, 2567) ภายหลังจากที่ประเทศไทยประกาศในราชกิจจานุเบกษาเมื่อวันที่ 24 สิงหาคม พ.ศ. 2564 ให้ยกเลิกพืชกระท่อมออกจาก

บัญชียาเสพติดประเภท 5 ส่งผลให้ประชาชนสามารถปลูกเพื่อบริโภคและซื้อขายใบกระท่อมได้โดยไม่ผิดกฎหมาย ภายในประเทศไม่ต้องขออนุญาตหากเป็นการใช้ตามวิถีชาวบ้าน เช่น การเคี้ยวใบสด ต้มดื่มหรือชงชา อย่างไรก็ตามการผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์กระท่อมในเชิงพาณิชย์ เช่น กระท่อมแคปซูล ชากระท่อมหรือสารสกัดสมุนไพรยังคงต้องอยู่ภายใต้การควบคุมของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อ.ย.) ตามพระราชบัญญัติผลิตภัณฑ์สมุนไพร พ.ศ. 2562 เพื่อให้เกิดความปลอดภัยและมาตรฐานในการบริโภค (กลุ่มงานวิจัยและพัฒนานักวิชาการ, 2564) โดยในปี พ.ศ. 2568 อ.ย. ได้อนุญาตให้ใช้สารสกัดไมทราไจนีนในอาหารได้ในปริมาณไม่เกิน 3 mg/day ซึ่งเป็นปริมาณที่ปลอดภัยและมีประโยชน์ต่อสุขภาพ (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2568) ส่งผลให้กระท่อมกลายเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดใหม่ที่ได้รับความสนใจจากเกษตรกรทั่วประเทศ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีสภาพภูมิอากาศเหมาะสมต่อการปลูกภาคใต้และภาคกลางการขยายตัวของการปลูกกระท่อมและการแปรรูปผลิตภัณฑ์จึงเป็นโอกาสสำคัญในการสร้างรายได้และส่งเสริมเศรษฐกิจฐานราก

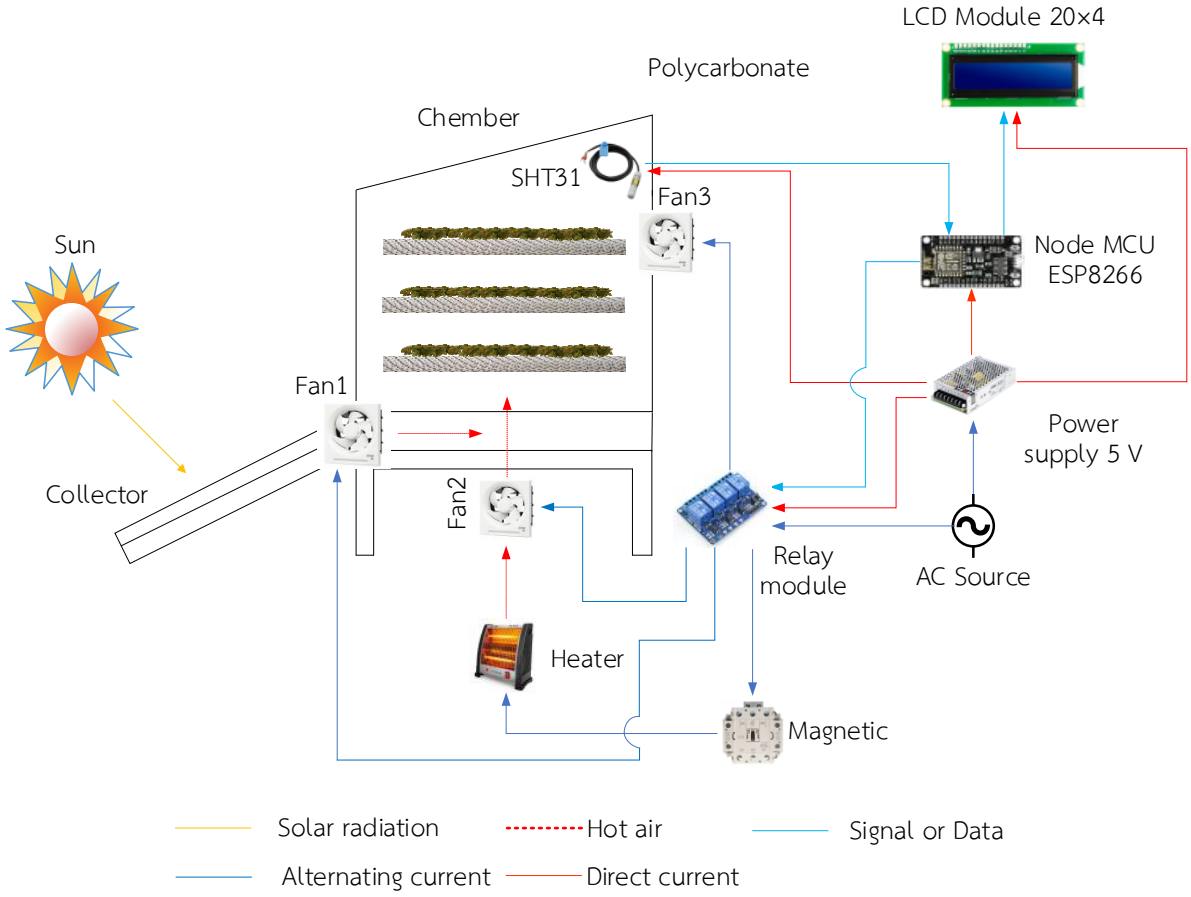
หนึ่งในขั้นตอนสำคัญของกระบวนการแปรรูปใบกระท่อมคือการอบแห้งซึ่งมีผลโดยตรงต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยเฉพาะการคงปริมาณสารไมทราไจนีนและคุณภาพสีของใบกระท่อมโดยวิธีแบบดั้งเดิมเกษตรกรนิยมใช้วิธีการตากแดดกลางแจ้งใช้เวลาประมาณ 5 h ถึง 6 h ซึ่งเป็นวิธีที่ประหยัดและทำได้ง่าย แต่ก็มีข้อจำกัดหลายประการได้แก่ ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นได้เสี่ยงต่อการปนเปื้อนจากฝุ่น แมลง และสิ่งสกปรกอีกทั้งยังขึ้นอยู่กับสภาพอากาศเป็นหลัก โดยเฉพาะในฤดูฝนที่มีความชื้นสูงทำให้ใบไม่แห้งสนิทเกิดเชื้อราและสีคล้ำ ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของตลาดขณะที่ในช่วงแดดจัดเกินไปอาจทำให้สารสำคัญลดลงและใบชีดหรือไหม้ (กฤษฎางค์ และคณะ, 2564), (ศิริชัย และคณะ, 2565) แม้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะช่วยลดข้อจำกัดบางประการได้แต่หากใบกระท่อมยังได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงจะยังคงเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีจากเขียวเป็นสีน้ำตาลหรือดำได้อย่างไรก็ตามการใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ออกแบบให้ป้องกันแสงแดดไม่ให้ตกกระทบวัตถุดิบโดยตรงสามารถช่วยรักษาคุณภาพสีและความสะอาดของใบกระท่อมได้ดียิ่งขึ้นแต่ยังมีข้อจำกัดในการใช้งานตอนกลางคืนหรือวันที่ไม่มีแสงแดดส่งผลให้ไม่สามารถอบได้ต่อเนื่องและประสิทธิภาพลดลงในช่วงฤดูฝนรวมทั้งยังควบคุมอุณหภูมิและความชื้นได้ไม่แม่นยำเท่าที่ควรในทางตรงกันข้ามการใช้แหล่งพลังงานความร้อนเสริมเช่น ฮีตเตอร์ (Heater) หรือก๊าซหุงต้ม (Liquefied Petroleum Gas: LPG) สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ดีและใช้งานได้ตลอด 24 h (ธีรพงศ์ และคณะ, 2564), (พีรวัจน์ และสถิต, 2564), (Duraisamy et al., 2019) แต่ก็มีข้อเสียสำคัญคือต้นทุนพลังงานที่สูงขึ้น

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษาและพัฒนาตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแหล่งพลังงานความร้อนเสริมคือ ฮีตเตอร์ไฟฟ้า โดยที่แผงรับรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบเป็นตัวสะสมความร้อนได้อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิรอบข้างควบคุมการทำงานผ่านระบบอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง (วีรวัตร และคณะ, 2566) โดยใช้โหนดเอ็มซียูอีเอสพี 8266 (Node MCU ESP8266) ร่วมกับเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ SHT31 เพื่อทำการควบคุมอุปกรณ์ที่ให้ความร้อนภายในตู้อบและพัดลมเพื่อดูดความชื้นออกจากใบกระท่อม พร้อมแสดงผลผ่านหน้าจอแอลซีดีโมดูล (LCD Module) การศึกษาตู้อบแห้งแบบผสมผสานนี้มีเป้าหมายเพื่อ

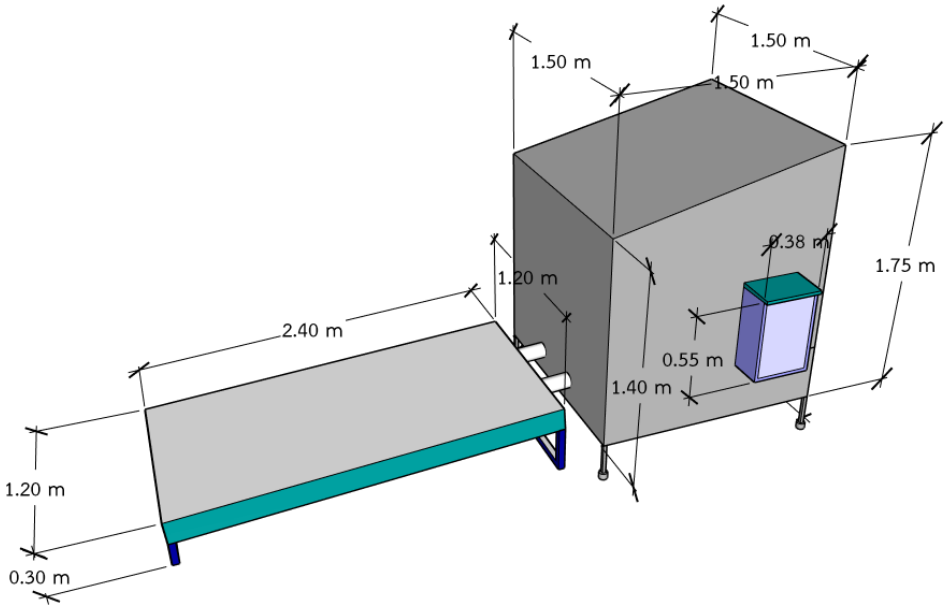
รักษาคุณภาพของใบกระท่อมในด้านของค่าสี L*a*b* เพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจให้แก่ผลิตภัณฑ์กระท่อมในระดับอุตสาหกรรม และส่งเสริมให้กระท่อมเป็นพืชเศรษฐกิจที่ยั่งยืนในอนาคต

วิธีการดำเนินการวิจัย

การทดลองตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยอ้อมที่ใช้แผงรับรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบร่วมกับฮีตเตอร์ไฟฟ้าที่ถูกควบคุมโดยอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่งสำหรับอบแห้งใบกระท่อมเชิงพาณิชย์ที่มีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ดังรูปที่ 1 โดยตู้อบแห้งที่จะศึกษานั้นมีขนาด 1.5 x 1.5 x 1.4 m สร้างขึ้นจากแผ่นเมทัลชีท (Metal sheet) และแผ่นสแตนเลสที่มีความหนา 3 mm ภายในตู้อบแห้งมีถาดสำหรับวางใบกระท่อมทั้งหมด 3 ชั้น แต่ละชั้นมีขนาด 1.2 x 1.2 x 0.3 m บรรจุใบกระท่อมได้ชั้นละ 2 kg รวมทั้งหมด 6 kg ในส่วนของแผ่นแผงรับรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบที่ใช้รับรังสีเพื่อสร้างความร้อนเข้าไปในตู้อบแห้งมีขนาด 1.2 x 2.4 x 0.3 m และติดตั้งฮีตเตอร์ขนาด 1,000 W โดยที่พัดลมที่ใช้ในการดูดความร้อนจากแผ่นแผงรับรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบมีขนาด 40 W จำนวน 2 ตัว และพัดลมดูดความร้อนจากฮีตเตอร์มีขนาด 80 W จำนวน 1 ตัว รวมไปถึงพัดลมที่ใช้ในการดูดความชื้นจากใบกระท่อมที่มีขนาด 60 W จำนวน 1 ตัว โดยที่ตัวคอลโทรลเลอร์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของตู้อบแห้งจะใช้โหนดเอ็มซียูอีเอสพี 8266 ร่วมกับเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ SHT31 ทำหน้าที่สั่งงานอุปกรณ์ไฟฟ้าเช่นพัดลมและฮีตเตอร์ผ่านรีเลย์โมดูล (Relay Module) โดยในกรณีของฮีตเตอร์ซึ่งมีค่ากระแสใช้งานสูงรีเลย์จะส่งสัญญาณต่อไปยังแมคเนติกคอนแทกเตอร์ (Magnetic Contactor) เพื่อทำหน้าที่ตัดต่อวงจรโหลดหลักแทนรีเลย์โดยตรงซึ่งเป็นการป้องกันความเสียหายจากกระแสเกินที่อาจเกิดขึ้นกับหน้าสัมผัสรีเลย์



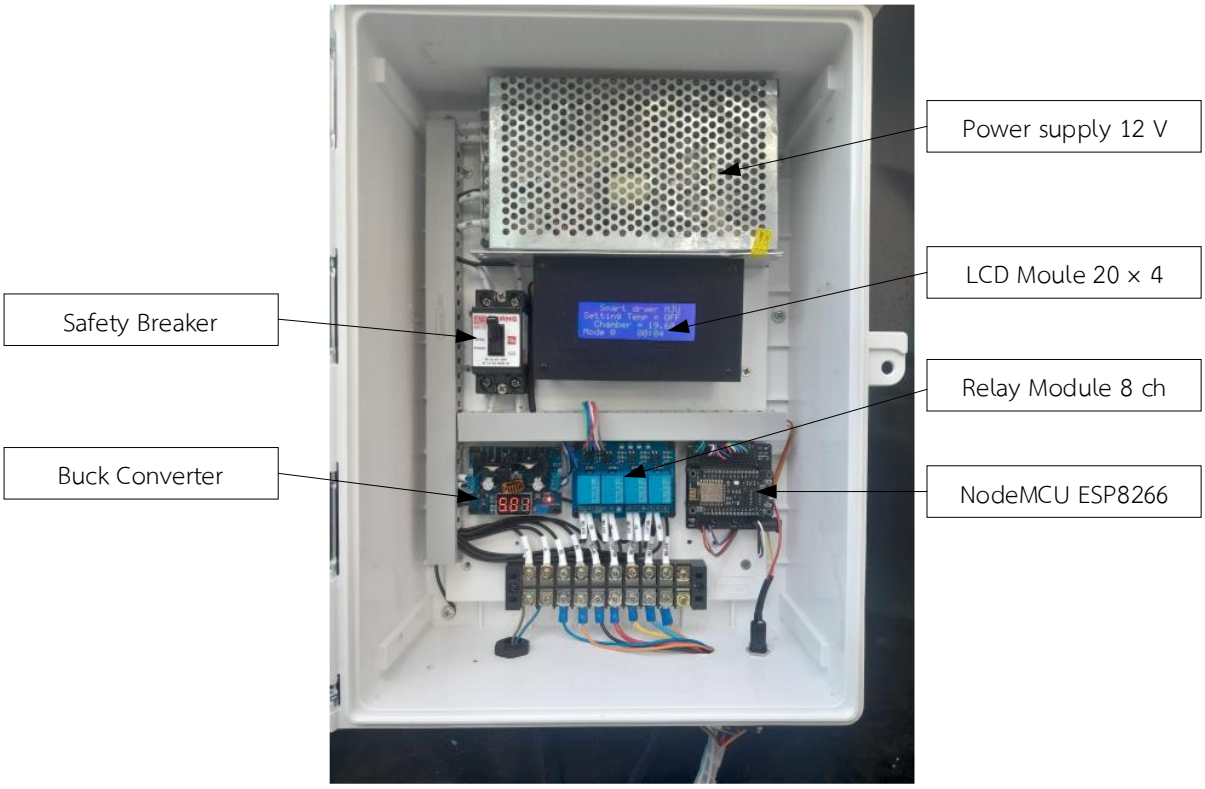
รูปที่ 1 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ของตู้อบแห้ง



รูปที่ 2 ขนาดของตู้อบแห้ง

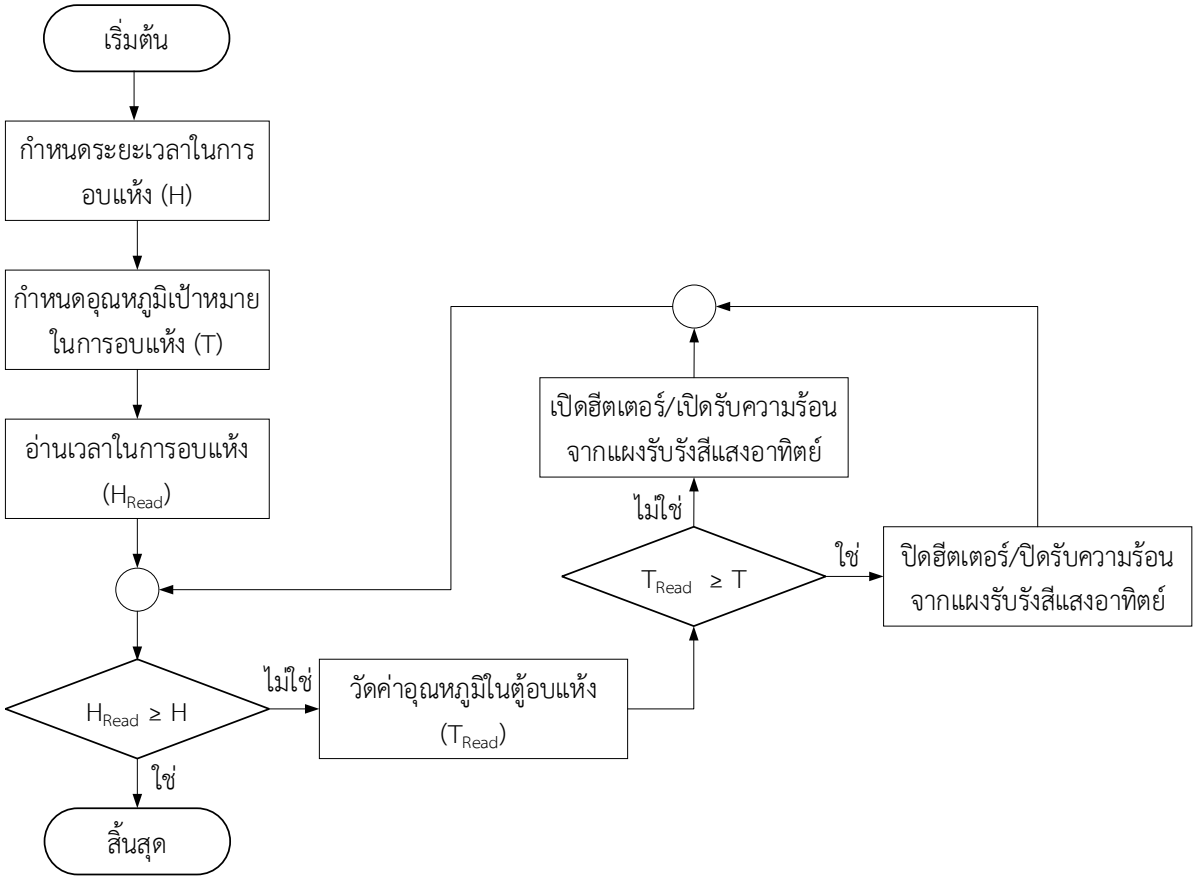


รูปที่ 3 ตู้อบแห้งที่นำเสนอ



รูปที่ 4 ตู้ควบคุมการอบแห้งที่นำเสนอ

ในกระบวนการอบแห้งใบกระท่อมระบบจะทำงานตามลำดับขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 5 โดยเริ่มจากการกำหนดตัวแปรสำคัญได้แก่ H คือระยะเวลาในการอบแห้งที่ต้องการและ T คือค่าอุณหภูมิเป้าหมายสำหรับการอบแห้ง จากนั้นจึงเริ่มนับเวลาในการอบแห้งระหว่างการทำงานระบบจะทำการตรวจวัดอุณหภูมิภายในตู้อบอย่างต่อเนื่องด้วยเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ SHT31 โดยเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิที่วัดได้ (T_{Read}) กับค่าอุณหภูมิเป้าหมาย (T) หากค่าอุณหภูมิที่วัดได้ต่ำกว่าค่าที่กำหนดระบบจะทำการเปิดฮีตเตอร์และเปิดรับพลังงานความร้อนจากแผงรับรังสีแสงอาทิตย์เพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้ง แต่หากค่าอุณหภูมิที่วัดได้สูงกว่าค่าที่กำหนดระบบจะสั่งปิดฮีตเตอร์และหยุดรับพลังงานความร้อนจากแผงรับรังสีแสงอาทิตย์ทันทีเพื่อป้องกันไม่ให้อุณหภูมิสูงเกินค่าที่เหมาะสมซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพของใบกระท่อมได้เมื่ออุณหภูมิอยู่ในช่วงที่เหมาะสมระบบจะคงการทำงานในสถานะเดิมและดำเนินกระบวนการอบแห้งต่อไปอย่างต่อเนื่อง พร้อมทั้งตรวจสอบเวลาอบแห้งไปพร้อมกัน จนกระทั่งเวลาที่ทำการนับ (H_{Read}) มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับระยะเวลาอบที่กำหนด (H) ระบบจึงเข้าสู่ขั้นตอนสิ้นสุดกระบวนการอบแห้ง



รูปที่ 5 กระบวนการทำงานของตู้อบแห้ง

ผลการวิจัย

การทดลองตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยอ้อมที่ใช้แผงรับรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบร่วมกับฮีตเตอร์ไฟฟ้าที่ถูกควบคุมโดยอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่งสำหรับอบแห้งใบกระท่อมเชิงพาณิชย์เป็นงานวิจัยที่มุ่งเน้นการประเมินประสิทธิภาพของตู้อบแห้งที่ใช้ความร้อนร่วมระหว่างความร้อนจากแสงอาทิตย์ผ่านแผ่น แผงรับรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบและความร้อนจากฮีตเตอร์ไฟฟ้ามายังตู้อบแห้งใบกระท่อมเพื่อทำการตรวจวัดค่าความชื้นในใบกระท่อมโดยมีการทดลองดังต่อไปนี้

การทดลองสมรรถนะตู้อบแห้งที่ใช้แหล่งพลังงานและระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินสมรรถนะการทำงานของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบทางอ้อมร่วมกับฮีตเตอร์ไฟฟ้าภายใต้รูปแบบการให้พลังงานที่แตกต่างกันรวมทั้งศึกษาความสามารถในการรักษาอุณหภูมิภายในห้องอบและผลกระทบต่อเวลาการอบแห้งของใบกระท่อมในระดับอุตสาหกรรมเชิงพาณิชย์

อุปกรณ์สำหรับตรวจวัดอุณหภูมิใช้เครื่อง TA216C (TASI) พร้อมหัววัดชนิด K-Type Thermocouple ซึ่งมีช่วงการวัด -200 °C ถึง 1,372 °C ความแม่นยำ ±0.2% + 0.7 °C และอัตราการสุ่มตัวอย่าง 1 min^{-1} เพื่อให้ได้ค่าการวัดที่ต่อเนื่องและมีความแม่นยำโดยการดำเนินการทดลอง ได้แก่

- การใช้แสงอาทิตย์โดยตรงกับตู้อบแห้ง
- การใช้ฮีตเตอร์ไฟฟ้า
- การใช้แผงรับรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ
- การใช้แบบผสมผสานระหว่างแผงรับรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบและฮีตเตอร์ไฟฟ้า

ผลการวัดทดลองจากการใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยตรงกับตู้อบแห้งโดยเวลาการทดสอบ 6 h วันที่ 2 พฤศจิกายน 2568 แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การใช้แสงอาทิตย์โดยตรงกับตู้อบแห้ง

รายการ	**เวลา**						
	09.00 น.	10.00 น.	11.00 น.	12.00 น.	13.00 น.	14.00 น.	15.00 น.
ความเข้มแสง (W/m^2)	521.0	595.0	704.0	771.0	706.4	687.8	660.0
อุณหภูมิภายนอกตู้อบแห้ง (°C)	22.5	25.7	30.4	30.7	30.5	29.7	28.5
อุณหภูมิภายในตู้อบแห้ง (°C)	22.8	29.9	37.7	40.2	40.8	40.1	34.5
ความชื้นภายในตู้อบแห้ง (%)	82.0	75.0	68.0	55.0	42.0	36.0	28.0

ผลการทดลองจากการใช้ฮีตเตอร์ไฟฟ้าในการสร้างความร้อนในห้องอบแห้งโดยเวลาการทดสอบ 6 h วันที่ 4 พฤศจิกายน 2568 แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การใช้ฮีตเตอร์ไฟฟ้า

รายการ	เวลา						
	09.00 น.	10.00 น.	11.00 น.	12.00 น.	13.00 น.	14.00 น.	15.00 น.
อุณหภูมิภายนอกตู้อบแห้ง (°C)	26.7	27.3	28.0	28.7	28.3	29.8	25.2
อุณหภูมิภายในตู้อบแห้ง (°C)	48.2	51.1	50.4	52.4	52.0	53.7	53.9
ความชื้นภายในตู้อบแห้ง (%)	55.0	48.0	41.0	33.0	25.0	22.0	20.0

ผลการทดลองจากการใช้พลังงานความร้อนจากแผงรับรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบโดยเวลาการทดสอบ 6 h วันที่ 5 พฤศจิกายน 2568 แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การใช้แผงรับรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ

รายการ	เวลา						
	09.00 น.	10.00 น.	11.00 น.	12.00 น.	13.00 น.	14.00 น.	15.00 น.
ความเข้มแสง (W/m^2)	660.0	676.3	655.0	671.0	676.2	660.0	685.5
อุณหภูมิภายนอกตู้อบแห้ง (°C)	28.5	29.2	28.3	29.0	29.2	28.5	29.6
อุณหภูมิภายในตู้อบแห้ง (°C)	33.1	34.8	42.2	39.5	40.1	40.9	40.7
ความชื้นภายในตู้อบแห้ง (%)	65.0	60.0	56.0	50.0	44.0	37.0	29.0

การทดลองเปรียบเทียบการอบแห้งใบกระท่อมในแต่ละช่วงอุณหภูมิ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินและเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบอบแห้งภายใต้โหมดการควบคุมอุณหภูมิที่แตกต่างกัน โดยพิจารณาผลของแหล่งพลังงานความร้อนต่อความสามารถในรักษาระดับอุณหภูมิภายในห้องอบแห้งตลอดจนเสถียรภาพของอุณหภูมิในช่วงเวลาการทำงานจริง สำหรับระบบอบแห้งที่

พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ใช้แหล่งพลังงานความร้อน 3 รูปแบบ ได้แก่ พลังงานความร้อนจากฮีตเตอร์ไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแผงรับรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบและพลังงานความร้อนแบบผสมผสานระหว่างความร้อนจากฮีตเตอร์และแผงรับรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ

จากการทดลองเบื้องต้นพบว่า การใช้ฮีตเตอร์ไฟฟ้าเพียงอย่างเดียวสามารถควบคุมอุณหภูมิภายในห้องอบแห้งได้ในช่วงประมาณ 40 ℃ ถึง 49 ℃ โดยมีข้อจำกัดจากกำลังไฟฟ้าของฮีตเตอร์ที่ใช้ซึ่งมีขนาด 1,000 W ทำให้ไม่สามารถผลิตความร้อนที่สูงกว่านี้ได้อย่างมีเสถียรภาพในสภาวะการใช้งานจริง ในขณะเดียวกันการใช้แผงรับรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบเพียงอย่างเดียวก็สามารถสร้างอุณหภูมิภายในห้องอบได้สูงสุดในช่วงใกล้เคียงกัน คือประมาณ 40 ℃ ถึง 49 ℃ เช่นกันทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่รับรังสีของแผงรับรังสีแสงอาทิตย์มีขนาดค่อนข้างจำกัดส่งผลให้พลังงานความร้อนที่สะสมและถ่ายเทเข้าสู่ห้องอบมีปริมาณไม่เพียงพอที่จะยกระดับอุณหภูมิให้สูงกว่า 50 ℃ ได้ในสภาวะจริง ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการออกแบบการทดลองในลักษณะโหมดการทำงานหลายรูปแบบคือการใช้พลังงานความร้อนแบบผสมผสานโดยใช้แผงรับรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบและฮีตเตอร์ไฟฟ้าซึ่งกำหนดช่วงควบคุมอุณหภูมิอยู่ที่ 40 ℃ ถึง 49 ℃, 50 ℃ ถึง 59 ℃, 60 ℃ ถึง 69 และ 70 ℃ ถึง 79 ℃ เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้มาเปรียบเทียบสมรรถนะด้านอุณหภูมิประสิทธิภาพการสะสมความร้อนและความเหมาะสมต่อการใช้งานอบแห้งใบกระท่อมโดยมีผลการทดลองดังต่อไปนี้

การใช้แหล่งพลังงานความร้อนแบบผสมผสานจากแผงรับรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบร่วมกับฮีตเตอร์ตั้งค่าควบคุมอุณหภูมิ 40 ℃ ถึง 49 ℃ ใช้เวลาทดสอบ 6 h เวลา 09.00 น. ถึง 15.00 น. เมื่อวันที่ 8 พฤศจิกายน พ.ศ.2568 แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบอุณหภูมิที่มีผลต่อการอบแห้งใบกระท่อมที่อุณหภูมิ 40 °C ถึง 49 °C

รายการ	**เวลา**						
	09.00 น.	10.00 น.	11.00 น.	12.00 น.	13.00 น.	14.00 น.	15.00 น.
ความเข้มแสง (W/m^2)	579.0	649.0	672.0	790.0	765.0	833.0	812.0
อุณหภูมิภายนอกตู้อบแห้ง (°C)	25.0	28.0	29.0	34.0	33.0	36.0	35.0
อุณหภูมิภายในห้องอบแห้ง (°C)	37.0	46.0	48.0	49.0	51.0	47.0	49.0
ความชื้นภายในตู้อบแห้ง (%)	60.0	53.0	46.0	36.0	26.0	22.0	20.0

การใช้แหล่งพลังงานความร้อนแบบผสมผสานจากแผงรับรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบร่วมกับฮีตเตอร์ ตั้งค่าควบคุมอุณหภูมิ 50 °C ถึง 59 °C ใช้เวลาทดสอบ 6 h เวลา 09.00 น. ถึง 15.00 น. เมื่อวันที่ 10 พฤศจิกายน พ.ศ.2568 แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบอุณหภูมิที่มีผลต่อการอบแห้งใบกระท่อมที่อุณหภูมิ 50 °C ถึง 59 °C

รายการ	**เวลา**						
	09.00 น.	10.00 น.	11.00 น.	12.00 น.	13.00 น.	14.00 น.	15.00 น.
ความเข้มแสง (W/m^2)	647.0	788.0	743.0	810.0	880.0	764.0	880.0
อุณหภูมิภายนอกตู้อบแห้ง (°C)	28.0	34.0	32.0	35.0	38.0	33.0	38.0
อุณหภูมิภายในตู้อบแห้ง (°C)	43.0	51.0	54.0	51.0	54.0	53.0	58.0
ความชื้นภายในตู้อบแห้ง (%)	58.0	48.0	38.0	30.0	24.0	20.0	18.0

การใช้แหล่งพลังงานความร้อนแบบผสมผสานจากแผงรับรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบร่วมกับฮีตเตอร์ ตั้งค่าควบคุมอุณหภูมิ 60 °C ถึง 69 °C ใช้เวลาทดสอบ 6 h เวลา 09.00 น. ถึง 15.00 น. เมื่อวันที่ 15 พฤศจิกายน พ.ศ.2568 แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบอุณหภูมิที่มีผลต่อการอบแห้งใบกระท่อมที่อุณหภูมิ 60 °C ถึง 69 °C

รายการ	**เวลา**						
	09.00 น.	10.00 น.	11.00 น.	12.00 น.	13.00 น.	14.00 น.	15.00 น.
ความเข้มแสง (W/m^2)	650.0	695.0	834.0	787.0	764.2	788.0	743.0
อุณหภูมิภายนอกตู้อบแห้ง (°C)	28.0	30.0	36.0	34.0	33.0	34.0	32.0
อุณหภูมิภายในตู้อบแห้ง (°C)	38.0	52.0	62.0	64.0	67.0	60.0	58.0

ความชื้นภายในตู้อบแห้ง (%)	59.0	48.0	37.0	26.0	20.0	18.0	17.0

การใช้แหล่งพลังงานความร้อนแบบผสมผสานจากแผงรับรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบร่วมกับฮีตเตอร์ ตั้งค่าควบคุมอุณหภูมิ 70 ˚C ถึง 79 ˚C ใช้เวลาทดสอบ 6 h เวลา 09.00 น. ถึง 15.00 น. เมื่อวันที่ 16 พฤศจิกายน พ.ศ.2568 แสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบอุณหภูมิที่มีผลต่อการอบแห้งใบกระท่อมที่อุณหภูมิ 70 ˚C ถึง 79 ˚C

รายการ	**เวลา**						
	09.00 น.	10.00 น.	11.00 น.	12.00 น.	13.00 น.	14.00 น.	15.00 น.
ความเข้มแสง (W/m^2)	649.0	695.0	718.0	788.0	812.0	744.0	694.5
อุณหภูมิภายนอกตู้อบแห้ง (°C)	28.0	30.0	31.0	34.0	35.0	32.0	30.0
อุณหภูมิภายในตู้อบแห้ง (°C)	45.0	58.0	74.0	74.0	75.0	76.0	64.0
ความชื้นภายในตู้อบแห้ง (%)	55.0	40.0	32.0	21.0	18.0	16.0	15.0

จากผลการทดลองข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าการใช้แหล่งพลังงานความร้อนเพียงแหล่งเดียวไม่ว่าจะเป็นพลังงานจากแผงรับรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบหรือจากฮีตเตอร์ไฟฟ้าสามารถสร้างอุณหภูมิสำหรับการอบแห้งได้เพียงช่วงอุณหภูมิไม่สูงมากโดยทั่วไปจะอยู่ประมาณ 40 ℃ ถึง 49 ℃ และในสภาพอากาศร้อนจัดหรือในฤดูร้อนการใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวอาจสามารถเพิ่มอุณหภูมิได้สูงขึ้นถึงช่วงประมาณ 50 ℃ ถึง 60 ℃ อย่างไรก็ตามอุณหภูมิจากพลังงานแสงอาทิตย์มีความแปรผันตามสภาพอากาศเมื่อเกิดภาวะเมฆมากหรือแสงอาทิตย์ไม่สม่ำเสมออุณหภูมิภายในห้องอบจะลดลงชั่วขณะและมีความไม่คงที่ในทางตรงกันข้ามการใช้พลังงานจากฮีตเตอร์ไฟฟ้าเพียงอย่างเดียวทำให้อุณหภูมิภายในห้องอบมีความคงที่และต่อเนื่องมากกว่าเนื่องจากไม่ขึ้นอยู่กับสภาพแสงอาทิตย์ภายนอก

เมื่อใช้แหล่งพลังงานร่วมกันระหว่างแผงรับรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบและฮีตเตอร์ไฟฟ้าระบบสามารถยกระดับและควบคุมอุณหภูมิให้สูงขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถตั้งค่าอุณหภูมิให้เหมาะสมต่อ

กระบวนการอบแห้งได้ในช่วงที่กว้างขึ้นช่วง 50 °C ถึง 59 °C, 60 °C ถึง 69 °C หรือแม้กระทั่งช่วง 70 °C ถึง 79 °C ส่งผลให้สามารถเลือกใช้อุณหภูมิให้เหมาะสมกับชนิดวัสดุและวัตถุประสงค์การอบแห้งได้มากขึ้น สำหรับการอบใบกระท่อมพบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมส่วนใหญ่อยู่ในช่วงประมาณ 40 °C ถึง 50 °C หรือ 50 °C ถึง 60 °C โดยใช้เวลาอบประมาณ 6 h ถึง 8 h และให้ค่าความชื้นหลังอบอยู่ในระดับที่เหมาะสม ในขณะที่การใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้น เช่น ในช่วง 60 °C ถึง 70 °C จะช่วยลดระยะเวลาอบลงเหลือประมาณ 4 h ถึง 5 h และสามารถลดความชื้นหลังอบได้อยู่ในช่วงประมาณ 8% ถึง 10% ซึ่งเหมาะสมต่อการเก็บรักษาและคุณภาพของผลิตภัณฑ์อบแห้งต่อไป

นอกจากนี้จากข้อมูลค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบพบว่าเมื่ออุณหภูมิภายในห้องอบเพิ่มสูงขึ้น ค่าความชื้นสัมพัทธ์จะลดลง โดยในช่วงอุณหภูมิ 40 °C ถึง 49 °C ค่าความชื้นลดลงจากประมาณ 60% เหลือประมาณ 20% ขณะที่ในช่วงอุณหภูมิ 50 °C ถึง 59 °C ความชื้นลดลงต่อเนื่องจนอยู่ในช่วงประมาณ 18% ถึง 24% และเมื่อใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นในช่วง 60 °C ถึง 79 °C ความชื้นสัมพัทธ์ลดลงเร็วยิ่งขึ้นจนอยู่ในช่วงประมาณ 15% ถึง 20% ส่งผลให้เกิดการระเหยของน้ำจากใบกระท่อมได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น ส่งผลดีต่อการลดปัญหาความชื้นค้างในผลิตภัณฑ์

หลังจากการอบแห้งผู้วิจัยได้นำผลจำนวน 4 ตัวอย่างวัดความชื้นด้วยเครื่องวัดความชื้น (Moisture meter Model 7806) ได้ค่าความชื้น 7.5% ถึง 8% จากนั้นผู้วิจัยจึงนำไปวิเคราะห์หาค่าสารสำคัญไมทราไจนีนด้วยเครื่อง HPLC Model Flexar ^{TM} LC system PerkinElmer ค่าสี L*a*b* ด้วยเครื่องวัดค่าสีและเวลาในกาอบแห้งในแต่ละช่วงของอุณหภูมิ จะแสดงดังตารางที่ 8 และรูปผลการอบแห้งจะแสดงในรูปที่ 6

ตารางที่ 8 ผลของค่าสารสำคัญไมทราไจนีน สี L*a*b* เวลาและความชื้นจากการอบแห้งที่อุณหภูมิต่างกัน

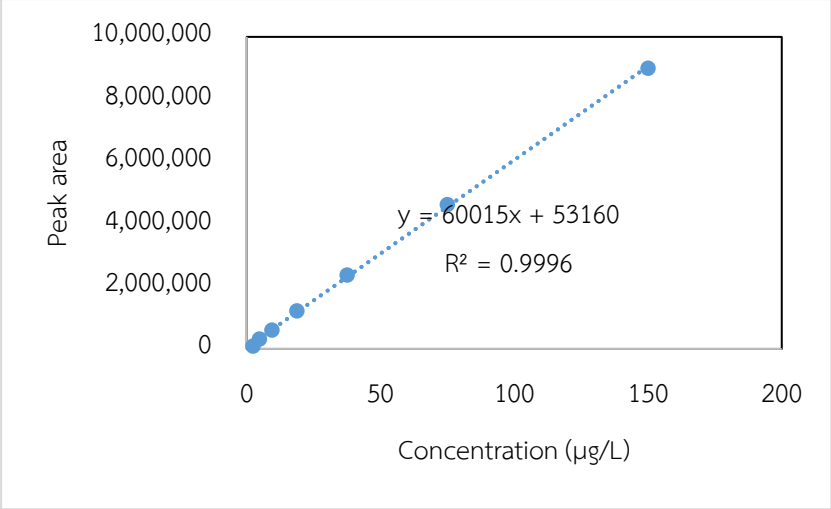
อุณหภูมิ (°C)	สารสำคัญ	ค่าสี			เวลา (h)	ความชื้น (%)
	Mitragynine % W/W	L*	a*	b*		
40 °C ถึง 49 °C	1.2	46.6	-0.7	11.6	6	7.9
50 °C ถึง 59 °C	0.8	45.5	1.5	11.0	5	8.0
60 °C ถึง 69 °C	0.8	44.7	2.1	10.7	4.5	7.5
70 °C ถึง 79 °C	0.6	43.0	3.0	10.0	4	7.8



40 °C ถึง 49 °C 50 °C ถึง 59 °C 60 °C ถึง 69 °C 70 °C ถึง 79 °C

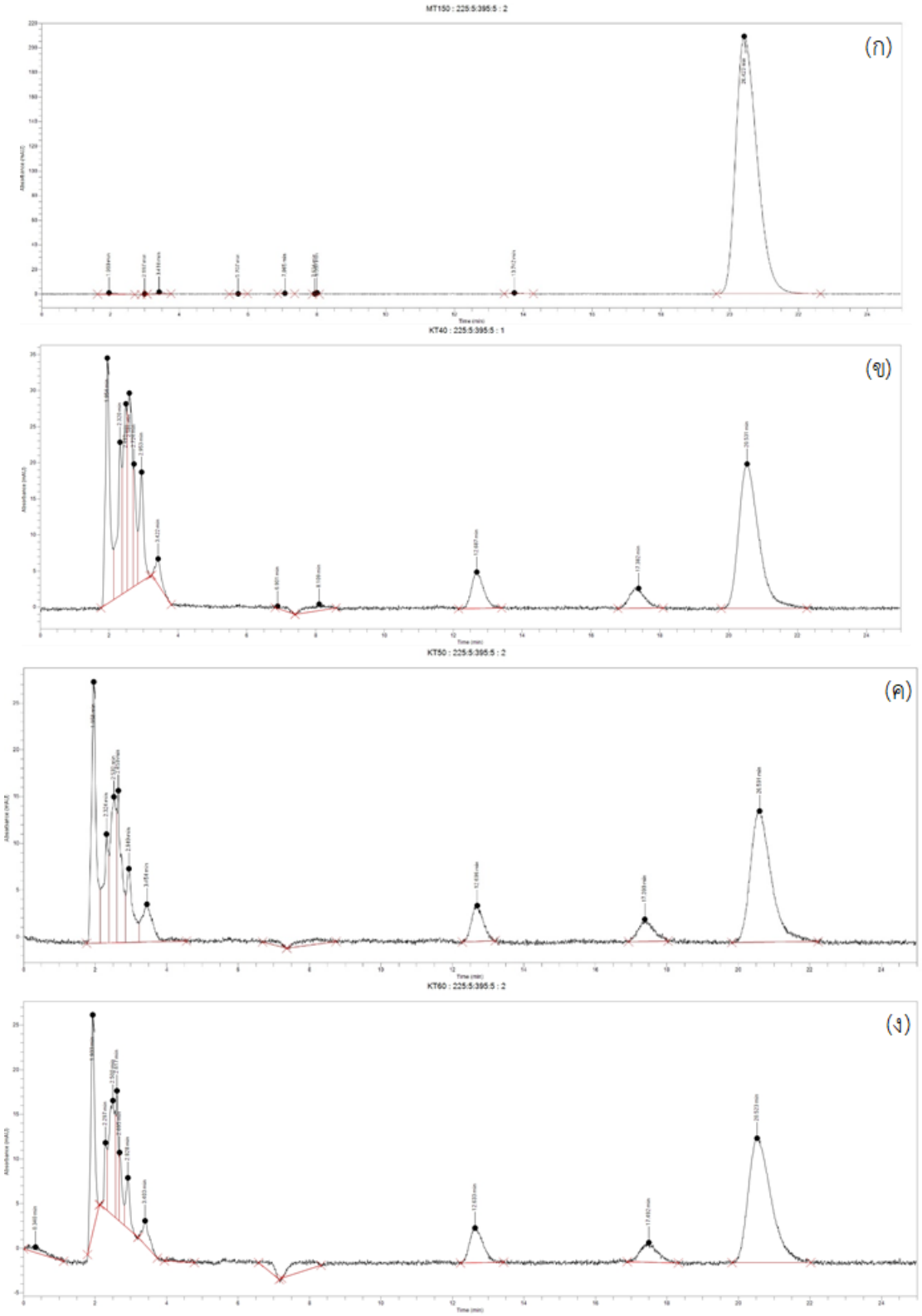
รูปที่ 6 สีของใบกระท่อมที่ผ่านอบแห้งแต่ละช่วงอุณหภูมิ

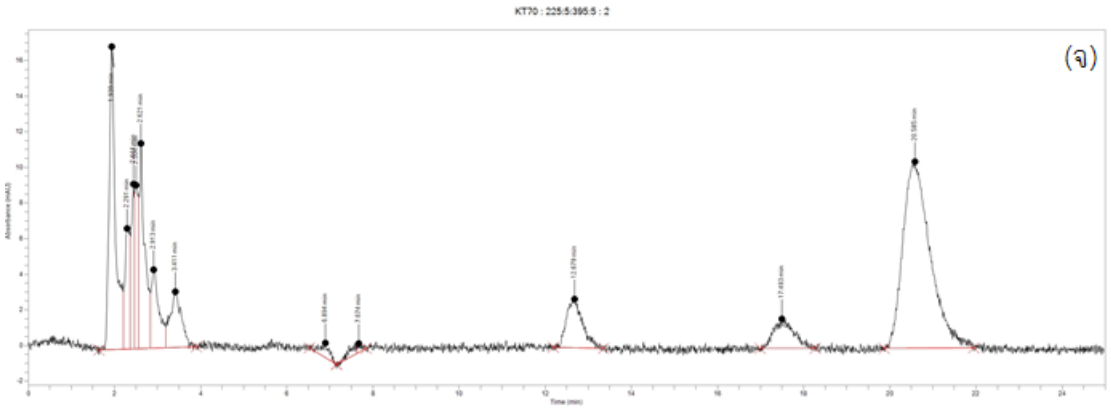
การวิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญไมทราไจนีนในตัวอย่างใบกระท่อมอบแห้งด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ทางเคมีที่ใช้ระบุและหาปริมาณสารประกอบในตัวอย่างของเหลว (High-performance liquid chromatography: HPLC) สภาวะของเครื่อง HPLC รุ่น FLEXAR™ LC Systems, PerkinElmer โดยจากการวิเคราะห์ปริมาณสารมาตรฐานไมทราไจนีนในตัวอย่างใบกระท่อมอบแห้งด้วยเทคนิค HPLC โดยเตรียมสารมาตรฐานที่มีความเข้มข้นในช่วง 2.344-150 µg/ml พบสารมาตรฐานที่เวลา 20.423 min จากนั้นสร้างกราฟระหว่างพื้นที่ใต้พีคกับความเข้มข้นของสารมาตรฐาน ได้กราฟมาตรฐานเป็นเส้นตรงโดยมีค่าสมการเชิงเส้นตรง y = x – และมีค่า R^2 = แสดงกราฟมาตรฐานแสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 กราฟระหว่างพื้นที่ใต้พีคกับความเข้มข้นของสารมาตรฐานไมทราไจนีน

การวิเคราะห์ปริมาณสารมาตรฐานไมทราไจนีนแสดงโครมาโทแกรมของสารมาตรฐานและโครมาโทแกรมในใบกระท่อมอบแห้ง แสดงดังภาพที่ (ก) (ข) (ค) (ง) และ (จ)





รูปที่ 8 โครมาโทแกรมของสารมาตรฐานไมทราไจนีน (ก) โครมาโทแกรมในใบกระท่อมอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 ℃ ถึง 49 ℃ (ข) ที่อุณหภูมิ 50 ℃ ถึง 59 ℃ (ค) ที่อุณหภูมิ 60 ℃ ถึง 69 ℃ (ง) และที่อุณหภูมิ 70℃ ถึง 79 ℃ (จ)

ผลการวิเคราะห์และทดสอบสี

การวิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญที่พบในตัวอย่างใบกระท่อมอบแห้งด้วยเทคนิค HPLC โดยทำการวิเคราะห์ 2 ครั้ง ผลการวิเคราะห์พบว่าในการประเมินคุณภาพทางเคมีของใบกระท่อมที่ผ่านการอบแห้งด้วยสภาวะอุณหภูมิที่แตกต่างกันผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญไมทราไจนีนซึ่งเป็นสารออกฤทธิ์หลักทางเภสัชวิทยาโดยใช้เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (High-Performance Liquid Chromatography: HPLC) ผลการวิเคราะห์สารสำคัญไมทราไจนีนในใบกระท่อมอบแห้งจะแสดงดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์สารสำคัญไมทราไจนีนในใบกระท่อมอบแห้ง

อุณหภูมิที่ใช้อบใบกระท่อม	ผลการทดสอบ		หน่วย
40 ℃ ถึง 49 ℃	การทดลองครั้งที่ 1	12.2	mg/g
	การทดลองครั้งที่ 2	12.2	mg/g
50 ℃ ถึง 59 ℃	การทดลองครั้งที่ 1	8.3	mg/g
	การทดลองครั้งที่ 2	8.3	mg/g
60 ℃ ถึง 69 ℃	การทดลองครั้งที่ 1	8.8	mg/g
	การทดลองครั้งที่ 2	8.6	mg/g
70 ℃ ถึง 79 ℃	การทดลองครั้งที่ 1	6.0	mg/g
	การทดลองครั้งที่ 2	6.3	mg/g

ผลการวัดค่าสีในใบกระท่อมอบแห้งด้วยเครื่องเครื่องวัดสี

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์โดยวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดค่าสี

อุณหภูมิที่ใช้อบใบกระท่อม	ผลการทดสอบ			
	ค่าสี	การทดลองครั้งที่ 1	การทดลองครั้งที่ 2	การทดลองครั้งที่ 3
40 ℃ ถึง 49 ℃	L*	47.4	46.3	46.0
	a*	-0.7	-0.7	-0.6
	b*	11.9	11.5	11.3
50 ℃ ถึง 59 ℃	L*	45.3	45.8	45.5
	a*	1.5	1.6	1.4
	b*	10.7	11.6	10.8
60 ℃ ถึง 69 ℃	L*	44.1	45.6	44.4
	a*	2.1	1.9	2.2
	b*	9.8	11.3	10.9
70 ℃ ถึง 79 ℃	L*	43.1	43.7	42.3
	a*	2.9	2.4	3.6
	b*	9.7	10.3	10.0

จากผลการทดลองในตารางที่ 9 พบว่าเมื่ออุณหภูมิการอบแห้งเพิ่มสูงขึ้นค่าสารไมทราไจนีนมีแนวโน้มลดลงขณะเดียวกันจากผลการวิเคราะห์ค่าสีในตารางที่ 10 พบว่าการเปลี่ยนแปลงของค่าสี L* a* b* มีความสัมพันธ์กับระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการอบโดยค่าสี L* ซึ่งแสดงถึงความสว่างของตัวอย่างมีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แสดงให้เห็นว่าใบกระท่อมมีสีที่เข้มและหม่นลงค่า a* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยค่าที่สูงขึ้นในช่วงอุณหภูมิ 70 ℃ ถึง 79 ℃ บ่งชี้ถึงการสูญเสียความเขียวธรรมชาติของใบจากการเสื่อมสลายของคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll degradation) และสัมพันธ์กับกระบวนการออกซิเดชันของสารประกอบฟีโอโฟบิน (Pheophytin) และโพลีฟีนอล (Polyphenols) ส่งผลให้สีของใบมีแนวโน้มเปลี่ยนไปในโทนสีน้ำตาลอมแดงมากขึ้นส่วนค่า b* ซึ่งแสดงความเหลืองของตัวอย่างมีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น สะท้อนถึงการเสื่อมสลายของรงควัตถุในกลุ่มแคโรทีนอยด์ (Carotenoids) ที่ไวต่อความร้อน ทำให้ใบกระท่อมที่ผ่านการอบในอุณหภูมิสูงมีความเหลืองลดลงอย่างชัดเจน

สรุปผลการทดลอง

จากทดลองตู้อบแห้งและทดสอบประสิทธิภาพการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยอ้อมที่ทำงานร่วมกับฮีตเตอร์ไฟฟ้าควบคุมด้วยระบบอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง สำหรับการอบแห้งใบกระท่อมเชิงพาณิชย์ พบว่าการทดลองอบแห้งใบกระท่อมด้วยระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานระหว่างแผงรับรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบและฮีตเตอร์ไฟฟ้า ในช่วงอุณหภูมิ 40 ℃ ถึง 79 ℃ พบว่าระบบสามารถควบคุมอุณหภูมิและลดความชื้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะช่วง 40 ℃ ถึง 60 ℃ ซึ่งให้สภาวะคงตัวเหมาะสมต่อการอบและสามารถลดความชื้นของใบกระท่อมสู่ระดับประมาณ 15 % ถึง 22% ภายใน 6 h ทั้งนี้แม้การเพิ่มอุณหภูมิจะช่วยลดเวลาอบและลดความชื้นได้รวดเร็วขึ้นแต่ส่งผลต่อคุณภาพทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์อบแห้งและจากผลการวิเคราะห์สารไมทราไจนีนพบว่าอุณหภูมิการอบมีผลโดยตรงต่อปริมาณสารสำคัญโดยช่วง 40 ℃ ถึง 49 ℃ ให้ค่าปริมาณไมทราไจนีนเฉลี่ยสูงสุดประมาณ 12.2 mg/g และมีแนวโน้มลดลงอย่างชัดเจนเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โดยช่วง 50 ℃ ถึง 69 ℃ ให้ค่าเฉลี่ยประมาณ 8 ถึง 9 mg/g และลดต่ำที่สุดในช่วง 70 ℃ ถึง 79 ℃ ประมาณ 6 mg/g สะท้อนว่าสารไมทราไจนีนไวต่อความร้อนสูง การเพิ่มอุณหภูมิทำให้เกิดการเสื่อมสลายเชิงความร้อนและการออกซิเดชันของสารทำให้ความเข้มข้นลดลง ดังนั้นช่วงอุณหภูมิ 40 ℃ ถึง 60 ℃ โดยเฉพาะช่วง 40 ℃ ถึง 50 ℃ จึงเหมาะสมต่อการรักษาปริมาณสารสำคัญมากที่สุด ด้านคุณสมบัติสีพบว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลให้ค่าสีเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยค่า L* (ความสว่าง) ลดลงแสดงถึงสีที่เข้มและมืดขึ้นค่า a* เพิ่มขึ้นต่อเนื่องโดยช่วง 70 ℃ ถึง 79 ℃ ให้ค่า a* สูงสุดสะท้อนถึงการสูญเสียสีเขียวและการเปลี่ยนสู่โทนแดงน้ำตาลจากการเสื่อมสลายของคลอโรฟิลล์และปฏิกิริยาออกซิเดชันของฟีโอโฟบินและโพลีฟีนอลขณะที่ค่า b* มีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นแสดงถึงการลดลงของวัตถุกลุ่มแคโรทีนอยด์ที่ไวต่อความร้อนทำให้ใบมีความเหลืองลดลงชัดเจนในช่วงอุณหภูมิสูงเมื่อพิจารณาผลร่วมด้านการลดความชื้นคุณภาพสารสำคัญและคุณสมบัติสีสามารถสรุปได้ว่าช่วงอุณหภูมิ 40 ℃ ถึง 49 ℃ เหมาะสมที่สุดต่อการรักษาปริมาณไมทราไจนีนและคงความเขียวตามธรรมชาติแต่ใช้เวลาอบมากกว่าขณะที่ช่วง 50 ℃ ถึง 59 ℃ เหมาะสมต่อการประยุกต์ใช้เชิงอุตสาหกรรม ให้ความเสถียร ลดความชื้น และยังคงสารสำคัญในระดับเหมาะสม ส่วนอุณหภูมิสูงกว่า 60 ℃ แม้ช่วยให้การอบรวดเร็ว แต่ทำให้สารสำคัญลดลงและสีเปลี่ยนแปลงมาก

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มงานวิจัยและพัฒนานักวิชาการ. (2564). กระท่อม: อนาคตพืชเศรษฐกิจไทย [รายงานการวิจัย].
กฤษฎางค์ ศุกระมูล, สัญลักษณ์ กิ่งทอง, จรูญ แก่นจันทร์, สถาปัตย์ ชะนากลาง, และ มนัญญา คำวชิระ พิทักษ์. (2564). การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบตากแห้งโดยตรงสำหรับกล้วยน้ำว้า ในระดับชุมชน. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา, 9(1), 33– 43.

จันทิมา ชั่งสิริพร, พฤกระยา พงศ์ยี่หล่า, และ นิรณา ชัยฤกษ์. (2567). การวิเคราะห์ปริมาณสารไมทราไจนีนและสารต้านอนุมูลอิสระในชาใบกระท่อม. Journal of Applied Science and Emerging Technology, 23(1). https://doi.org/10.14416/JASET.KMUTNB.2024.01.009

ธีรพงศ์ บริรักษ์, พงษ์สวัสดิ์ คชภูมิ, วรลักษณ์ เสถียรรังสฤษฎ์, และ ณรงค์ ภู่อยู่. (2564). ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 15(1).

พีรวัจน์ มีสุข, และ สถิต ช้างจันทร์. (2564). การพัฒนาเครื่องอบแห้งข้าวด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์. วารสารวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรมบ้านสมเด็จ, 2(2).

วีรวัตร คำภู, ชาญชัย นามพล, และ สุทิพย์ เป้งทอง. (2566). การพัฒนานวัตกรรมเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT). มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.

ศิริชัย ศิริชนะ, อภินันต์ นามเขต, อำไพศักดิ์ ทีบุญมา, ประพันธ์พงษ์ สมศิลา, และ ทรงสุภา พุ่มชุมพล. (2565). การเพิ่มสมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรม, 4(2), 187–205.

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. (2568). เปิดทางพืชกระท่อมไทยสู่มาตรฐานผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ.

อำนวย ธัญรัตน์ศรีสกุล. (2565). พืชกระท่อมกับการดูแลสุขภาพของคนไทย. วารสารวิจัยและนวัตกรรมทางสุขภาพ, 5(1), 1–9.

Duraisamy, S., Dhanushkodi, S., Paneerselvam, K., & Sudhakar, K. (2019). Thermal performance of natural convection solar dryer for drying chilli. International Journal on Emerging Technologies, 10(1).

การพัฒนาระบบผลิตน้ำร้อนจากความร้อนเหลือทิ้งของเตาเผาถ่าน สำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

DEVELOPMENT OF A HOT WATER PRODUCTION SYSTEM FROM WASTE HEAT OF A CHARCOAL KILN FOR AQUACULTURE

สุเมธ ฟูเฟื่อง[1] กิตติกร สาสุจิตต์[1] นิกราน หอมดวง[1] และภคมน ปินตานา[1*]

Sumath Fufuang[1], Kittikorn Sasujit[1], Nigran Homdoung[1], and Pakamon Pintana[1*]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานทดแทน วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[1] Renewable Energy Engineering, School of Renewable Energy, Maejo University, Chiang Mai 50290

***Corresponding author E-mail: p.pintana@gmail.com**

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบผลิตน้ำร้อนต้นแบบที่ใช้ประโยชน์จากพลังงานความร้อนเหลือทิ้งจากปล่องเตาเผาถ่านแบบไพโรไลซีสขนาด 200 ลิตร เพื่อลดปัญหาอุณหภูมิน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ลดต่ำลงในช่วงฤดูหนาว ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่ออัตราเมตาบอลิซึมและสุขภาพของสัตว์น้ำ ระบบที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยชุดแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อขดทองแดง (เส้นผ่านศูนย์กลาง 5/8 นิ้ว จำนวน 15 รอบ) ติดตั้งภายในถังน้ำขนาด 200 ลิตร และเชื่อมต่อกับหน่วยกักเก็บพลังงานความร้อนก่อนถ่ายเทพลังงานความร้อนไปยังบ่อปลาขนาด 1,000 ลิตร ผลการทดลองพบว่า ในกระบวนการไพโรไลซีสของไม้กระถินที่มีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 10 อุณหภูมิที่ปล่องเตาสูงสุดเท่ากับ 600.4 ± 6.36 °C ที่เวลาประมาณ 120 นาทีของการเผาไหม้ ซึ่งเป็นช่วงการคายก๊าซสูงสุด ความร้อนที่นำกลับมาใช้สามารถเพิ่มอุณหภูมิน้ำในถังแลกเปลี่ยนความร้อนได้สูงสุด 88.4 ± 0.96 °C การวิเคราะห์ทางอุณหพลศาสตร์แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถกักเก็บพลังงานความร้อนสูงสุดได้ 118,380 kJ ภายในเวลา 17:00 น. ซึ่งเทียบเท่ากับการใช้เครื่องทำน้ำร้อนไฟฟ้าขนาด 3,000 วัตต์ ทำงานต่อเนื่องมากกว่า 11 ชั่วโมง พลังงานความร้อนที่กักเก็บได้นี้เพียงพอสำหรับการรักษาอุณหภูมิของบ่อปลาขนาด 1,000 ลิตร ให้อยู่ในช่วง 28.4–32.4 °C ระบบดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการลดต้นทุนค่าไฟฟ้าสำหรับเกษตรกรรายย่อย และเป็นแนวทางเชิงปฏิบัติในการใช้ประโยชน์จากพลังงานความร้อนเหลือทิ้งตามแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน เพื่อสนับสนุนการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: ความร้อนเหลือทิ้ง, เตาเผาถ่านไพโรไลซีส, ท่อแลกเปลี่ยนความร้อน, การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

Abstract

This research aimed to develop a prototype hot water production system utilizing waste heat from the chimney of a 200-L pyrolysis charcoal kiln to mitigate low water temperatures in aquaculture ponds during the winter season, which can negatively affect the metabolism and health of aquatic animals. The system consists of a helical copper coil heat exchanger (5/8-inch diameter, 15 turns) installed in a 200-L water tank and connected to a thermal storage unit before transferring heat to a 1,000-L fishpond. Experimental results showed that during the pyrolysis of *Acacia* wood with moisture content below 10%, the chimney temperature reached a maximum of 600.4 ± 6.36 ℃ at approximately 120 minutes of combustion, corresponding to the peak gas release stage. The recovered heat increased the water temperature in the heat exchange tank to a maximum of 88.4 ± 0.96 ℃. Thermodynamic analysis indicated that the system could store a maximum thermal energy of 118,380 kJ by 17:00, equivalent to operating a 3,000-W electric water heater for more than 11 hours. This stored energy was sufficient to maintain the temperature of a 1,000-L fishpond within the range of 28.4–32.4 ℃. The system demonstrates strong potential for reducing electricity costs for small-scale farmers and provides a practical approach for waste heat utilization under the circular economy concept for sustainable aquaculture.

Keywords : Waste heat, Pyrolysis kiln, Heat exchanger, Aquaculture

บทนำ

อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (Aquaculture) เป็นหนึ่งในฟันเฟืองหลักที่ขับเคลื่อนเศรษฐกิจภาคการเกษตรของประเทศไทย โดยเฉพาะการเลี้ยงปลาน้ำจืด เช่น ปลานิล ปลาดุก และปลาทับทิม ซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนสำคัญและสร้างรายได้หมุนเวียนให้แก่เกษตรกรรายย่อยทั่วประเทศ อย่างไรก็ตาม ความสำเร็จในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำไม่ได้ขึ้นอยู่กับเพียงสายพันธุ์หรืออาหารเท่านั้น แต่ขึ้นอยู่กับการจัดการสภาวะแวดล้อมทางกายภาพ โดยเฉพาะ "อุณหภูมิของน้ำ" ซึ่งเป็นปัจจัยวิกฤตที่ควบคุมกระบวนการทางชีวภาพทั้งหมดของสัตว์น้ำ ในเขตพื้นที่จังหวัดลพบุรีและภาคกลางของประเทศไทย เมื่อเข้าสู่ช่วงฤดูหนาว (ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์) อุณหภูมิน้ำในบ่อเลี้ยงมักจะลดต่ำลงกว่า 25 ℃ หรือในบางช่วงอาจลดลงต่ำถึง 18-20 ℃ สภาวะเช่นนี้ส่งผลกระทบโดยตรงต่อระบบเมตาบอลิซึม (Metabolism) ของปลา เนื่องจากสัตว์น้ำเป็นสัตว์เลือดเย็นที่มีอุณหภูมิร่างกายเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิน้ำ เมื่อน้ำเย็นลง อัตราการเต้นของหัวใจและการย่อยอาหารจะช้าลงอย่างมาก ส่งผลให้ปลาหยุดกินอาหาร (Off-feed) การเจริญเติบโตหยุดชะงัก และที่สำคัญที่สุดคือระบบภูมิคุ้มกัน

จะทำงานได้ลดลง ทำให้ปลามีโอกาสติดเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราได้ง่ายขึ้น นำไปสู่ความสูญเสียทางเศรษฐกิจที่เกษตรกรไม่สามารถควบคุมได้

ปัจจุบันแนวทางในการแก้ปัญหาความเย็นในบ่อเลี้ยงปลาคือการใช้เครื่องทำความร้อนไฟฟ้า (Electric Heater) หรือการติดตั้งระบบน้ำอุ่นแบบเดิม ซึ่งมีข้อเสียหลักคือ "ภาระค่าไฟฟ้า" ที่พุ่งสูงขึ้น จากการวิเคราะห์พบว่าในช่วงฤดูหนาว ต้นทุนจากพลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความร้อนอาจสูงถึงร้อยละ 30-40 ของต้นทุนการดำเนินงานทั้งหมด ทำให้เกษตรกรรายย่อยไม่สามารถแบกรับภาระนี้ได้ การแสวงหาแหล่งพลังงานทางเลือกที่มีต้นทุนต่ำและหาได้ในท้องถิ่นจึงเป็นความจำเป็นเร่งด่วนทางวิศวกรรมพลังงาน

ในวิถีเกษตรกรรมไทย การเผาถ่านเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในครัวเรือนยังคงเป็นกิจกรรมที่แพร่หลาย โดยเฉพาะการใช้เตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตร อย่างไรก็ตาม ในกระบวนการคาร์บอนไนเซชัน (Carbonization) หรือการไพโรไลซีส (Pyrolysis) จะมีการปลดปล่อยก๊าซร้อนและควันผ่านปล่องเตาออกมาอย่างต่อเนื่องในช่วงเวลา 3-5 ชั่วโมงของการเผา อุณหภูมิบริเวณปล่องควันนี้มีค่าสูงถึง 400 - 600 °C พลังงานมหาศาลนี้มักถูกปล่อยทิ้งสู่ชั้นบรรยากาศโดยเปล่าประโยชน์ (Waste Heat) ดังแสดงในภาพที่ 1 หากพิจารณาในเชิงอุณหพลศาสตร์ พลังงานความร้อนทิ้งจากปล่องเตาเผาถ่านเพียง 1 เตา มีศักยภาพเพียงพอที่จะทำให้น้ำจำนวนมากร้อนขึ้นได้ในเวลาอันสั้น แต่ความท้าทายสำคัญคือจะทำอย่างไรให้สามารถ "ดักจับ" ความร้อนนี้มาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของถ่านชีวภาพที่ผลิตได้



ภาพที่ 1 เตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตร

ไม้กระถินเป็นพืชโตเร็วที่พบได้ทั่วไปในพื้นที่รกร้างริมทางของจังหวัดลพบุรี มีคุณสมบัติเด่นคือเป็นชีวมวลที่มีความหนาแน่นและค่าความร้อนสูงประมาณ 18-19 MJ/kg (4,300 kcal/kg) เมื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในเตาเผาถ่านไพโรไลซีส ไม่เพียงแต่จะได้ถ่านชีวภาพคุณภาพสูงที่มีค่าคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) สูงเท่านั้น แต่ยังให้พลังงานความร้อนที่คงที่และต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน การเลือกใช้ไม้กระถินจึงเป็นการตอบโจทย์เศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) โดยการเปลี่ยนวัสดุไร้ค่าในท้องถิ่นให้เป็นพลังงานหมุนเวียน ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ไม้กระถินขนาดความยาว 45 เซนติเมตร ความชื้นไม่เกิน 10%

เพื่อดึงพลังงานจากปล่องเตามาใช้งาน ผู้วิจัยได้นำทฤษฎีการแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อขด (Helical Coil Heat Exchanger) มาใช้ในการออกแบบ โดยเลือกใช้ท่อทองแดงขนาด 5/8 นิ้ว เนื่องจากทองแดงมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Thermal Conductivity) สูงเป็นอันดับต้นๆ ของโลหะที่หาได้ทั่วไป การขดเป็นวงกลมช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัส (Heat Transfer Area) ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ขดท่อท่อแดง ขนาด 5/8 นิ้ว ขดเป็นวงเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 8 นิ้ว

ระบบนี้ได้ถูกออกแบบให้เป็น "ระบบน้ำอุ่นแบบไฮบริด" โดยมีส่วนประกอบสำคัญคือ ถังพักความร้อน (Thermal Buffer) เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำที่ร้อนจัดเกินไปส่งตรงเข้าสู่บ่อปลา ซึ่งอาจทำให้ปลาช็อกอุณหภูมิ (Thermal Shock) ได้ การใช้ถังเก็บน้ำร้อนสำรอง (Thermal Storage) จะช่วยให้ระบบสามารถจ่ายน้ำอุ่นเข้าสู่บ่อเลี้ยงปลาขนาด 1,000 ลิตร ได้อย่างสม่ำเสมอแม้ในช่วงที่ไฟในเตาเผาถ่านเริ่มหรี่ลงแล้วก็ตาม ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้คือ ออกแบบและสร้างต้นแบบระบบผลิตน้ำร้อนจากความร้อนเหลือทิ้งของปล่องเตาเผาถ่านไม้กระถิน ศึกษาและทดสอบประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer Efficiency) ในช่วงก๊าซคายตัวสูงสุด (Active Pyrolysis) และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิน้ำในบ่อเลี้ยงปลาขนาด 1,000 ลิตร ต่อการทำงานของระบบเพื่อหาจุดสมดุลที่ 28-32 °C

วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ โดยดำเนินการทดลองและวิเคราะห์ผลตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การออกแบบและโครงสร้างระบบ

ระบบวิจัยถูกออกแบบให้เป็นระบบผลิตความร้อนแบบผสมผสาน (Hybrid System) ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ดังรายละเอียด 1, 2 และ 3

1) แหล่งกำเนิดความร้อนหลัก ใช้เตาเผาถ่านไร้ควันขนาด 200 ลิตร โดยมีไม้กระถินความชื้นไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียกเป็นวัตถุดิบ
2) ชุดแลกเปลี่ยนความร้อน สร้างโดยใช้ท่อทองแดงขด (Helical Coil) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5/8นิ้ว ติดตั้งบริเวณปลายปล่องเพื่อจับความร้อนที่เหลือทิ้ง พันขดท่อทองแดงเป็นวงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 8 นิ้ว จำนวน 15 รอบ นำไปติดตั้งไว้ในถังแลกเปลี่ยนความร้อนขนาด 200 ลิตร โดยให้ปลายท่อโผ่เหนือถังแบบปลายเปิด
3) ระบบกักเก็บและความร้อนสำรอง สร้างโดยใช้ถังเก็บน้ำร้อน (Thermal Storage Tank) ขนาด 200 ลิตร 1 ใบ ติดตั้งไว้ที่สูงกว่าถังแลกเปลี่ยนความร้อน
4) ติดตั้งชุดปั๊มน้ำดูดน้ำจากถังแลกเปลี่ยนความร้อน ไปยังถังเก็บน้ำร้อน
5) ต่อท่อน้ำจากถังเก็บความร้อนไปยังถังน้ำขนาด 1,000 ลิตร (จำลองปริมาตรน้ำตามบ่อเลี้ยงปลา) ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 โครงสร้างระบบ

2. การเก็บข้อมูลทางวิศวกรรม

การวัดสมรรถนะทางความร้อนจะดำเนินการโดยใช้เครื่องมือวัดมาตรฐานประกอบด้วย:

1) การวัดอุณหภูมิ ใช้เซนเซอร์ Thermocouple Type K ติดตั้งวัดอุณหภูมิที่ห้องเผาถ่าน (T1)

2) การวัดอุณหภูมิ ใช้เซนเซอร์ Thermocouple Type K ติดตั้งวัดอุณหภูมิที่ปล่องเตา (T2)
3) การวัดอุณหภูมิ ใช้เซนเซอร์ Thermocouple ติดตั้งวัดที่ถังแลกเปลี่ยนความร้อน ต่ำกว่าปากถังลงมา 25 เซนติเมตร วัดอุณหภูมิน้ำในถังส่วนบน(T3) และอุณหภูมิน้ำในถังส่วนล่าง(T4)
4) การวัดอุณหภูมิ ใช้เซนเซอร์ Thermocouple ติดตั้งวัดที่ถังเก็บน้ำร้อน ต่ำกว่าปากถังลงมา 25 เซนติเมตร วัดอุณหภูมิน้ำในถังส่วนบน(T5) และอุณหภูมิน้ำในถังส่วนล่าง (T6)
5) การวัดอุณหภูมิ ใช้เซนเซอร์ Thermocouple ติดตั้งวัดที่ถังจำลองการเลี้ยงปลาขนาด 1,000 ลิตร ต่ำกว่าปากถังลงมา 25 เซนติเมตร วัดอุณหภูมิน้ำในถังส่วนบน(T7) และอุณหภูมิน้ำในถังส่วนล่าง(T8)
6) ติดตั้งชุด Check Valve (วาล์วกันย้อน) ที่ท่อน้ำออกเพื่อป้องกันน้ำไหลย้อนกลับเวลาปิดปั๊ม
7) ติดตั้งชุด Safety Bypass หากน้ำในถัง 200 ลิตรร้อนเกินหรือเดือด อาจทำให้เป็นผลกระทบต่อสัตว์น้ำและท่อทองแดงเสียหาย

2.3 การคำนวณและวิเคราะห์ผล

2.3.1 สมการอัตราการถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer Rate)

ใช้สำหรับคำนวณหาว่าในหนึ่งหน่วยเวลา ระบบสามารถดึงความร้อนจากปล่องเตามาสู่น้ำได้กี่กิโลวัตต์ (kW)

สูตรคือ

$$Q = \dot{m}_w.C_{pw}.(T_{w,out} - T_{w,in})$$

Q - อัตราการถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer Rate) หน่วยเป็น Watt (W) หรือ kJ/s

$\dot{m}_w$ - อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำ (Mass Flow Rate) หน่วยเป็น kg/s

C_{pw} - ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ (Specific Heat Capacity) ซึ่งโดยปกติมีค่าประมาณ 4.187 kJ/kg·K

$T_{w,out}$ - อุณหภูมิของน้ำที่ขาออก (Outlet Temperature)

$T_{w,in}$ - อุณหภูมิของน้ำที่ขาเข้า (Inlet Temperature)

2.3.2 สมการหาค่าผลต่างอุณหภูมิเฉลี่ยแบบลอการิทึม (LMTD)

สูตรคือ

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(Tg,in\ -Tg,out)-(Tg,out-Tg,in)}{Ln\left(\frac{Tg,in\ -Tg,out}{Tg,out-Tg,in}\right)}$$

คำอธิบายตัวแปรและหน่วย

ΔT_{LMTD} - ผลต่างอุณหภูมิเฉลี่ยแบบลอการิทึม (Log Mean Temperature Difference)
หน่วยคือ ℃

$T_{\mathrm{g,in}}$ - อุณหภูมิก๊าซร้อนขาเข้า (อุณหภูมิปล่องเตา T2 ก่อนสัมผัสท่อ)
หน่วยคือ ℃

$T_{\mathrm{g,out}}$ - อุณหภูมิก๊าซร้อนขาออก (อุณหภูมิปล่องหลังจากผ่านชุดแลกเปลี่ยนความร้อนแล้ว)
หน่วยคือ ℃

2.3.3 สมการการถ่ายเทความร้อนรวม (Overall Heat Transfer)

สำหรับระบบที่มีก๊าซร้อน (Hot Fluid) และน้ำ (Cold Fluid)

สูตรคือ

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta T1-\Delta T2}{Ln(\Delta T_1/\Delta T_2)}$$

$\triangle T_1$ = T_(ก๊าซเข้า) - T_(น้ำออก) หรือ (อุณหภูมิปล่อง T2 - อุณหภูมิน้ำร้อน T3)

$\triangle T_2$ = T_(ก๊าซออก) - T_(น้ำเข้า) หรือ (อุณหภูมิปลายปล่อง - อุณหภูมิน้ำก่อนเข้า T4)

เมื่อได้ค่า $\triangle T$ แล้วจะสามารถหา "อัตราการถ่ายเทความร้อนรวม Q " ของท่อขดทองแดง 15 รอบได้จากสมการ

$$Q = U.A\ .\triangle T_{\ LMTD}$$

คำอธิบายตัวแปรและหน่วย

U - ประสิทธิภาพการนำความร้อนของทองแดงและการไหลของน้ำ
หน่วย: W/m

A - พื้นที่ผิวท่อทองแดง 5/8 หุน ทั้ง 15 รอบ
หน่วย m^2 (ตารางเมตร)

สรุปการนำไปใช้ในงานวิจัย

1.จุดวัด T2 (ปล่อง) คือแหล่งกำเนิดพลังงาน (Q)

2.จุดวัด T3-T4 ใช้หา T ของน้ำ เพื่อคำนวณพลังงานที่ได้รับจริง (Q)

3.การวิเคราะห์ช่วง Peak: ใช้ข้อมูลที่เวลา 16:00 น. (T2 = 600.4 °C) มาแทนค่าในสมการข้างต้น

ผลการวิจัย

1. สมรรถนะด้านอุณหภูมิของแหล่งกำเนิดความร้อนและชุดแลกเปลี่ยนความร้อน จากการทดสอบการผลิตน้ำร้อนด้วยความร้อนเหลือทิ้งจากเตาเผาถ่านไม้กระถินแสดงผลการเก็บข้อมูลดังภาพที่ 5 พบว่าระบบสามารถสร้างความร้อนและส่งผ่านพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีลักษณะการเพิ่มอุณหภูมิที่สัมพันธ์กับจังหวะการไพโรไลซีสของชีวมวลอย่างชัดเจน เมื่อเริ่มจุดเตา (เวลา 14:00 น.) อุณหภูมิปล่องเตา (T2) เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเนื่องจากไม้กระถินมีความชื้นต่ำ (ไม่เกิน 10%) จนกระทั่งเข้าสู่ช่วงก๊าซคายตัวสูงสุด ในนาทีที่ 120 (16:00 น.) อุณหภูมิปล่องเตา (T2) พุ่งสูงขึ้นถึง 600.4 ± 6.36 °C ซึ่งเป็นจุดที่มีฟลักซ์ความร้อนสูงสุดของระบบ ในขณะที่อุณหภูมิภายในเตา (T1) รักษาความเสถียรอยู่ที่ 560.2 ± 2.22 °C ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตถ่านชีวภาพที่มีคุณภาพ

ในส่วนของชุดแลกเปลี่ยนความร้อนท่อขดทองแดง พบว่าสามารถดึงความร้อนมาสู่น้ำในถังพักได้อย่างรวดเร็ว โดยอุณหภูมิน้ำด้านบนของถังแลกเปลี่ยน (T3) เพิ่มขึ้นจาก 25.6 °C ไปถึงจุดสูงสุดที่ 88.4 ± 0.96 °C ในช่วงนาทีที่ 140 แสดงให้เห็นว่าการออกแบบท่อขด 15 รอบ มีความสามารถในการรับภาระความร้อน จากปล่องเตาได้โดยน้ำไม่เกิดการเดือดค้างท่อจนเกิดอันตราย

2. ประสิทธิภาพการควบคุมอุณหภูมิในบ่อเลี้ยงปลา 1,000 ลิตร ผลการทดสอบการรักษาอุณหภูมิน้ำในบ่อเลี้ยงปลาเป้าหมายพบว่า ระบบสามารถตอบสนองต่อการทำความร้อนได้อย่างรวดเร็ว โดยอุณหภูมิน้ำในบ่อ (T7-T8) สามารถไต่ระดับจาก 25 °C เข้าสู่ช่วงอุณหภูมิเป้าหมายที่ 28.4 – 33.2 °C ได้ภายในเวลาเพียง 60 นาที หลังจากเริ่มเดินระบบน้ำวน ข้อมูลสถิติระบุว่าค่าเฉลี่ยอุณหภูมิรวมในบ่อปลาตลอดช่วงการทดสอบอยู่ที่ 30.83 ± 0.35 °C ซึ่งมีความเบี่ยงเบนต่ำมาก แสดงถึงเสถียรภาพของระบบที่ออกแบบมา นอกจากนี้ความต่างอุณหภูมิระหว่างผิวน้ำ (T7) และก้นบ่อ (T8) มีค่าเฉลี่ยห่างกันเพียง 1.5 °C ยืนยันว่าการหมุนเวียนน้ำช่วยให้ความร้อนกระจายตัวได้อย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งบ่อ 1,000 ลิตร

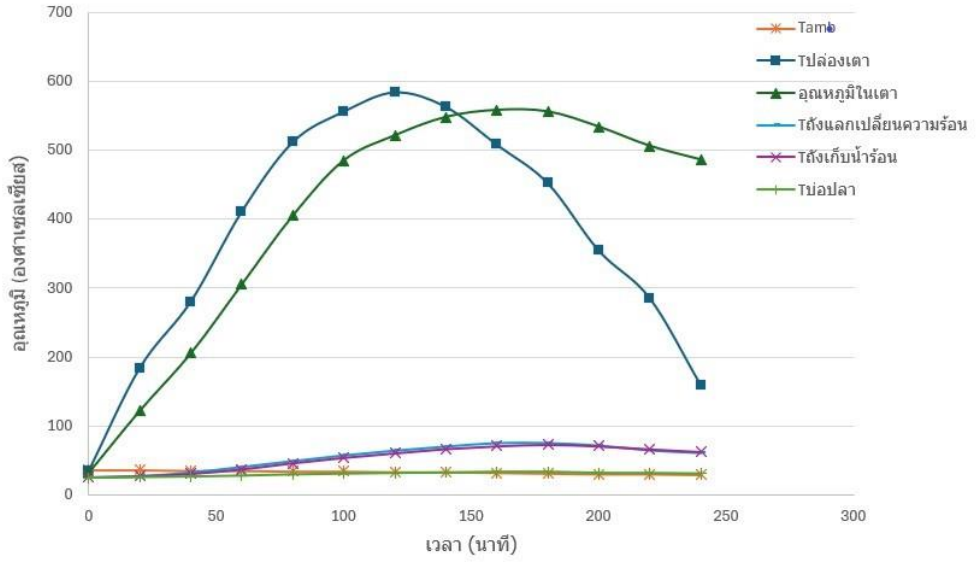
3. การวิเคราะห์พลังงานสะสมและเชิงเศรษฐศาสตร์พลังงาน จากการคำนวณเชิงปริมาณ พบว่าระบบสามารถสะสมพลังงานความร้อนในน้ำรวมทั้งสิ้น ณ จุดสูงสุดที่เวลา 17:00 น. ได้ถึง 118,380 kJ โดยแบ่งเป็นพลังงานในถังแลกเปลี่ยน 41,483 kJ ในถังเก็บน้ำร้อน 39,850 kJ และในบ่อปลา 37,046 kJ เมื่อนำมา

เปรียบเทียบกับพลังงานไฟฟ้า พบว่าระบบนี้ให้พลังงานความร้อนเทียบเท่ากับการใช้เครื่องทำความร้อนไฟฟ้าขนาด 3,000 วัตต์ ทำงานต่อเนื่องเป็นเวลานานถึง 11 ชั่วโมง ต่อการเผาถ่านหนึ่งรอบการผลิต (4 ชั่วโมง) ซึ่งช่วยลดต้นทุนค่าไฟฟ้าให้กับเกษตรกรได้เกือบร้อยละ 100 ในส่วนของการจัดการความร้อนสำหรับเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

	เวลา (น.)	T-Amb (°C)	T1: ในเตา (°C)	T2: ปล่อง (°C)	ถังแลกเปลี่ยน (200ลิตร)		เฉลี่ย	ถังเก็บน้ำร้อน (200 ลิตร)		เฉลี่ย	บ่อปลา 1,000L		เฉลี่ย	หมายเหตุ
					T3 บนของถัง	T4 ล่างของถัง		T5 บนของถัง	T6 ล่างของถัง		T7 บนของถัง	T8 ล่างของถัง		
14:00	0	36	32.4	35.2	25.6	25.2	25.4	25.5	25.4	25.45	25.2	24.8	25	เริ่มจุดเตา
14:20	20	36	122.4	184.3	28.4	26.2	27.3	27.5	26.5	27	26.2	25.2	25.7	ควันขาวเริ่มหนา
14:40	40	35	205.5	280.6	36.2	28.8	32.5	32.4	28.8	30.6	26.8	26.4	26.6	เริ่มดึงความร้อน
15:00	60	35	305.4	411.5	45.6	35.5	40.55	41.2	33.2	37.2	29.1	26.8	27.95	บ่อปลาแตะ 28°C
15:20	80	34	405.2	512.3	55.4	42.5	48.95	51.3	41.1	46.2	31.2	28.4	29.8	ช่วง Peak Heat
15:40	100	34	485.3	556.5	65.4	48.9	57.15	62.4	45.8	54.1	32.1	29.8	30.95	ก้าชคายด้าสูง
16:00	120	33	521.5	584.5	72.5	55.6	64.05	68.9	52.3	60.6	32.8	31.2	32	บ่อปลาแตะ 32°C
16:20	140	33	548.2	563.5	78.5	61.2	69.85	75.2	58.4	66.8	32.8	32.5	32.65	น่าเริ่มร้อนเก้น
16:40	160	32	558.4	508.4	83.4	66.4	74.9	78.6	63.2	70.9	34.5	33.1	33.8	หยุดปั๊มหรือ Bypass
17:00	180	31	556.2	452.5	81.5	68.4	74.95	79.9	66.2	73.05	34.2	33.5	33.85	ควันเริ่มใส (Yield นิ่ง)
17:20	200	30	534.2	354.5	76.4	66.2	71.3	76.5	65.2	70.85	32.4	31.8	32.1	เริ่มหรี่หน้าเตา
17:40	220	30	506.4	285.4	68.8	60	64.4	71.4	61.4	66.4	32.6	31.4	32	เตรียมปิดเตา
18:00	240	29	486.5	159.2	62.8	58.6	60.7	66.5	58.6	62.55	31.5	30.7	31.1	ปิดเตา (Seal)

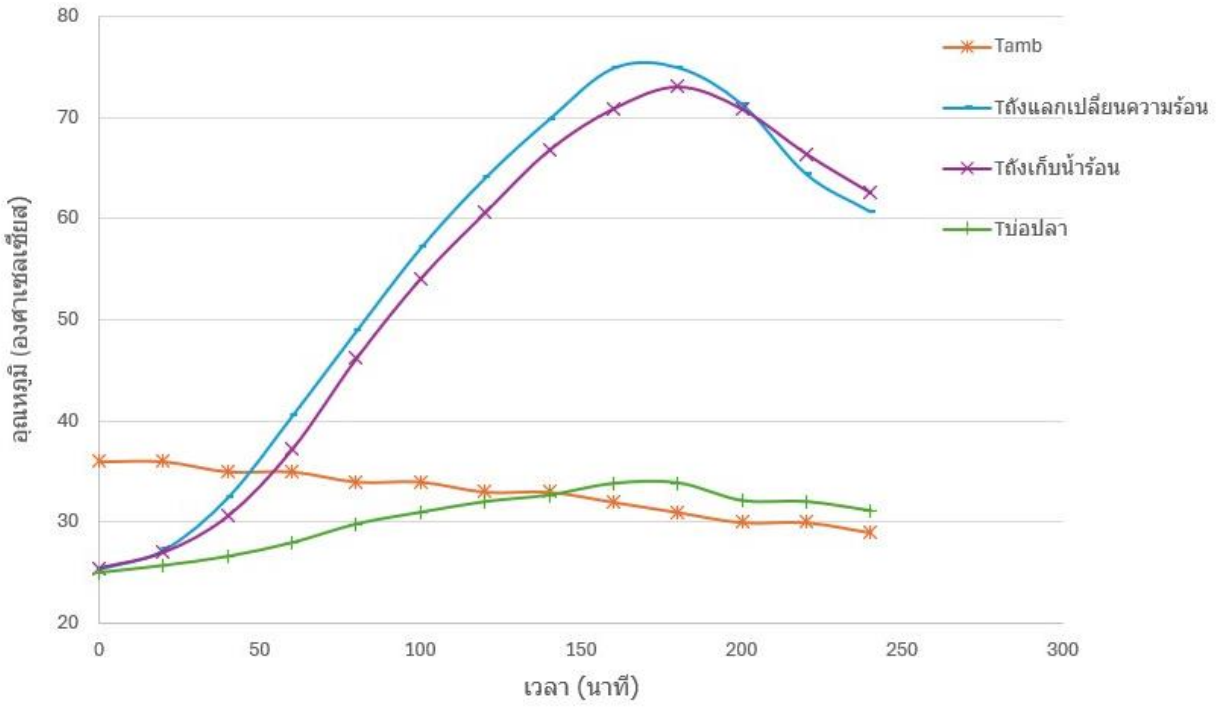
ภาพที่ 5 ผลการเก็บข้อมูลจากจุดวัดอุณหภูมิในแต่ละส่วน

ถังแลกเปลี่ยนความร้อน (T3,T4) เป็นจุดที่รับความร้อนจากท่อทองแดงโดยตรง อุณหภูมิจะแกว่งตัวเร็วที่สุดช่วงอุณหภูมิสูงสุดอาจสูงถึง 80 °C + น้ำด้านบนจะร้อนกว่าด้านล่างเล็กน้อย ถังเก็บน้ำร้อน (T5,T6) ทำหน้าที่เก็บความร้อน จะเห็นว่าอุณหภูมิจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นอย่างเสถียรกว่าถังแลกเปลี่ยนความร้อน ช่วยป้องกันไม่ให้น้ำร้อนจัดพุ่งเข้าบ่อปลาโดยตรง บ่อปลา 1,000 ลิตร (T7,T8) จุดบน รับน้ำอุ่นที่ไหลมาจากถังเก็บ ส่วนจุดล่าง เป็นน้ำที่เย็นที่สุดในระบบ ซึ่งจะถูกปั๊มดูดกลับไปวนใหม่



ภาพที่ 6 กราฟอุณหภูมิความร้อนเปรียบเทียบแต่ละส่วนของชุดอุปกรณ์

จากภาพที่ 6 ผลพบว่าอุณหภูมิภายในเตา (T1) ไต่ระดับจาก 32.4 °C ไปจนถึงจุดสูงสุดที่ประมาณ 560 °C โดยใช้เวลาประมาณ 120-150 นาที ซึ่งเป็นช่วงที่เกิดก๊าซไพโรไลซีสสูงสุด ไม้กระถินที่มีความชื้นไม่เกิน 10% ช่วยให้ช่วงการไล่ความชื้นสั้นลง ส่งผลให้กราฟอุณหภูมิพุ่งสูงได้อย่างรวดเร็ว อุณหภูมิที่ระดับ 500-560 °C นี้เพียงพอต่อการจัดเรียงโครงสร้างคาร์บอนให้มีความบริสุทธิ์สูง (Fixed Carbon > 80%) และช่วยขับไล่น้ำมันดินออกจากรูพรุนของถ่านได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลโดยตรงต่อค่า BET ที่สูงขึ้นตามเป้าหมาย อุณหภูมิปล่อง (T2) ที่สูงถึง 580 °C สามารถส่งผ่านพลังงานความร้อนทำให้น้ำในถังแลกเปลี่ยน (T3) พุ่งสูงขึ้นจาก 25.6 °C ไปแตะระดับ 80-90 °C ได้ในช่วงอุณหภูมิสูงสุด การเลือกใช้ท่อทองแดงขนาด 5/8 นิ้ว นำมาขดเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้ว จำนวน 15 รอบ ให้พื้นที่ผิวแลกเปลี่ยนความร้อนประมาณ 0.478 ตารางเมตร พบว่ามีความเหมาะสมต่ออัตราการไหลของน้ำจากปั๊ม ความร้อนจากเปลวไฟปลายปล่อง ถูกดึงมาใช้ประโยชน์ได้ทันทีแทนการปล่อยทิ้งสู่บรรยากาศ ถังแลกเปลี่ยนความร้อนทำหน้าที่เป็น แหล่งกักเก็บความร้อนที่มีประสิทธิภาพ ช่วยลดความผันผวนของอุณหภูมิของน้ำ ก่อนที่จะส่งต่อไปยังบ่อเลี้ยงปลา ทำให้อุณหภูมิน้ำมีความคงที่มากขึ้นและเหมาะสมต่อการเลี้ยงปลา



ภาพที่ 7 การแลกเปลี่ยนและสะสมความร้อน

จากภาพที่ 7 กลุ่มการแลกเปลี่ยนและสะสมความร้อน (T3 ถึง T6) กราฟชุดนี้จะมีความชันสูงในช่วงแรกและเริ่มคงที่เมื่อน้ำเริ่มร้อนจัด โดยมีการแยกชั้นอุณหภูมิที่ชัดเจน ถังแลกเปลี่ยนความร้อน (T3 บนถัง) สามารถทำอุณหภูมิได้สูงถึง 88.4 °C แสดงว่าขดท่อทองแดง 15 รอบ ดึงความร้อนได้มีประสิทธิภาพสูงมาก อุณหภูมิในถังเก็บน้ำร้อน (T5) จะมีความเสถียรมากกว่าถังแรก โดยขึ้นไปแตะที่ 76.5 °C เพื่อทำหน้าที่สำรองพลังงานให้น้ำ

ในบ่อปลา (T7 และ T8) กราฟชุดนี้จะค่อยๆ ขยับขึ้นอย่างช้าๆ และนุ่มนวลที่สุด ซึ่งเป็นสภาวะที่ปลอดภัยต่อสัตว์น้ำ ระบบใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง (เวลา 15:00 น.) ในการดันอุณหภูมิจาก 25 °C ขึ้นไปแตะ 29.1 °C (เข้าสู่ช่วงเป้าหมาย 28-32 °C) เมื่ออุณหภูมิเข้าสู่ช่วงเป้าหมาย กราฟจะรักษาตัวอยู่ที่ระดับ 30-33 °C ตลอดช่วงการเผาที่เหลือ แม้ว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก (T-Amb) จะเริ่มลดลงในช่วงเย็น

จากการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่าอุณหภูมิปล่อง (T2) มีผลโดยตรงต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้ำ อุณหภูมิสูงสุดที่ปล่องวัดได้คือ 600.4 °C ซึ่งเกิดขึ้นในช่วงนาทีที่ 120 (16:00 น.) สอดคล้องกับจังหวะที่ก๊าซไพโรไลซีสติดไฟเต็มที่ ส่งผลให้ชุดคอยล์ทองแดงสามารถนำพาความร้อนทำให้อุณหภูมิน้ำในถังแลกเปลี่ยน (T3) สูงถึง 88.4 °C ภายในเวลาเพียง 2 ชั่วโมง พลังงานส่วนนี้ถูกส่งต่อไปยังบ่อปลา 1,000 ลิตร ทำให้ T7 (บนบ่อ) และ T8 (ล่างบ่อ) เข้าสู่เกณฑ์ 28-32 °C ได้สำเร็จภายในนาทีที่ 60-80 ของการทดลอง

วิจารณ์ผล

จากการพัฒนาระบบผลิตน้ำร้อนพบว่า อุณหภูมิปล่องเตา (T2) ที่สูงถึง 600.4 องศาเซลเซียส สอดคล้องกับพฤติกรรมการคายก๊าซในกระบวนการไพโรไลซีสชีวมวล ไม้กระถินเป็นเชื้อเพลิงที่ให้ค่าความร้อนสูงและต่อเนื่อง ซึ่งการใช้ประโยชน์จากความร้อนทิ้งนี้เป็นไปตามแนวทางของ จุฑาภรณ์ สมบูรณ์ และ อัญชลิกา ประดีจิตต์ ที่เสนอว่าการนำพลังงานเหลือทิ้งจากกระบวนการทางความร้อนมาหมุนเวียนใช้ใหม่ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพทางพลังงานในภาพรวมและตอบโจทย์ความยั่งยืนของพลังงานชีวมวลในระดับท้องถิ่นได้จริง ในด้านการถ่ายเทความร้อน ชุดท่อขดทองแดงแบบ Helical Coil สามารถทำอุณหภูมิน้ำร้อนสูงสุดได้ถึง 88.4 องศาเซลเซียส ซึ่งสนับสนุนผลการศึกษาของ Wang et al. และ Al-Taisan et al. ที่ยืนยันว่าโครงสร้างเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบขดช่วยให้เกิดการไหลแบบปั่นป่วนและเพิ่มพื้นที่สัมผัส ส่งผลให้มีสมรรถนะการถ่ายเทความร้อนสูงกว่าท่อแบบเส้นตรงทั่วไป และเมื่อพิจารณาในส่วนของการรักษาอุณหภูมิบ่อปลาที่ 28.4–33.2 องศาเซลเซียส พบว่ามีความสอดคล้องกับเกณฑ์สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำตามที่ E. A. Olokun et al. ได้อธิบายไว้ในระบบไฮบริดเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ นอกจากนี้ การกระจายตัวของอุณหภูมิที่สม่ำเสมอทั่วทั้งบ่อ 1,000 ลิตร ยังเป็นไปตามหลักการจัดการความร้อนในระบบเกษตรที่ ประวิตร พุทธานนท์ และ คมสัน ฐิตะวสันต์ ได้เคยนำเสนอไว้เกี่ยวกับปัจจัยพื้นฐานของการควบคุมสภาวะแวดล้อมเพื่อการผลิตภาคเกษตร

อย่างไรก็ตาม ปัญหาเรื่องความผันผวนของความร้อนจากชีวมวลยังคงเป็นข้อโต้แย้งสำคัญตามที่ P. V. Ramana et al. และ Hauk และ Wagner ได้ระบุไว้ แต่การใช้ถังเก็บน้ำร้อน (Storage Tank) ในงานวิจัยนี้ถือเป็นการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพ โดยการสะสมพลังงานได้ถึง 118,380 กิโลจูล ช่วยสร้างความเสถียรของความร้อน (Thermal Stability) ได้ยาวนานขึ้น สอดคล้องกับหลักการสุ่มตัวอย่างและการวัดผลทางสถิติที่มีความเชื่อมั่นตามแนวทางของ Shaeffer, Mendenhall, and Ott ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลวิจัยเชิงวิศวกรรม ในเชิงของผลิตภัณฑ์พลอยได้ ถ่านชีวภาพที่ได้มีคุณภาพสอดคล้องกับงานวิจัยของ วีรวุธ เทพล ที่ใช้เตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตรในการผลิตเชื้อเพลิงคุณภาพสูง และเมื่อพิจารณาถึงการนำถ่านไปใช้เป็นวัสดุกรองในบ่อปลา คุณสมบัติ

การปรับปรุงสภาพน้ำด้วยวัสดุธรรมชาติยังไปในทิศทางเดียวกับการใช้ผลผลิตทางการเกษตรเพื่อเสริมการเลี้ยงสัตว์ของ เมธี สุกุลธนาศร และคณะ และ Granum รวมถึงแนวคิดการใช้วิธีทางชีวภาพในการควบคุมสภาพแวดล้อมของ กนกพรรณ โสมาศรี ซึ่งการบูรณาการทั้งระบบผลิตน้ำร้อนและการปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วยถ่านชีวภาพนี้ ถือเป็นแนวทางที่คุ้มค่ากว่าระบบโซลาร์เซลล์เพียงอย่างเดียวตามที่เคยเปรียบเทียบในงานของ ธนวัฒน์ นิลขาว และ สราวุธ พลวงษ์ศรี

สรุปผล

จากการศึกษาวิจัยเรื่อง "การพัฒนาระบบผลิตน้ำร้อนจากความร้อนเหลือทิ้งของเตาเผาถ่าน สำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ" ผลการทดสอบยืนยันว่าระบบต้นแบบที่พัฒนาขึ้นมีศักยภาพในการบริหารจัดการพลังงานเหลือทิ้งจากปล่องเตาเผาถ่านไม้กระถินได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ระบบสามารถยกระดับอุณหภูมิน้ำในบ่อเลี้ยงปลาขนาด 1,000 ลิตร ให้คงที่อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 28.4 – 33.2 ℃ ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยสามารถลดการพึ่งพาพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องทำความร้อน ได้อย่างสมบูรณ์ในช่วงเวลาที่มีการดำเนินกิจกรรมการเผาถ่าน สมรรถนะทางอุณหพลศาสตร์ของชุดแลกเปลี่ยนความร้อน ผลการวิเคราะห์โปรไฟล์อุณหภูมิระบุว่า กระบวนการไพโรไลซีสของไม้กระถินในช่วงก๊าซคายตัวสูงสุด (Active Pyrolysis) ณ เวลา 16:00 น. ให้พลังงานความร้อนที่ปล่องเตา (T2) สูงสุดถึง 600.4 ℃ ชุดแลกเปลี่ยนความร้อนท่อขดทองแดง ขนาด 5/8 นิ้ว จำนวน 15 รอบ สามารถดึงพลังงานมาผลิตน้ำร้อนจัดในถังแลกเปลี่ยน (T3) ได้ที่อุณหภูมิสูงสุด 88.4 ℃ และส่งผ่านไปยังถังเก็บน้ำร้อน (T5) ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 76.5 ℃ การใช้โครงสร้างถังพักน้ำและถังเก็บน้ำร้อนแยกส่วนกัน ช่วยทำหน้าที่เป็นตัวกักเก็บความร้อนที่ดีเยี่ยม ส่งผลให้อุณหภูมิในบ่อปลา (T7-T8) มีการเปลี่ยนแปลงที่นุ่มนวลและสม่ำเสมอ โดยมีความต่างอุณหภูมิระหว่างผิวน้ำและก้นบ่อเพียง 1.5 – 2.0 ℃เท่านั้น

การวิเคราะห์พลังงานสะสมเชิงปริมาณ จากการคำนวณในหน่วยkJพบว่า ณ จุดที่ระบบมีพลังงานสะสมสูงสุด (เวลา 17:00 น.) ปริมาณความร้อนรวมที่ถูกดึงกลับมาใช้งานมีค่าสูงถึง 118,380 kJ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบเชิงสมมูลกับพลังงานไฟฟ้า พบว่าระบบนี้ให้พลังงานเทียบเท่ากับการใช้งานเครื่องทำความร้อนไฟฟ้าขนาด 3,000 วัตต์ ต่อเนื่องเป็นเวลานานถึง 11 ชั่วโมง ซึ่งแสดงถึงความคุ้มค่าเชิงวิศวกรรมพลังงานอย่างยิ่งยวด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณแหล่งทุนสนับสนุนการทำวิจัยจากวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ภายใต้โครงการการผลิตและพัฒนาศักยภาพบัณฑิตทางด้านพลังงานทดแทนในประเทศอาเซียน ประจำปีงบประมาณ 2566 และขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ภคมน ปินตานา ที่ได้รับหน้าที่เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิกราน หอมดวงและผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติกร สาสุจิตต์ ที่ได้รับหน้าที่ปรึกษาในการทำ

วิทยานิพนธ์และกรุณาให้ความรู้คำแนะนำต่างๆ รวมถึงคำปรึกษาตลอดจนให้ความดูแล ทำให้วิทยานิพนธ์นี้เสร็จสมบูรณ์ลุล่วงสำเร็จไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

จุฑาภรณ์ สมบูรณ์. (2558). *การประยุกต์ใช้ความร้อนเหลือทิ้งในอุตสาหกรรม* (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ธนวัฒน์ นิลขาว, & สราวุธ พลวงษ์ศรี. (2565). การศึกษาสมรรถนะและเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบไฟฟ้าพื้นฐานสำหรับฟาร์มเพาะพันธุ์ปลา. *วารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน*, 5(2), 36–44.

วีรวุธ เทพล. (2546). การนำวัสดุเหลือทิ้งจากหัตถกรรมจักสานไม้ไผ่มาผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งเพื่อใช้ในเตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตร. *วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร*, 20(1), 15–28.

อัญชลิกา ประดีจิตต์. (2566). *การวิเคราะห์ความยั่งยืนของการพัฒนาพลังงานชีวมวล โดยใช้ตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

Al-Taisan, M. A. A., et al. (2018). Performance of a heat exchanger in a biomass-based heating system. *International Journal of Thermal Sciences*, 124, 215–228.

Granum, M. (2003). *A comparative study on the effect of cassava hay supplementation in swamp buffaloes* (Master's thesis). Khon Kaen University.

Hauk, J., & Wagner, J. (2017). Waste heat recovery from a biomass furnace for a hybrid district heating system. *Energy and Buildings*, 156, 178–189.

Olokun, E. A., et al. (2021). Sustainable energy systems for aquaculture: A case study on a solar-biomass hybrid system. *Journal of Agricultural Engineering*, 52(1), 1–10.

Ramana, P. V., et al. (2020). A review on solar energy for aquaculture: The potential and future trends. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 130, 110006.

Shaeffer, R. L., Mendenhall, W., & Ott, L. (1996). *Elementary survey sampling* (5th ed.). Duxbury Press.

Wang, J., et al. (2019). An experimental and numerical study on a heat pipe-based waste heat recovery system for industrial application. *Applied Thermal Engineering*, 156, 178–189.

การทดสอบระบบอบแห้งแบบผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์และชีวมวลพร้อมระบบควบคุมอุณหภูมิ เปรียบเทียบกับการตากแดดธรรมชาติในการแปรรูปปลานิลแดดเดียวรมควัน

Testing of a hybrid solar and biomass drying system with temperature control, compared with natural sun drying, for processing smoked sun-dried Nile tilapia

ดุลยพรรษภ์ ธัญพรบุญอนันต์[1] เสมอขวัญ ตันติกุล[1] สุระพล ริยะนา[1] และภคมน ปินตานา[1*]

Dunyaphat Thanyaphonbunanan[1], Samerkhwan Tantikul[1], Surapon Riyana[1], and Pakamon Pintana[1*]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานทดแทน วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[1] Renewable Energy Engineering, School of Renewable Energy, Maejo University, Chiang Mai 50290

*Corresponding author E-mail: p.pintana@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการแปรรูปปลานิลด้วยวิธีการตากแดดธรรมชาติ การตากแดด–รมควัน หรือระบบอบแห้งแบบผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาชีวมวล โดยกำหนดอุณหภูมิเป้าหมายของห้องอบแห้งที่ 60 °C การทดลองพิจารณาการเปลี่ยนแปลงความชื้นของผลิตภัณฑ์ ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ และพฤติกรรมอุณหภูมิในตำแหน่งต่าง ๆ ของระบบอบแห้ง ผลการทดลองพบว่าการตากแดดธรรมชาติสามารถลดความชื้นของปลานิลได้ตามระยะเวลาและมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ โดยในสภาพอากาศที่เอื้ออำนวยสามารถลดความชื้นจนเข้าใกล้หรือผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ปลาแดดเดียว ≤65 %w.b. อย่างไรก็ตาม อัตราการอบแห้งมีความผันผวนสูงและขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ สำหรับกระบวนการตากแดด–รมควัน การลดความชื้นเป็นไปอย่างช้า โดยเฉพาะในช่วงที่ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ลดลงต่ำกว่า 300 W/m² ขณะที่ระบบอบแห้งแบบผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์และเตาชีวมวลสามารถรักษาอุณหภูมิภายในห้องอบให้มีเสถียรภาพและใกล้เคียงค่าเป้าหมายมากกว่า แม้ในช่วงที่ไม่มีพลังงานแสงอาทิตย์ ส่งผลให้กระบวนการอบแห้งสามารถดำเนินได้อย่างต่อเนื่อง ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าการพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิ การกักเก็บความร้อน และการจัดการพลังงานของระบบอบแห้งแบบผสมผสาน จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพเชิงพลังงานและเป็นแนวทางการพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์ อันจะเอื้อต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในระดับชุมชนและเชิงพาณิชย์อย่างยั่งยืนในอนาคต

คำสำคัญ การอบแห้งแบบผสมผสาน พลังงานแสงอาทิตย์ เตาชีวมวล ปลานิลแดดเดียวรมควัน

Abstract

This study aimed to compare the efficiency of Nile tilapia processing using natural sun drying, sun drying smoking, or a hybrid drying system combining solar energy with a biomass stove, with the drying chamber temperature set at 60 °C. The experiment examined changes in product moisture content, solar irradiance, and temperature behavior at various positions within the drying system. The results showed that natural sun drying reduced the moisture content of tilapia over time and was directly correlated with solar irradiance. Under favorable weather conditions, the moisture content could be reduced to approach or meet the standard for dried fish products (≤65% w.b.). However, the drying rate exhibited high variability and was strongly dependent on weather conditions. For the sun drying–smoking process, moisture reduction was relatively slow, particularly during periods when solar irradiance decreased below 300 W/m². In contrast, the hybrid solar biomass drying system was able to maintain a more stable drying chamber temperature close to the target value, even in the absence of solar energy, enabling continuous drying operation. The findings indicate that further development of temperature control, heat storage, and energy management in hybrid drying systems can enhance energy efficiency and product quality, thereby supporting their sustainable application at community and commercial scales in the future.

Keywords Hybrid drying; Solar energy; Biomass stove; Smoked sun-dried Nile tilapia

1. บทนำ

การรมควันและการอบแห้งปลาเป็นวิธีการแปรรูปที่ช่วยลดปริมาณน้ำในเนื้อปลา ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และเพิ่มรสชาติ ผลิตภัณฑ์รมควันมีตลาดทั้งในระดับชุมชนและการส่งออก อย่างไรก็ตาม วิธีการรมควันที่ใช้ในปัจจุบันมักพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิลหรือการเผาไหม้ไม้แบบเปิด ซึ่งก่อให้เกิดการปล่อยควันเสียมลพิษทางอากาศ และการสิ้นเปลืองพลังงาน อีกทั้งการควบคุมคุณภาพของการรมควัน (อุณหภูมิ ความชื้น เวลา การไหลของควัน) ยังมีความท้าทาย ทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่สม่ำเสมอและอาจมีความเสี่ยงด้านความปลอดภัยอาหาร ในบริบทของการพัฒนาอย่างยั่งยืนและการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG) การออกแบบระบบอบแห้งรมควันที่ใช้พลังงานผสม (Hybrid energy) ระหว่างพลังงานหมุนเวียน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ ชีวมวล หรือ

พลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์และการสนับสนุนจากเชื้อเพลิงทดแทน สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ลดต้นทุนการดำเนินงาน และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ โดยเฉพาะในชุมชนประมงขนาดเล็กและผู้ประกอบการ SME ทางการเกษตร นอกจากนี้ การพัฒนาระบบที่สามารถควบคุมสภาวะแวดล้อมภายในห้องอบ เช่น อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ อย่างแม่นยำ ช่วยให้ได้ผลิตภัณฑ์รมควันที่มีคุณภาพปลอดภัยต่อผู้บริโภค มีอายุการเก็บรักษาที่ยาวขึ้น และลดความสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยว (Post-harvest loss) เศรษฐกิจและรายได้ของชุมชน การพัฒนาเครื่องอบแห้งรมควันพลังงานผสมจะช่วยเพิ่มมูลค่าผลผลิต ลดการเน่าเสีย และขยายตลาดให้แก่ผู้เลี้ยงปลานิล โดยเฉพาะในพื้นที่ชนบทที่มีทรัพยากรพลังงานท้องถิ่น การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม การใช้พลังงานหมุนเวียนและการออกแบบระบบเผาไหม้ชีวมวลที่มีประสิทธิภาพ สามารถลดการปล่อยควันและก๊าซคาร์บอน นำไปสู่การลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของชุมชน คุณภาพและความปลอดภัยอาหาร ระบบควบคุมที่ดีขึ้นช่วยควบคุมอุณหภูมิและเวลาการอบ-รมควันให้เหมาะสม จึงลดความเสี่ยงการปนเปื้อนของจุลินทรีย์และสารอันตราย เช่น PAHs หรือ Polycyclic aromatic hydrocarbons ที่เกิดจากการรมควันที่ไม่เหมาะสม ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน การผสมผสานพลังงานจากแหล่งต่าง ๆ และการใช้ความร้อนเหลือ (Waste heat recovery) จะเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ ลดต้นทุนเชื้อเพลิง และเพิ่มความยืดหยุ่นในการดำเนินงาน การประยุกต์ใช้เชิงนโยบายและการขยายผล ผลงานวิจัยและการออกแบบสามารถนำไปใช้เป็นต้นแบบสำหรับการส่งเสริมในระดับชุมชนและนโยบายการพัฒนาเกษตรที่ยั่งยืน สนับสนุนเป้าหมายลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระดับท้องถิ่นและประเทศ

การอบแห้งและการรมควันปลาเป็นกระบวนการที่ใช้พลังงานความร้อนอย่างต่อเนื่อง ฟาร์มและผู้ประกอบการรายย่อยมักพึ่งพาเชื้อเพลิงไม้ ฟืน หรือก๊าซหุงต้ม (LPG) ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาหลัก ได้แก่ต้นทุนพลังงานสูง ราคาพลังงานฟอสซิลปรับตัวสูงขึ้น ทำให้ต้นทุนการแปรรูปสูงขึ้นและส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันทางตลาด (Saleh et al., 2022) การพึ่งพาทรัพยากรไม่ยั่งยืน การใช้ฟืนหรือไม้จำนวนมากทำให้เกิดการตัดไม้และผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม (Asamoah, Eunice Konadu, et al., 2025) มลพิษทางอากาศ การเผาไหม้ไม้หรือเชื้อเพลิงแบบเปิดก่อให้เกิดควันและก๊าซพิษ เช่น CO, CO_2 และฝุ่นละเอียด เป็นต้น ส่งผลต่อสุขภาพผู้ปฏิบัติงานและชุมชนใกล้เคียง (Chavan & Singh, 2018) ประสิทธิภาพต่ำ ระบบอบแบบดั้งเดิมมักสูญเสียความร้อนจำนวนมาก ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานและควบคุมอุณหภูมิได้ยาก ผู้บริโภคมีความนิยมในผลิตภัณฑ์ปลานิลแปรรูป โดยเฉพาะปลารมควัน ได้รับความนิยมเพราะมีกลิ่นหอม รสชาติเข้มข้น เก็บรักษาได้นาน (FAO, 2018) ปลาแดดเดียวและปลาอบแห้ง นิยมใช้ประกอบอาหารไทยและต่างประเทศ เพิ่มทางเลือกในการแปรรูป (El-Sebaii & Shalaby, 2012) ผลิตภัณฑ์พร้อมบริโภค เช่น ปลานิลรมควันบรรจุสุญญากาศ ที่สะดวกต่อการจำหน่ายในตลาดสมัยใหม่ (Rahman, 2020) แนวโน้มตลาดปัจจุบันชี้ว่าผู้บริโภคให้ความสำคัญกับ คุณภาพ

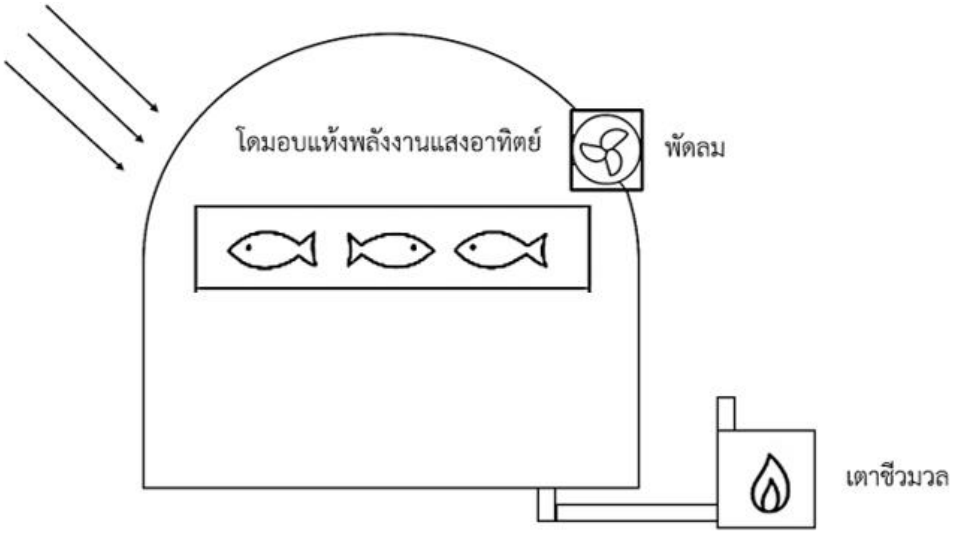
ความสะอาด ความปลอดภัย และมาตรฐานการผลิต ดังนั้นระบบอบแห้งและรมควันที่ควบคุมได้จึงเป็นที่ต้องการมากขึ้น (Deef, Mohamed, et al., 2023) การแปรรูปปลานิลในฟาร์มปัจจุบัน ประกอบด้วย การตากแดดธรรมชาติ ใช้วิธีง่าย ต้นทุนต่ำ แต่เสี่ยงต่อการปนเปื้อนจากฝุ่น แมลง และสภาพอากาศที่ไม่แน่นอน (FAO, 2018) การรมควันแบบดั้งเดิม ใช้เตาเผาไม้หรือฟืนโดยตรง ควบคุมอุณหภูมิยาก ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ และเกิดการสะสมของสารพิษ PAHs (Asamoah, Eunice Konadu, et al., 2025) การอบด้วยไฟฟ้า ใช้เครื่องอบเชิงพาณิชย์ ควบคุมอุณหภูมิได้ แต่มีต้นทุนค่าไฟสูง ทำให้ไม่เหมาะกับผู้ประกอบการรายย่อย (Chavan & Singh, 2018) จากการสำรวจ พบว่าผู้ประกอบการส่วนใหญ่ยังขาดเทคโนโลยีที่ผสมผสานพลังงานหมุนเวียนและการควบคุมที่เหมาะสม จึงทำให้สูญเสียโอกาสทางการตลาดและประสิทธิภาพการผลิต (Nkansah, 2022; Mawusi, 2019) การพัฒนาระบบอบแห้งรมควันพลังงานผสม เพื่อแก้ไขปัญหาที่กล่าวมา จึงได้มีแนวคิดการพัฒนา เครื่องอบแห้งรมควันพลังงานผสม ที่ผสานข้อดีของการใช้พลังงานหมุนเวียนกับเทคโนโลยีควบคุมอัตโนมัติ โดยมีองค์ประกอบหลักดังนี้ การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อช่วยในการทำความร้อนอากาศ การใช้ชีวมวล ใช้เตาเผาชีวมวลประสิทธิภาพสูงในการผลิตควันและความร้อน ลดการใช้ฟืนและเชื้อเพลิงฟอสซิล ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ใช้เซนเซอร์และคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการไหลของอากาศและปริมาณควัน ทำให้ได้คุณภาพที่สม่ำเสมอและปลอดภัย ระบบจัดเก็บพลังงานความร้อน เช่น การใช้หินหรือวัสดุเก็บความร้อน เพื่อรักษาอุณหภูมิแม้ในช่วงไม่มีแสงแดด การออกแบบห้องอบ ใช้ฉนวนเพื่อลดการสูญเสียความร้อน วัสดุที่ปลอดภัยสำหรับอาหาร และโครงสร้างที่เหมาะสมต่อการใช้งานและบำรุงรักษา ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ของการวิจัย คือเพื่อศึกษาผลของกระบวนการตากแดด–รมควันต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของปลานิลในช่วงเวลาการอบแห้ง และเพื่อเก็บข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการแปรรูปปลานิลให้มีคุณภาพและความปลอดภัยตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ปลาแปรรูป

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 การออกแบบการทดลอง การวิจัยนี้เป็นการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ ระบบอบแห้งแบบผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์และชีวมวลรมควันที่มีระบบควบคุมอุณหภูมิ (Hybrid Solar–Biomass Smoked Drying System with Temperature Control) กับการตากแดดธรรมชาติโดยใช้ปลานิลสดที่มีขนาดและน้ำหนักไม่เกิน 500 g/ตัว แล่แบบผีเสื้อ การปรุงรสหรือการหมักด้วยเกลือเบื้องต้น

2.2 การเตรียมตัวอย่าง ล้างและทำความสะอาดปลานิล แกะเกล็ด และผ่าครึ่งตามขนาดที่ต้องการ หมักด้วยเกลือมาตรฐาน เพื่อให้รสชาติคงที่ แยกตัวอย่างออกเป็นสองชุด สำหรับการอบแห้งแต่ละวิธี

2.3 การอบแห้งด้วยระบบผสมผสานกับเตาชีวมวล นำปลานิลไปวางบน ถาดอบ 1 ชั้น ของระบบอบแห้งแบบผสมผสาน ดังแสดงในภาพที่ 1 ตั้งค่าอุณหภูมิที่ต้องการ คือ 60 °C กมลทิพย์ กรรไพเราะ (2559) ผ่านระบบควบคุมอุณหภูมิ บันทึกอุณหภูมิภายในด้วยการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิ้ลแบบ K กับอุปกรณ์วัดอุณหภูมิแบบเรียลไทม์ WISCO data logger มาตรฐาน RS232 ความชื้นสัมพัทธ์ ค่ารังสีแสงอาทิตย์ และเวลาในการอบแห้ง ตรวจสอบและบันทึก น้ำหนักตัวอย่างรายชั่วโมง การเก็บข้อมูลดำเนินการในช่วงเวลา 13.00–17.00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์เริ่มลดลง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผลการอบแห้งภายใต้สภาวะพลังงานแสงอาทิตย์ต่ำ โดยการประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์กำหนดให้ค่าความชื้นของปลานิลต้องไม่เกิน 65 %w.b. ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ปลาแดดเดียวของกระทรวงอุตสาหกรรม (2547)



ภาพที่ 1 การออกแบบแหล่งกำเนิดความร้อนเสริมและระบบสำหรับการผลิตปลานิลแดดเดียวรมควัน

2.4 การตากแดดธรรมชาติ นำปลานิลไปวางบนมุ้งตากแดด ตากกลางแจ้งภายใต้สภาพอากาศธรรมชาติ บันทึกอุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ค่ารังสีแสงอาทิตย์ และเวลาในการแห้ง ตรวจสอบน้ำหนักตัวอย่างทุก ๆ ชั่วโมง เพื่อทดสอบระดับความชื้นที่เหมาะสมระยะเวลาภายใน 6-8 ชั่วโมง ในช่วงแดดเต็มวัน

2.5 วิเคราะห์ปริมาณน้ำหนักที่ลดลง **ในการศึกษาเครื่องอบแห้งเบื้องต้นสามารถการคำนวณได้ปริมาณน้ำที่ต้องระเหยออกจากผลผลิต ขั้นแรกต้องทราบปริมาณน้ำที่ต้องระเหยออกจากตัวอย่างขณะอบแห้ง ซึ่งจำเป็นต้องกำหนด ความชื้นเริ่มต้น ความชื้นสุดท้าย และปริมาณของผลิตที่ต้องการอบแห้ง ก็จะสามารถคำนวณน้ำหนักสุดท้ายหลังอบแห้ง แล้วนำไปคำนวณค่าปริมาณน้ำที่ต้องการระเหยออกจากผลผลิตได้ ดังสมการ (1) (กฤษฎางค์ ศุกระมูล และคณะ, 2567)**

$$M_w = \frac{w - d}{w} x100$$
$$d = (w)x(1) - \frac{M_w}{100} \quad (1)$$

ซึ่งรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนการคำนวณแสดงได้ดังนี้คือ

เมื่อ M_w **ความชื้นสุดท้ายหลังอบแห้ง, %(w.b)**
w **น้ำหนักก่อนอบแห้ง, kg**
d **น้ำหนักวัสดุแห้ง, kg**

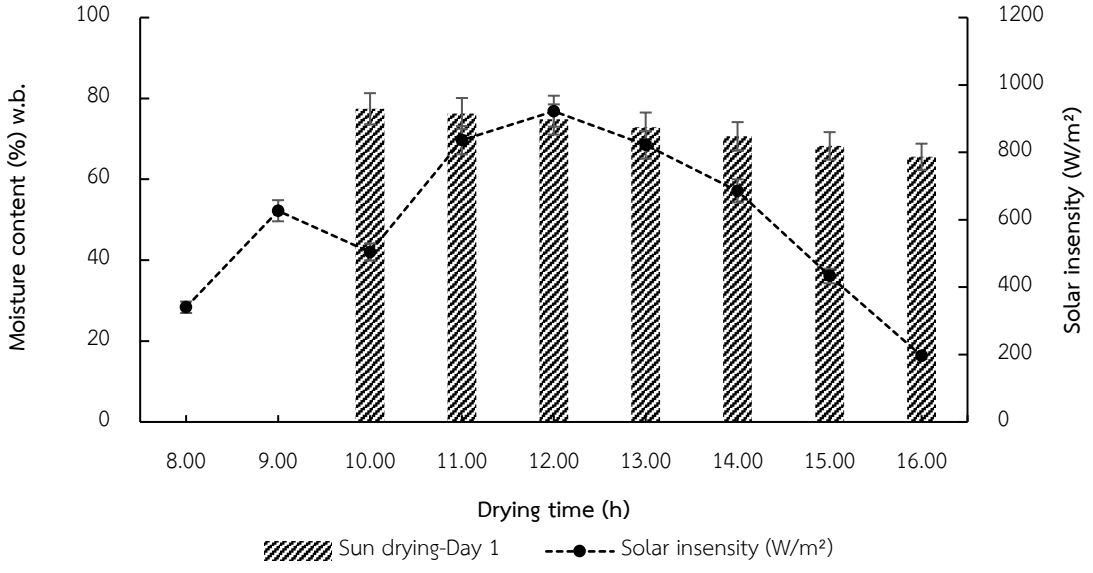
2.6 การวัดค่าสีของตัวอย่างปลานิลตากแดด-รมควันที่ผ่านกระบวนการแปรรูปในแต่ละขั้นตอน ดำเนินการโดยใช้เครื่องวัดสีแบบสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) ยี่ห้อ Konica Minolta รุ่น CM-16d ซึ่งเป็นเครื่องวัดสีตามระบบมาตรฐานสากล CIE โดยทำการวัดและรายงานผลในรูปของค่าความสว่าง (L*) ค่าโทนสีแดง–เขียว (a*) และค่าโทนสีเหลือง–น้ำเงิน (b*) การวัดดำเนินการภายใต้เงื่อนไขแหล่งกำเนิดแสงมาตรฐาน D65 มุมผู้สังเกต 10° และโหมดการวัดแบบ SCI (Specular Component Included) เพื่อรวมผลกระทบจากการสะท้อนผิวของตัวอย่าง ก่อนการวัดได้ทำการสอบเทียบเครื่องด้วยแผ่นมาตรฐานสีขาวตามคำแนะนำของผู้ผลิต ตัวอย่างแต่ละชนิดถูกนำมาวัดค่าสีอย่างน้อยหนึ่งตำแหน่งบนพื้นผิวที่เรียบและสม่ำเสมอ จากนั้นนำค่าที่ได้ไปใช้ในการคำนวณความแตกต่างของสี (ΔE^*) ตามสมการของระบบ CIE L*a*b* เพื่อเปรียบเทียบผลของกระบวนการแปรรูปที่แตกต่างกันต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะสีของผลิตภัณฑ์

2.7 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของการแปรรูปปลานิลดำเนินการโดยเปรียบเทียบระหว่างระบบอบแห้งแบบผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาชีวมวลและการตากแดดธรรมชาติด้วยมุ้งตาก 3 ชั้น (Deef et al., 2023; Asamoah et al., 2025) โดยกำหนดขอบเขตการวิเคราะห์ในระดับต่อรอบการผลิต ภายใต้เงื่อนไขความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ไม่เกิน 65 %(w.b.) (Nkansah, 2022) ต้นทุนที่นำมาพิจารณาประกอบด้วย (1) ต้นทุนการลงทุนเริ่มต้น ได้แก่ ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เตาชีวมวล และอุปกรณ์ประกอบ (Deef et al., 2023; Mawusi, 2019) และ (2) ต้นทุนการผลิตต่อรอบ ได้แก่ ค่าวัตถุดิบปลา ค่าเชื้อเพลิงชีวมวล และค่าแรง ผลตอบแทนพิจารณาจากรายได้รวมต่อรอบซึ่งคำนวณจากน้ำหนักผลิตภัณฑ์หลังแปรรูปคูณด้วยราคาจำหน่ายเฉลี่ยในท้องตลาด (Lazada; Shopee, 2568) การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ใช้ตัวชี้วัด ได้แก่ รายได้รวมต่อรอบ กำไรสุทธิต่อรอบ และการเปรียบเทียบศักยภาพการผลิตระหว่างสองระบบ (Asamoah et al., 2025; Deef et al., 2023) เพื่อสะท้อนความเหมาะสมในการประยุกต์ใช้ในระดับครัวเรือน ชุมชน และเชิงพาณิชย์

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย

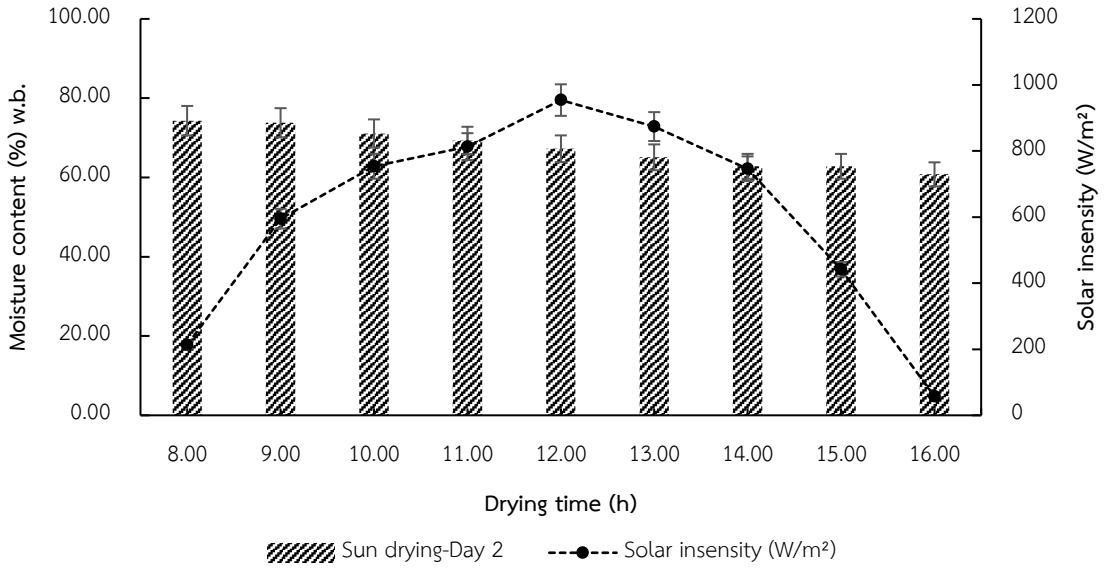
3.1 ผลการอบแห้งปลานิลด้วยการตากแดดธรรมชาติ

จากผลการทดลองการตากแดดธรรมชาติของปลานิลในวันที่ 1 (แสดงดังภาพที่ 2) ระหว่างเวลา 08.00–16.00 น. พบว่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์มีการเปลี่ยนแปลงตลอดช่วงการทดลอง โดยมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ช่วงเช้า และมีค่าสูงสุดในช่วงเที่ยงถึงบ่ายต้น ก่อนจะลดลงในช่วงบ่ายแก่ ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์เพิ่มจาก 340.4 W/m² ในเวลา 08.00 น. เป็น 626.8 W/m² ในเวลา 09.00 น. และเพิ่มสูงสุดที่ 922.0 W/m² ในเวลา 12.00 น. หลังจากนั้นค่ารังสีแสงอาทิตย์เริ่มลดลง โดยมีค่า 822.3 W/m², 685.7 W/m², 433.1 W/m² และลดลงต่ำสุดที่ 196.2 W/m² ในเวลา 16.00 น. ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงของค่าความชื้นของปลานิล (ฐานเปียก) แสดงให้เห็นแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการตากแดด โดยเริ่มวัดค่าความชื้นได้ที่เวลา 10.00 น. มีค่าเท่ากับ 77.43 %w.b. และลดลงเป็น 76.29 %w.b., 74.80 %w.b., และ 72.87 %w.b. ในเวลา 11.00, 12.00 และ 13.00 น. ตามลำดับ ในช่วงบ่าย ความชื้นของปลานิลลดลงอย่างชัดเจน โดยมีค่า 70.62 %w.b. ในเวลา 14.00 น. และ 68.25 %w.b. ในเวลา 15.00 น. ก่อนจะลดลงถึง 65.54 %w.b. ในเวลา 16.00 น. ซึ่งเป็นค่าความชื้นใกล้เคียงเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ปลาแดดเดียวที่กำหนดไว้ไม่เกิน 65 %w.b. ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า การตากแดดธรรมชาติสามารถลดความชื้นของปลานิลจากระดับมากกว่า 77 %w.b. เหลือประมาณ 65.5 %w.b. ภายในระยะเวลา 6 ชั่วโมง อย่างไรก็ตาม อัตราการลดความชื้นมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ ซึ่งมีความผันผวนตามสภาพอากาศ ส่งผลให้การอบแห้งด้วยวิธีนี้มีความไม่แน่นอนและอาจใช้ระยะเวลานานขึ้นหากสภาพอากาศไม่เอื้ออำนวย



ภาพที่ 2 ผลการอบแห้งปลานิลด้วยการตากแดดธรรมชาติ Day 1

ผลการทดลองการตากแดดธรรมชาติของปลานิลในวันที่ 2 (แสดงดังภาพที่ 3) ระหว่างเวลา 08.00–16.00 น. พบว่า ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากช่วงเช้าถึงช่วงเที่ยง และลดลงอย่างชัดเจนในช่วงบ่ายแก่ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่ออัตราการลดความชื้นของปลานิลตลอดกระบวนการอบแห้ง ในช่วงเช้า เวลา 08.00 น. ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์มีค่า 213.0 W/m² และเพิ่มขึ้นเป็น 595.3 W/m² ในเวลา 09.00 น. ก่อนจะเพิ่มต่อเนื่องเป็น 754.0 W/m² และ 813.4 W/m² ในเวลา 10.00 และ 11.00 น. ตามลำดับ



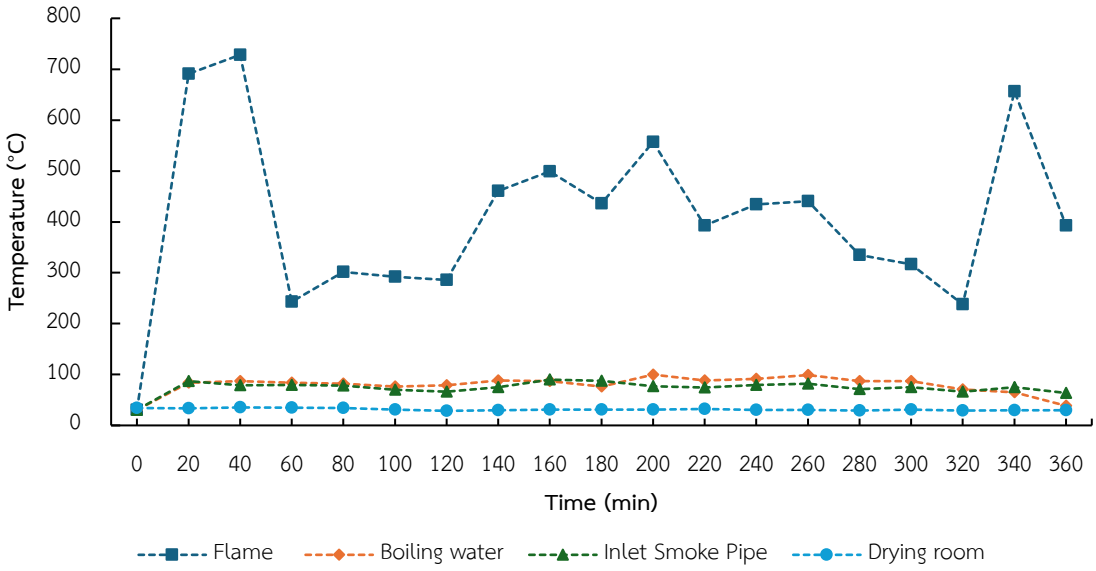
ภาพที่ 3 ผลการอบแห้งปลานิลด้วยการตากแดดธรรมชาติ Day 2

โดยค่ารังสีแสงอาทิตย์สูงสุดพบในเวลา 12.00 น. มีค่าเท่ากับ 954.3 W/m² หลังจากนั้นค่ารังสีแสงอาทิตย์เริ่มลดลงเป็น 874.1 W/m², 746.5 W/m², 442.3 W/m² และลดลงต่ำสุดที่ 57.6 W/m² ในเวลา 16.00 น. การเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นของปลานิล (ฐานเปียก) แสดงให้เห็นแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องตลอดช่วงเวลาการตากแดด โดยเริ่มต้นที่เวลา 08.00 น. มีค่าความชื้นเท่ากับ 74.33 %w.b. และลดลงเป็น 73.80 %w.b. ในเวลา 09.00 น. จากนั้นลดลงอย่างชัดเจนในช่วงที่ค่ารังสีแสงอาทิตย์สูง โดยมีค่า 71.10 %w.b., 69.32 %w.b. และ 67.25 %w.b. ในเวลา 10.00, 11.00 และ 12.00 น. ตามลำดับ ในช่วงบ่าย ความชื้นของปลานิลลดลงจนถึง 65.09 %w.b. ในเวลา 13.00 น. และลดลงต่อเนื่องเป็น 62.81 %w.b. ในเวลา 14.00 น. โดยค่าความชื้นคงที่ที่ 62.81 %w.b. ในเวลา 15.00 น. ก่อนจะลดลงถึง 60.79 %w.b. ในเวลา 16.00 น. ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ปลาแดดเดียวที่กำหนดไว้ไม่เกิน 65 %w.b. อย่างชัดเจน ผลการทดลองในวันที่ 2 แสดงให้เห็นว่า การตากแดดธรรมชาติสามารถลดความชื้นของปลานิลจาก 74.33 %w.b. เหลือ 60.79 %w.b. ภายในระยะเวลา 8 ชั่วโมง โดยมีอัตราการลดความชื้นสูงในช่วงที่ค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์มากกว่า 750

W/m² อย่างไรก็ตาม เมื่อค่ารังสีแสงอาทิตย์ลดลงต่ำกว่า 100 W/m² ในช่วงบ่ายแก่ อัตราการลดความชื้นมีแนวโน้มลดลงและเริ่มคงที่ แสดงให้เห็นถึงข้อจำกัดของการตากแดดธรรมชาติที่ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศเป็นสำคัญ

3.2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของระบบอบแห้งแบบผสมผสานในช่วงกลางคืน (17.00-23.00 น.)

จากการทดสอบอุณหภูมิด้วยระบบอบแห้งแบบผสมผสานร่วมกับเตาชีวมวล โดยใช้ฟืนจากไม้ลำไย ความชื้นไม่เกิน 30 %w.b. จำนวน 60 kg ทั้งกระบวนการ และตั้งค่าอุณหภูมิที่ 60 °C เวลา 17.00-23.00 น. ดังแสดงในภาพที่ 4 พบว่าอุณหภูมิในแต่ละตำแหน่งของระบบมีการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลาการทำงานของเตาเผาชีวมวลและการถ่ายเทความร้อนภายในระบบ อุณหภูมิบริเวณเปลวไฟ (Flame) มีค่าค่อนข้างสูงและผันผวนตามอัตราการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง โดยหลังเริ่มเดินระบบที่เวลา 20 นาที อุณหภูมิเปลวไฟเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจาก 30.7 °C เป็น 690.9 °C และมีค่าสูงสุดที่ 728.3 °C ในเวลา 40 นาที หลังจากนั้นอุณหภูมิเปลวไฟมีการลดลงและเพิ่มขึ้นเป็นช่วง ๆ โดยมีค่าระหว่าง 237.8–656.3 °C จนสิ้นสุดการทดลองที่เวลา 360 นาที ซึ่งสะท้อนถึงลักษณะการเผาไหม้ของชีวมวลที่ไม่คงที่แต่ให้พลังงานความร้อนสูงอย่างต่อเนื่อง อุณหภูมิน้ำเดือด (Boiling water) ซึ่งเป็นการทดสอบการประยุกต์ใช้งานที่หลากหลายเพิ่มเติมจากการใช้ความร้อนเหลือทิ้งสำหรับการประกอบอาหาร มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเริ่มต้น จาก 30.3 °C เป็น 84.0 °C ในเวลา 20 นาที และมีค่าอยู่ในช่วง 76.2–99.8 °C ตลอดระยะเวลาการทดลอง โดยมีค่าสูงสุดที่ 99.8 °C ในเวลา 200 นาที แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถประยุกต์ใช้งานจากเตาชีวมวลได้อย่างมีประสิทธิภาพในช่วงกลางคืน ใช้ปริมาณน้ำเริ่มต้น 11.91 kg และหลังจบกระบวนการน้ำคงเหลือ 0.32 kg ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากระบบตลอดกระบวนการเท่ากับ 11.59 kg สำหรับอุณหภูมิท่อควันทางเข้า (Inlet smoke pipe) พบว่ามีค่าเพิ่มจาก 30.6 °C ในช่วงเริ่มต้น เป็น 87.0 °C ในเวลา 20 นาที และมีค่าอยู่ในช่วง 63.8–89.9 °C ตลอดกระบวนการอบแห้ง โดยอุณหภูมิสูงสุดที่วัดได้คือ 89.9 °C ในเวลา 160 นาที ซึ่งเพียงพอต่อการส่งผ่านความร้อนและควันเข้าสู่ห้องอบอย่างต่อเนื่อง



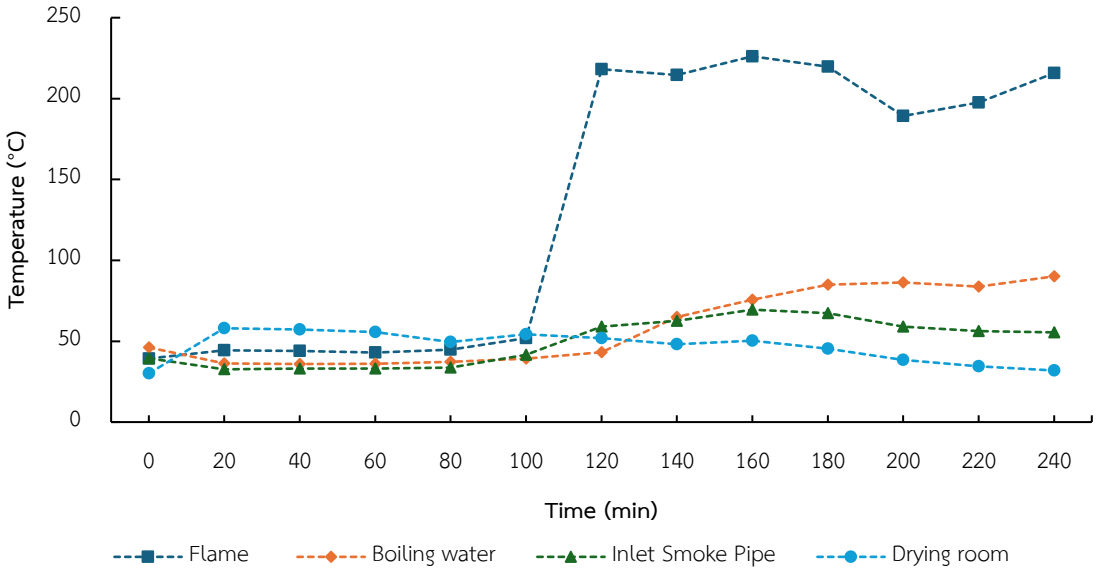
ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในตำแหน่งต่าง ๆ ของระบบอบแห้งแบบผสมผสานและเตาชีวมวลระหว่างการทดลองในเวลากลางคืน (17.00-23.00 น.)

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาอุณหภูมิภายในห้องอบแห้ง (Drying room) ซึ่งเป็นพารามิเตอร์สำคัญต่อคุณภาพการอบแห้งปลานิล พบว่าอุณหภูมิภายในห้องอบมีความผันผวนในช่วงแคบเมื่อเทียบกับตำแหน่งอื่นของระบบ โดยมีค่าเริ่มต้นที่ 34.2 °C และเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 28.6–35.3 °C ตลอดระยะเวลาการทดลอง แม้ว่าอุณหภูมิบริเวณเปลวไฟและท่อควันจะมีความผันผวนสูงจากลักษณะการเผาไหม้ของชีวมวล แม้ค่าอุณหภูมิภายในห้องอบที่วัดได้จะต่ำกว่าค่าอุณหภูมิเป้าหมายที่ตั้งไว้ที่ 60 °C แต่ระบบเตาชีวมวลมีบทบาทสำคัญในการเสริมความร้อนและรักษาเสถียรภาพของอุณหภูมิภายในห้องอบ โดยเฉพาะในช่วงเวลากลางคืน ซึ่งสภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิเฉลี่ยเพียงประมาณ 16.0 °C และมีความชื้นสัมพัทธ์สูงมากกว่า 90 %RH ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการใช้เตาชีวมวลร่วมกับระบบอบแห้งสามารถลดผลกระทบจากสภาพอากาศที่ไม่เอื้ออำนวย ระบบอบแห้งแบบผสมผสานช่วยเพิ่มศักยภาพในการควบคุมสภาวะการอบแห้งให้ใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่ต้องการ แต่ควรทำให้กระบวนการอบแห้งสามารถดำเนินไปได้อย่างต่อเนื่อง แม้ในช่วงที่ไม่มีพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งนับเป็นข้อได้เปรียบที่สำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับการตากแดดตามธรรมชาติ อย่างไรก็ตาม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบในอนาคต ควรมีการปรับปรุงโครงสร้างของระบบอบแห้งและเตาชีวมวล รวมถึงการออกแบบท่ออากาศขาเข้าให้เหมาะสมยิ่งขึ้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนและความสม่ำเสมอของอุณหภูมิภายในระบบ

3.3 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของระบบอบแห้งแบบผสมผสานในช่วงบ่าย (13.00–17.00 น.)

จากผลการทดลองการอบแห้งปลานิลด้วยระบบอบแห้งแบบผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาชีวมวลในช่วงบ่าย โดยใช้ฟืนจากไม้ลำไยความชื้นไม่เกิน 30 %w.b. จำนวน 8.0 kg ทั้งกระบวนการ พบว่าอุณหภูมิในตำแหน่งต่าง ๆ ของระบบมีการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันตามบทบาทหน้าที่ของแต่ละส่วน โดยเฉพาะในช่วงที่พลังงานแสงอาทิตย์ลดลงอย่างต่อเนื่อง อุณหภูมิบริเวณเปลวไฟ (Flame) ในช่วงเริ่มต้นการทดลองมีค่าอยู่ในช่วงต่ำระหว่าง 39.3–51.9 °C ในช่วงเวลา 0–100 นาที ก่อนจะเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อมีการเสริมการเผาไหม้ของเตาชีวมวล โดยมีค่าอยู่ในช่วง 218.1–226.1 °C ระหว่างเวลา 120–160 นาที และลดลงเล็กน้อยในช่วงปลายการทดลอง โดยมีค่าประมาณ 189.2–215.8 °C จนถึงเวลา 240 นาที แสดงให้เห็นว่าเตาชีวมวลสามารถให้พลังงานความร้อนสูงและต่อเนื่องในช่วงบ่ายได้อย่างมีประสิทธิภาพ อุณหภูมิน้ำเดือด (Boiling water) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจาก 46.1 °C ในช่วงเริ่มต้น เป็น 65.0 °C ในเวลา 140 นาที และเพิ่มสูงสุดที่ 90.1 °C ในเวลา 240 นาที สะท้อนถึงศักยภาพของระบบในการสะสมความร้อนจากเตาชีวมวลและส่งผ่านความร้อนไปยังระบบอบแห้งได้ สำหรับอุณหภูมิท่อควันทางเข้า (Inlet smoke pipe) พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก 39.4 °C เป็น 59.0 °C ในเวลา 120 นาที และมีค่าอยู่ในช่วง 55.4–69.5 °C ในช่วงกลางถึงปลายการทดลอง ซึ่งเพียงพอต่อการนำพาความร้อนและควันเข้าสู่ห้องอบแห้งอย่างต่อเนื่องแต่ก็ค่อนข้างต่ำ ยังสะท้อนถึงศักยภาพในการปรับปรุง

ประสิทธิภาพเชิงพลังงานของระบบในอนาคต ในการนำข้อมูลไปปรับปรุงเตาชีวมวลในระบบ อุณหภูมิภายในห้องอบแห้ง (Drying room) ซึ่งเป็นพารามิเตอร์สำคัญต่อคุณภาพการอบแห้งปลานิล พบว่าในช่วงต้นการทดลองมีค่า 30.1 °C ก่อนจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเป็น 58.0 °C ในเวลา 20 นาที และมีค่าอยู่ในช่วง 55.6–57.3 °C ในช่วง 40–60 นาที ซึ่งใกล้เคียงกับอุณหภูมิเป้าหมายที่ตั้งไว้ที่ 60 °C แม้ในช่วงที่อุณหภูมิเปลวไฟและระบบถ่ายเทความร้อนมีความผันผวน อุณหภูมิภายในห้องอบแห้งยังคงอยู่ในช่วง 45.3–54.3 °C ระหว่างเวลา 80–180 นาที ก่อนจะลดลงในช่วงปลายการทดลองจนถึง 31.9 °C ในเวลา 240 นาที ซึ่งสอดคล้องกับการลดลงของพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเย็น ดังแสดงในภาพที่ 5

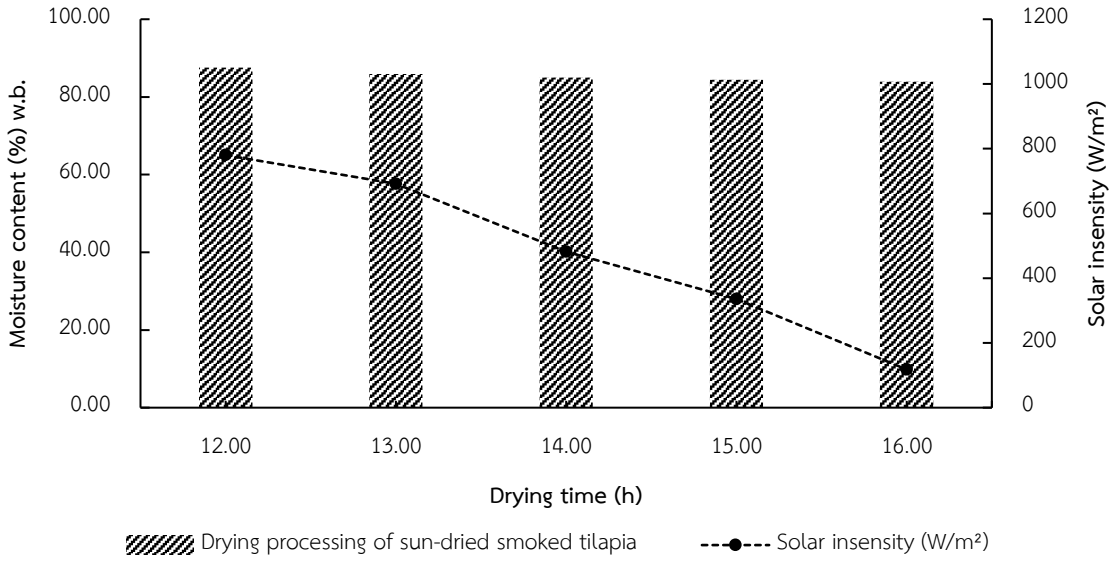


ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในตำแหน่งต่าง ๆ ของระบบอบแห้งแบบผสมผสานและเตาชีวมวลระหว่างการทดลองในเวลาช่วงบ่าย (13.00-17.00 น.)

เมื่อพิจารณาการใช้เชื้อเพลิงในแต่ละช่วงเวลา พบว่าในช่วงเวลากลางคืนซึ่งไม่มีพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบต้องใช้ฟืนปริมาณ 60 kg ภายใน 6 ชั่วโมง หรือคิดเป็นอัตราการใช้เชื้อเพลิงประมาณ 10 kg/h ขณะที่ช่วงบ่ายซึ่งยังได้รับพลังงานจากแสงอาทิตย์ ระบบใช้ฟืนเพียง 8 kg ภายใน 4 ชั่วโมง หรือประมาณ 2 kg/h ความแตกต่างดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าพลังงานแสงอาทิตย์มีบทบาทสำคัญในการช่วยลดการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล โดยในช่วงที่ไม่มีแสงอาทิตย์ ระบบต้องพึ่งพาเตาชีวมวลเป็นแหล่งพลังงานหลัก ส่งผลให้อัตราการใช้ฟืนเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ผลการทดลองจึงชี้ให้เห็นว่าระบบอบแห้งแบบผสมผสานมีศักยภาพในการลดการใช้เชื้อเพลิงในช่วงที่มีพลังงานแสงอาทิตย์ แต่ยังมีข้อจำกัดด้านประสิทธิภาพเชิงพลังงานในช่วงเวลากลางคืน ซึ่งควรได้รับการปรับปรุงในด้านการออกแบบเตาและระบบถ่ายเทความร้อนในอนาคต

3.4 ผลการอบแห้งแบบผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาชีวมวลปลานิลรมควัน

จากผลการทดลองกระบวนการตากแดด–รมควันปลานิลในช่วงเวลา 13.00–17.00 น. พบว่า ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องตามช่วงเวลา ส่งผลโดยตรงต่ออัตราการลดความชื้นของปลานิลตลอดกระบวนการอบแห้ง ในช่วงเริ่มต้นการทดลอง เวลา 13.00 น. ความชื้นของปลานิลมีค่าเท่ากับ 85.91 %w.b. ภายใต้ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ 691.4 W/m² ต่อมาในช่วงบ่าย ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ลดลงเป็น 482.3 W/m² และ 336.0 W/m² ในเวลา 14.00 และ 15.00 น. ตามลำดับ ส่งผลให้ค่าความชื้นของปลานิลลดลงเป็น 84.96 %w.b. และ 84.40 %w.b. ในช่วงปลายการทดลอง เวลา 17.00 น. (เมื่อค่ารังสีแสงอาทิตย์ลดลงอย่างมาก โดยมีค่าใกล้เคียง 117.8 W/m²) ความชื้นของปลานิลลดลงเล็กน้อยเป็น 83.94 %w.b. แสดงให้เห็นว่าการตากแดด–รมควันเพียงอย่างเดียวมีประสิทธิภาพจำกัดในช่วงที่พลังงานแสงอาทิตย์ต่ำ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า แม้กระบวนการตากแดด–รมควันจะสามารถลดความชื้นของปลานิลได้อย่างต่อเนื่อง แต่การลดลงของค่าความชื้นเป็นไปอย่างช้า โดยความชื้นลดลงจาก 87.56 %w.b. เหลือ 83.94 %w.b. ภายในเวลา 4 ชั่วโมง หรือคิดเป็นการลดลงเพียงประมาณ 3.62 %w.b. ซึ่งสะท้อนถึงข้อจำกัดของกระบวนการที่พึ่งพาพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว อัตราการลดความชื้นที่ลดลงอย่างชัดเจนในช่วงที่ค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ต่ำกว่า 300 W/m² บ่งชี้ว่ากระบวนการตากแดด–รมควันมีความไวต่อสภาพอากาศ และอาจไม่เหมาะสมต่อการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ให้ได้ตามมาตรฐานในระยะเวลาที่สั้น เพื่อแก้ไขข้อจำกัดดังกล่าว ควรพัฒนาระบบอบแห้งให้เป็นระบบแบบผสมผสาน พัฒนาแหล่งความร้อนเสริม เช่น เตาชีวมวล เพื่อรักษาอุณหภูมิและอัตราการอบแห้งให้คงที่ นอกจากนี้ควรปรับปรุงการออกแบบระบบถ่ายเทอากาศและการกระจายความร้อนภายในห้องอบแห้ง รวมถึงติดตั้งระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นแบบอัตโนมัติ เพื่อให้สามารถควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปตามมาตรฐานภายในระยะเวลาที่เหมาะสม



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของปลานิลแดดเดียวรมควันกับความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ในช่วงเวลา 13.00–17.00 น.

3.5 การเปรียบเทียบความชื้นของปลาตากธรรมชาติและปลารมควัน

สำหรับปลาตากธรรมชาติ มีค่าความชื้นบนฐานเปียก (Moisture content, %w.b.) อยู่ในช่วง 62.78–66.54% โดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 65.24% ขณะที่ค่าความชื้นบนฐานแห้ง (%d.b.) อยู่ในช่วง 168.64–198.84% และมีค่าเฉลี่ยประมาณ 188.38% แสดงให้เห็นว่าปลาตากธรรมชาติยังคงมีความชื้นค่อนข้างสูง เนื่องจากเป็นการลดความชื้นด้วยการตากในสภาพแวดล้อมธรรมชาติซึ่งควบคุมอุณหภูมิและความชื้นได้จำกัด ในขณะที่ปลารมควัน มีค่าความชื้นบนฐานเปียกอยู่ในช่วง 50.94–55.81% โดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 55.35% และค่าความชื้นบนฐานแห้งอยู่ในช่วง 103.84–145.77% มีค่าเฉลี่ยประมาณ 125.30% ซึ่งต่ำกว่าปลาตากธรรมชาติอย่างชัดเจน ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่ากระบวนการรมควันสามารถลดความชื้นของปลาได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่า เนื่องจากได้รับความร้อนอย่างต่อเนื่องและมีการถ่ายเทความร้อนร่วมกับการระเหยของน้ำ

ผลการทดลองพบว่าปลาตากธรรมชาติมีค่าความชื้นสุดท้ายสูงกว่าปลารมควันอย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ FAO (2018) และ Rahman (2020) ที่ระบุว่าการตากปลาในสภาพแวดล้อมธรรมชาติมีข้อจำกัดด้านการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และอัตราการถ่ายเทอากาศ ส่งผลให้การระเหยของน้ำเกิดขึ้นได้ไม่สม่ำเสมอและมีความชื้นตกค้างสูง ขณะที่กระบวนการรมควันให้ความร้อนอย่างต่อเนื่องจากการเผาไหม้ ทำให้การถ่ายเทความร้อนและการระเหยของน้ำมีประสิทธิภาพมากกว่า ส่งผลให้ค่าความชื้นบนฐานเปียกและฐานแห้งลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Asamoah et al. (2025) และ Nkansah (2022) ที่รายงานว่าการรมควันสามารถลดความชื้นของปลาได้ดีกว่าการตากแดดแบบดั้งเดิม นอกจากนี้ งานทบทวนโดย

Singh et al. (2018) และ El-Sebaii & Shalaby (2012) ชี้ให้เห็นว่ากระบวนการอบแห้งที่พึ่งพาพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวมีความไวต่อสภาพอากาศ โดยเฉพาะในช่วงที่ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ต่ำ ส่งผลให้อัตราการอบแห้งลดลง ผลที่ได้จากการศึกษานี้จึงสอดคล้องกับรายงานของ ธนกร หอมจำปา และคณะ (2556) และ กมลทิพย์ กรรไพเราะ (2559) ซึ่งพบว่าปลาที่ผ่านกระบวนการตากแดดหรืออบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์มักมีความชื้นสุดท้ายสูงกว่ากระบวนการที่ใช้แหล่งพลังงานความร้อนเสริม ทั้งนี้ค่าความชื้นของปลารมควันจากการศึกษานี้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการยืดอายุการเก็บรักษาและสอดคล้องกับแนวทางด้านความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ปลาแปรรูปตามมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง (FAO, 2018; กระทรวงอุตสาหกรรม, 2547)

3.6 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของตัวอย่างปลา

จากการวัดค่าสีของตัวอย่างปลาด้วยเครื่องวัดสีระบบ CIELAB (L*, a*, b*) ภายใต้แหล่งกำเนิดแสง D65 และมุมมองผู้สังเกต 10° พบว่าค่าสีของตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน ปลานิลนำมาอบลมร้อนที่ 105 °C มีค่า L* อยู่ในช่วง 41.22–43.37 แสดงถึงความสว่างของเนื้อปลาในระดับปานกลาง ขณะที่ค่า a* อยู่ในช่วง 7.42–10.73 บ่งชี้แนวโน้มของสีแดง และค่า b* อยู่ในช่วง 24.35–26.77 แสดงถึงโทนสีเหลืองค่อนข้างสูง ซึ่งอาจเกิดจากกระบวนการแปรรูปหรือการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของเนื้อปลา ในขณะที่ตัวอย่างปลานิลรมควันภายใต้เงื่อนไข 60 °C มีค่า L* ต่ำกว่าอย่างชัดเจน อยู่ในช่วง 21.69–22.99 สะท้อนถึงสีที่เข้มขึ้นของตัวอย่างปลา ค่า a* อยู่ในช่วง 4.51–7.02 และค่า b* อยู่ในช่วง 14.17–15.36 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าตัวอย่างอบลมร้อน แสดงให้เห็นถึงการลดลงของโทนสีแดงและสีเหลือง ผลการวัดค่าสีชี้ให้เห็นว่าตัวอย่างปลามีความแตกต่างด้านลักษณะสีอย่างชัดเจน โดยตัวอย่างปลานิลนำมาอบลมร้อนมีความสว่างและโทนสีเหลือง–แดงสูงกว่าตัวอย่างปลานิลรมควันซึ่งความแตกต่างดังกล่าวสามารถนำไปใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพและผลของกระบวนการแปรรูปปลาได้

3.7 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของการแปรรูปปลานิลด้วยระบบอบแห้งแบบผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาชีวมวล เปรียบเทียบกับการตากแดดธรรมชาติด้วยมุ้งตาก 3 ชั้น แสดงให้เห็นความแตกต่างอย่างชัดเจนทั้งในด้านกำลังการผลิต ต้นทุน และผลตอบแทนต่อรอบการผลิต

ตารางที่ 1 กำลังการผลิตต่อรอบ

รายการ	**ระบบอบแห้งผสมผสาน**	**มุ้งตาก 3 ชั้น**
จำนวนปลา/รอบ	80 ตัว	12 ตัว
น้ำหนักปลาสด (kg)	40	6
น้ำหนักหลังแปรรูป (kg)	**14.0**	**2.1**

ตารางที่ 2 ต้นทุนการลงทุนเริ่มต้น

รายการ	**ระบบอบแห้งผสมผสาน (บาท)**	**มุ้งตาก 3 ชั้น (บาท)**
ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	20,000	–
เตาชีวมวล	1,000	–
ท่อ/อุปกรณ์ต่อ	500	–
มุ้งตากอาหาร	–	200
รวม	**21,500**	**200**

ตารางที่ 3 ต้นทุนการผลิตการแปรรูปปลา

รายการ	**ระบบอบแห้งผสมผสาน**	**มุ้งตาก**
ค่าปลาสด (บาท)	2,600	390
ค่าเชื้อเพลิงชีวมวล	200	0
ค่าแรง/การดูแล	300	150
ต้นทุนรวมต่อรอบ	**3,100**	**540**

ตารางที่ 4 รายได้และกำไรต่อรอบ

รายการ	ระบบอบแห้งผสมผสาน	มุ้งตาก
ราคาขาย (บาท/kg)	330	190
รายได้รวม (บาท)	4,620	399
กำไรต่อรอบ (บาท)	**+1520**	**−141**

หมายเหตุ: การเปรียบเทียบช่วงราคาสินค้าจากแบรนด์ต่าง ๆ ในแหล่งออนไลน์ (Lazada; Shopee, 2568) และร้านค้าส่ง (Makro)

จากตารางที่ 1 พบว่าระบบอบแห้งแบบผสมผสานมีกำลังการผลิตต่อรอบสูงกว่ามุ้งตากอย่างชัดเจน โดยสามารถแปรรูปปลานิลได้ 80 ตัวต่อรอบ หรือคิดเป็นน้ำหนักปลาสด 40 kg และให้น้ำหนักหลังแปรรูปประมาณ 14.0 kg ที่ความชื้นสุดท้าย 65% w.b. ในขณะที่มุ้งตาก 3 ชั้นสามารถแปรรูปปลาได้เพียง 12 ตัวต่อรอบ หรือประมาณ 2.1 kg หลังการแปรรูป เมื่อพิจารณาต้นทุนการลงทุนเริ่มต้น (ตารางที่ 2) พบว่าระบบอบแห้งแบบผสมผสานมีต้นทุนเริ่มต้นสูงกว่ามุ้งตากอย่างมาก โดยมีมูลค่าการลงทุนประมาณ 21,500 บาท ขณะที่มุ้งตากมีต้นทุนเพียงประมาณ 200 บาท อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาต้นทุนการผลิตต่อรอบ (ตารางที่ 3) พบว่าระบบอบแห้งแบบผสมผสานมีต้นทุนรวมต่อรอบอยู่ในช่วง 3,100 บาท ซึ่งสูงกว่ามุ้งตากที่มีต้นทุนประมาณ 540 บาท เนื่องจากมีค่าเชื้อเพลิงชีวมวลและต้นทุนวัตถุดิบที่สูงกว่า อันเป็นผลจากกำลังการผลิตที่มากกว่า ผลการวิเคราะห์รายได้และกำไรต่อรอบ (ตารางที่ 4) แสดงให้เห็นว่าระบบอบแห้งแบบผสมผสานสามารถสร้างรายได้รวมประมาณ 4,620 บาทต่อรอบ และให้กำไรสุทธิ 1,520 บาทต่อรอบ ในขณะที่มุ้งตากให้รายได้รวมเพียงประมาณ 399 บาท และขาดทุนประมาณ −141 บาทต่อรอบ ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า แม้ระบบอบแห้งแบบผสมผสานจะมีต้นทุนการลงทุนเริ่มต้นสูง แต่สามารถสร้างผลตอบแทนต่อรอบที่สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ และมีศักยภาพในการพัฒนาไปสู่การผลิตในระดับชุมชนหรือเชิงพาณิชย์ได้ดีกว่าการตากแดดธรรมชาติ ซึ่งมีข้อจำกัดด้านกำลังการผลิต ความเสถียรของกระบวนการ และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในระยะยาว ถึงแม้จะเพิ่มจำนวนปลาต่อรอบเท่ากับระบบอบแห้งแบบผสมผสาน แต่มุ้งตากก็ยังคงขาดทุน เนื่องจากราคาขายต่อกิโลกรัมต่ำและกระบวนการไม่เสถียร แสดงให้เห็นว่า ระบบอบแห้งผสมผสานมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์สูงกว่ามุ้งตาก

4. สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการแปรรูปปลานิลด้วยวิธีการตากแดดธรรมชาติ การตากแดด–รมควัน หรือระบบอบแห้งแบบผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาชีวมวลที่กำหนดอุณหภูมิเป้าหมาย 60 °C โดยพิจารณาการเปลี่ยนแปลงความชื้นและพฤติกรรมอุณหภูมิของระบบ ผลการทดลองพบว่าการตากแดดธรรมชาติสามารถลดความชื้นของปลานิลได้ตามความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ แต่มีความผันผวนสูงและขึ้นกับสภาพอากาศ สำหรับการตากแดด–รมควัน การลดความชื้นเป็นไปอย่างช้า โดยเฉพาะในช่วงที่ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ต่ำกว่า 300 W/m² ในขณะที่ระบบอบแห้งแบบผสมผสานสามารถรักษาอุณหภูมิภายในห้องอบให้มีเสถียรภาพและใกล้เคียงค่าเป้าหมายมากกว่า ช่วยให้กระบวนการอบแห้งดำเนินได้อย่างต่อเนื่องแม้ในช่วงเวลากลางคืนหรือสภาวะแวดล้อมที่ไม่เอื้ออำนวย ทั้งนี้ควรมีการพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและการกักเก็บความร้อนเพิ่มเติม รวมถึงศึกษาผลกระทบต่อคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ เพื่อรองรับการใช้งานในระดับชุมชนและเชิงพาณิชย์อย่างยั่งยืน

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ขอขอบคุณ ทีมวิจัยสาขาวิศวกรรมพลังงานทดแทน และขอขอบคุณทุนสนับสนุนงานวิจัยภายใต้โครงการผลิตและพัฒนาศักยภาพบัณฑิตด้านพลังงานทดแทนในกลุ่มประเทศอาเซียนสำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิต วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่สนับสนุนสิ่งอำนวยความสะดวกและงบประมาณการวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

กมลทิพย์ กรรไพเราะ. (2559). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาซาร์ดีนแดดเดียวโดยใช้ตู้อลมร้อน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มร.ย., 1(2), 7–22.

กฤษฎางค์ ศุกระมูล, จารุนันท์ ไชยนาม, สุภณิดา พัฒธร, ศักย บุญชูวิทย์, อุชา โพธิ์สุวรรณ์, & ณัฏฐิรา ศุขไพบูลย์. (2567) การพัฒนาและออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานชีวมวลและขดลวดไฟฟ้าสำหรับการอบแห้ง. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม: มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา, 12(1), 79–92.

กระทรวงอุตสาหกรรม. (2547). มาตรฐานผลิตภัณฑ์ปลาแดดเดียว. กรุงเทพฯ : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน.

ธนกร หอมจำปา, ทรงสุภา พุ่มชุมพล, & อำไพ ศักดิ์ที บุญมา. (2556). เงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งปลานิลด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 32(4), 461–467.

Asamoah, E. K., Nunoo, F. K. E., Addo, S., Nyarko, J. O., Adjei, M. Y. B., Kunadu, A. P. H., & Hyldig, G. (2025). Comparison of the efficiency of improved and traditional fish smoking kilns and their effects on smoked fish quality in Ghana. Journal of the Science of Food and Agriculture, 105(5), 2923-2930.

Asamoah, E. K., Nunoo, F. K. E., Addo, S., Nyarko, J. O., Adjei, M. Y. B., Kunadu, A. P. H., & Hyldig, G. (2025). Comparison of the efficiency of improved and traditional fish smoking kilns and their effects on smoked fish quality in Ghana. Journal of the Science of Food and Agriculture, 105(5), 2923-2930.

Chavan, S. P., & Singh, A. (2018). Hybrid drying technologies for fish and meat processing: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 94, 814–828.

Deef, M., Samy Helal, H., El-Sebaee, I., Nadimi, M., Paliwal, J., & Ibrahim, A. (2023). Harnessing solar energy: a novel hybrid solar dryer for efficient fish waste processing. AgriEngineering, 5(4), 2439-2457.

El-Sebaii, A. A., & Shalaby, S. M. (2012). Solar drying of agricultural products: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16(1), 37-43.

FAO. (2018). Guidelines for smoked fish processing and safety. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Mawusi, S. K. (2019). Impact of Climate-Smart Stoves on Household Air Pollution in Asuogyaman District, Eastern Region, Ghana (Doctoral dissertation, University of Ghana).

Nkansah, S. B. (2022). A comparative study of the quality and shelf life of fish smoked using chorkor oven and ahotor oven (Doctoral dissertation, University of Cape Coast).

Rahman, M. S. (Ed.). (2020). Handbook of food preservation. CRC press.

Saleh, N. E., Wassef, E. A., & Abdel-Mohsen, H. H. (2022). Sustainable fish and seafood production and processing. In *Sustainable fish production and processing* (pp. 259-291). Academic Press.

Singh, P., Shrivastava, V., & Kumar, A. (2018). Recent developments in greenhouse solar drying: A review. *Renewable and sustainable energy reviews*, *82*, 3250-3262.

วงจรขยายเอกซ์โพเนเชียลเทียมโดยใช้การประมาณค่าด้วยจำนวนตรรกยะ

A Pseudo-Exponential Circuit using Rational Approximation

อิทธิพงศ์ ชัยสายัณห์[1*]

ittipong chaisayun[1*]

[1]**สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ กรุงเทพฯ 10160**

[1]**Department of Electrical Engineering, Faculty of engineering, Southeast Asia university**

[*]**Corresponding author E-mail: ittipongc@sau.ac.th**

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวงจรขยายสัญญาณเอกซ์โพเนเชียล ที่ใช้หลักการการแทนฟังก์ชันเอ็กซ์โพเนนเชียลด้วยการประมาณด้วยจำนวนตรรกยะ(Rational Approximation) ด้วยวิธีการนี้ช่วยลดความจำเป็นในการใช้การฟังก์ชันกำลังสองหรือฟังก์ชันเอกซ์โพเนเชียลโดยตรง ทำให้วงจรมีโครงสร้างง่ายขึ้นและใช้อุปกรณ์น้อยลง โดยวงจรที่นำเสนอประกอบด้วยตัวต้านทานจำนวนห้าตัวและ ออปแอมป์ป้อนกลับกระแสจำนวน สองตัว โดยที่ค่าอัตราขยายของวงจรสามารถปรับได้ด้วยการปรับอัตราส่วนของตัวต้านทาน การวิเคราะห์ทางทฤษฎี ให้ผลที่สอดคล้องกับการจำลองการทำงานด้วย LTspice โดยที่ ออปแอมป์ป้อนกลับกระแส ใช้แบบจำลองของ AD844 และผลการทดสอบแสดงประสิทธิภาพการทำงานของวงจรทั้งในสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงและสัญญาณไซน์

คำสำคัญ: วงจรขยายสัญญาณเอกซ์โพเนเชียลเทียม, ออปแอมป์ป้อนกลับกระแส, อนุกรมแมคลอริน

Abstract

This article presents an exponential amplifier circuit based on the representation of the exponential function using a rational approximation approach. This method avoids the direct implementation of quadratic or exponential function blocks, thereby simplifying the circuit architecture and reducing the number of required components. The proposed circuit consists of five resistors and two CFOAs, with the gain adjustable through appropriate resistor ratios. Theoretical analysis shows close agreement with LTspice simulation results using the AD844 model, and simulation results verify the circuit's performance for both DC and sinusoidal input signals.

Keywords : pseudo-exponential circuit, CFOA, Maclaurin Series.

บทนำ

ฟังก์ชันเอกซ์โปเนนเชียลมีบทบาทสำคัญในงานด้านวิศวกรรมและวิทยาศาสตร์หลากหลายแขนง ไม่ว่าจะเป็นระบบสื่อสาร การประมวลผลสัญญาณ เครื่องมือแพทย์ อุปกรณ์ช่วยการได้ยิน และตัวควบคุมดิสก์ไดรฟ์ (Chang et al., 2000; Liu et al., 2000; Chang et al., 2002; Duong et al., 2004; Kumngern et al., 2008; Maundy et al., 2005; Maundy et al., 2007) วงจรที่สามารถสร้างการตอบสนองเชิงเอกซ์โปเนนเชียลมีความสำคัญอย่างยิ่งในการออกแบบวงจรปรับค่าขยายแบบแปรผัน (VGA) และระบบควบคุมค่าขยายอัตโนมัติ (AGC) ซึ่งต้องการความแม่นยำในการควบคุมแอมพลิจูดของสัญญาณ โดยทั่วไป วงจรสร้างฟังก์ชันเอกซ์โปเนนเชียลถูกพัฒนาด้วยเทคโนโลยีไบโพลาร์(BJT)หรือ ซีมอส(CMOS) อย่างไรก็ตาม แต่ละวิธีล้วนมีข้อจำกัดในตัวเอง ในเทคโนโลยีซีมอสไม่ได้มีคุณสมบัติเชิงลอการิทึมโดยธรรมชาติที่สามารถทำงานในช่วง strong inversion ซึ่งเป็นเงื่อนไขสำคัญสำหรับการสร้างฟังก์ชันเอกซ์โปเนนเชียลที่มีความถูกต้องแม่นยำ แม้ว่าทรานซิสเตอร์แบบมอส (MOS) จะมีลักษณะเชิงเอ็กซ์โพเนนเชียลในช่วงการทำงานแบบ weak inversion แต่ประสิทธิภาพของมันถูกจำกัดด้วยความเร็วต่ำและแบนด์วิดท์ที่จำกัด ทำให้ไม่เหมาะสมสำหรับการใช้งานที่ความถี่สูง ในทางกลับกัน แม้ว่าทรานซิสเตอร์แบบไบโพลาร์จะให้ลักษณะเชิงเอ็กซ์โพเนนเชียลโดยธรรมชาติ แต่พวกมันไม่สามารถใช้งานร่วมกับการรวมวงจรอนาล็อกและแบบผสมสัญญาณบนพื้นฐานซีมอสได้ มีเทคนิคหลายวิธีที่ถูกเสนอขึ้นมาเพื่อเลียนแบบพฤติกรรมเชิงเอ็กซ์โพเนนเชียล โดยกลุ่มแรก (Chang et al., 2000; Liu et al., 2000; Chang et al., 2002; Duong et al., 2004; Kumngern et al., 2008) ใช้ฟังก์ชันกำลังสองของซีมอสที่ทำงานในช่วงอิ่มตัว ซึ่งต้องการทรานซิสเตอร์จำนวนมาก ทำให้โครงสร้างซับซ้อนและมีความสามารถในการปรับขนาดจำกัด และกลุ่มที่สอง(Maundy et al., 2005; Maundy et al., 2007, Yuansen et al., 2025) ใช้วงจรขยายเชิงเส้น เช่น ออปแอมป์แบบป้อนกลับแรงดัน (VFOA) และออปแอมป์แบบป้อนกลับกระแส (CFOA) การใช้งานวงจรเชิงเส้นเหล่านี้ทำให้ง่ายขึ้นและใช้ชิ้นส่วนจำนวนลดลง แต่ก็ยังมีข้อจำกัดบางประการ เช่นวงจรที่นำเสนอโดย (Maundy et al., 2005) ใช้ทั้งออปแอมป์แบบป้อนกลับแรงดัน (VFOA) และออปแอมป์แบบป้อนกลับกระแส (CFOA) ทำให้ไม่เหมาะในการสร้างเป็นรูปแบบวงจรรวม และวงจรที่นำเสนอโดย (Maundy et al., 2007) ใช้ออปแอมป์แบบป้อนกลับแรงดัน ซึ่งทำให้วงจรมีคุณสมบัติทางไฟฟ้ากระสลับไม่ดี เพื่อเอาชนะข้อจำกัดเหล่านี้ บทความนี้ที่นำเสนอโดย(Yuansen et al., 2025) ได้ออกแบบ วงจรขยายสัญญาณเอกซ์โพเนเชียลเทียมโดยใช้ออปแอมป์แบบป้อนกลับกระแสเท่านั้น โดยใช้หลักการการแทนฟังก์ชันเอ็กซ์โพเนนเชียลโดยใช้การประมาณด้วยจำนวนตรรกยะ(rational approximation) ในรูปแบบ $e^{2x} \approx \frac{1+x}{1-x}$ ด้วยวิธีการนี้ช่วยลดความจำเป็นในการใช้การฟังก์ชันกำลังสอง ทำให้สถาปัตยกรรมวงจรง่ายขึ้นและใช้อุปกรณ์น้อยลง และในบทความนี้ เราได้นำเสนอวงจรเอกซ์โพเนเชียลเทียมโดยใช้ออปแอมป์แบบป้อนกลับกระแสที่มีคุณสมบัติเหมือนกับของ(Yuansen et al., 2025)

โดยวงจรในบทความนี้ถูกออกแบบโดยใช้การประมาณค่าแบบอนุกรมแมคลอริน(Maclaurin series) ที่ให้การตอบสนองแบบเอกซ์โพเนเชียลที่แม่นยำในช่วงอินพุตที่กำหนด เมื่อเทียบกับการใช้ออปแอมป์แบบป้อนกลับแรงดันทั่วไป การใช้งานแบบ ออปแอมป์แบบป้อนกลับกระแส มีข้อได้เปรียบที่สำคัญ ได้แก่ อัตราการเปลี่ยนแปลงแรงดันสูงขึ้น (slew rate) แบนด์วิดท์กว้างขึ้น และการตอบสนองต่อความถี่ที่ดีขึ้น นอกจากนี้ ออปแอมป์แบบป้อนกลับกระแส (CFOA) ยังเป็นอุปกรณ์ที่หาซื้อได้ง่าย ราคาถูก ทำให้วงจรที่เสนอเหมาะสมสำหรับการประมวลผลสัญญาณอนาล็อก การควบคุมอัตราขยายอัตโนมัติ (AGC) และการปรับแรงดันอัตโนมัติ (VGA)

ทฤษฎีและหลักการทำงานของวงจร

1. การประมาณค่าอนุกรมเทย์เลอร์สำหรับฟังก์ชันเอกซ์โพเนเชียล

ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลทั่วไป เมื่อกระจายโดยใช้อนุกรมแมคลอรินสามารถเขียนได้เป็น

$$e^{ax} = 1 + \frac{ax}{1!} + \frac{(ax)^2}{2!} + \cdots \frac{(ax)^n}{n!} + \cdots \quad (1)$$

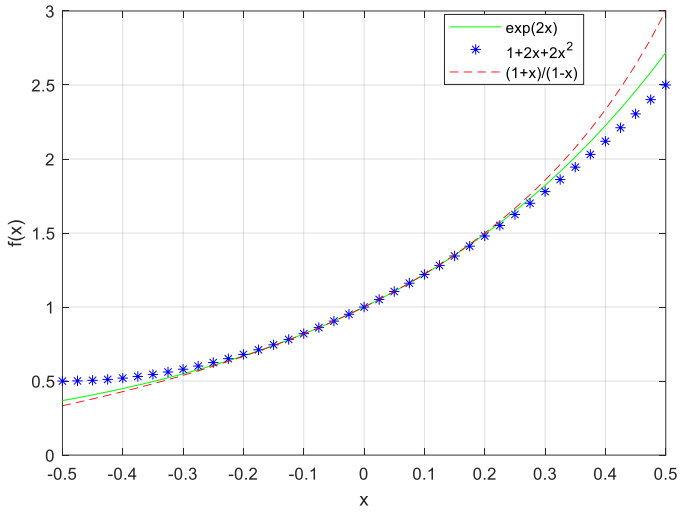
ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลในสมการ(1)สามารถประมาณค่าได้โดยมีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย ด้วยการละเว้นพจน์อนุกรมแมคลอรินอันดับสูง สำหรับ $|ax| \ll 1$ ซึ่งความคลาดเคลื่อนหลักของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลนี้เกิดจากพจน์อันดับสูงที่ถูกละเว้น ของอนุกรมแมคลอรินสำหรับ |ax| > 1 ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลไม่สามารถประมาณได้ด้วยพหุนามอันดับต่ำ สมการประมาณค่าได้จากการละเว้นพจน์อันดับสูงของสมการ (1) จะมีความผิดพลาดน้อย สำหรับ $|ax| < 1$ สามารถเขียนได้เป็น

$$e^{ax} = 1 + \frac{ax}{1!} + \frac{(ax)^2}{2!} \quad (2)$$

สมการ (2) เป็นการประมาณฟังก์ชันประมาณเอกซ์โพเนนเชียลโดยใช้พหุนามอันดับสอง แต่ในบทความนี้เราจะใช้ การประมาณฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลโดยใช้พหุนามอันดับหนึ่ง หรือ การประมาณด้วยจำนวนตรรกยะ (Rational Approximation) ดังนี้

$$e^{2x} = \frac{1+x}{1-x} \quad (3)$$

เมื่อกำหนด a=2 สมการ(2),(3) และ ค่าของ e^{2x} สามารถเปรียบเทียบกันตามภาพที่ 1

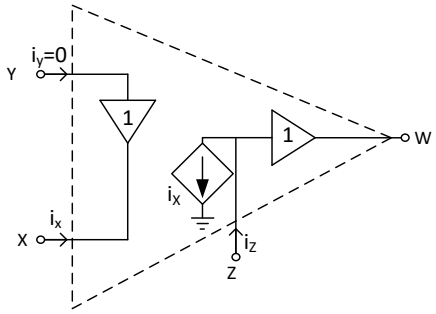


ภาพที่ 1 การเปรียบเทียบกราฟของ $e^{2x}, 1+2x+2x^2$ และ $\frac{1+x}{1-x}$

ภาพที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างฟังก์ชัน ของ e^{2x} กับสมการประมาณค่าสองแบบ ได้แก่ การประมาณค่าแบบพหุนาม $1+2x+2x^2$ และการประมาณค่าแบบตรรกยะ $\frac{1+x}{1-x}$ จากภาพที่ 1 สามารถสังเกตได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้จากสมการที่ (3) คือ $\frac{1+x}{1-x}$ มีค่าใกล้เคียงกับ e^{2x} มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสมการที่ (2) คือ$1+2x+2x^2$ โดยฉพาะในช่วงที่ x มีค่าเป็นลบ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงใช้สมการที่ (3) ในการสร้างฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล ข้อได้เปรียบเพิ่มเติมของสมการนี้คือไม่ต้องใช้พจน์กำลังสอง ส่งผลให้จำนวนอุปกรณ์ในวงจรลดลงและทำให้ความซับซ้อนโดยรวมของวงจรลดลงตามไปด้วย

2. ออปแอมป์ป้อนกลับกระแส

ออปแอมป์ป้อนกลับกระแส ประกอบด้วยวงจรตามแรงดัน 2 วงจรและวงจรตามกระแส 1 วงจร ตามภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แบบจำลองอย่างง่ายของออปแอมป์ป้อนกลับกระแส

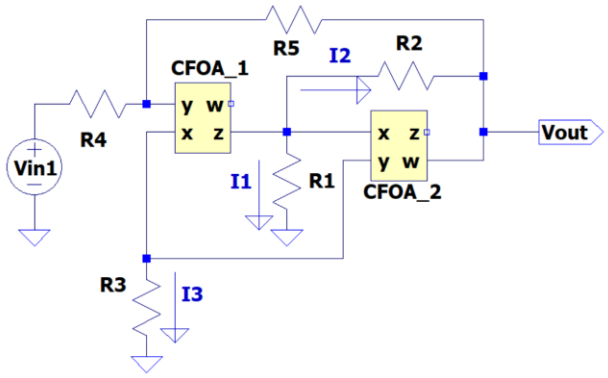
จากภาพที่ 2 ขา y เป็นอินพุตแรงดันที่มีอิมพีแดนซ์สูง ของออปแอมป์ป้อนกลับกระแส ทำหน้าที่เป็นอินพุตของวงจรตามแรงดันที่ให้เอาต์พุตเป็นแรงดันที่ ขา x ขณะที่ ขา x ยังเป็นอินพุตกระแสด้วยที่ทำหน้าที่เป็น

วงจรตามกระแสที่ให้เอาต์พุตเป็นกระแสที่ ขา z และ ที่ขา z นี้ยังทำหน้าที่เป็นอินพุตของวงจรตามแรงดันที่ให้เอาต์พุตเป็นแรงดันที่ ขา w ความสัมพันธ์ของ กระแสและแรงดันที่ขาต่างๆเป็นดังนี้

$$i_y = 0, i_z = i_x, v_x = v_y, v_w = v_z \tag{4}$$

3. วงจรขยายสัญญาณเอกซ์โพเนเชียล

วงจรขยายสัญญาณเอกซ์โพเนเชียลประกอบด้วยตัวต้านทานจำนวนห้าตัวและ CFOA สองตัว



ภาพที่ 3 วงจรขยายสัญญาณเอกซ์โพเนเชียลที่นำเสนอ

ที่ขา y ของ CFOA_1 ได้รับสัญญาณจาก อินพุต V_{in} และสัญญาณป้อนกลับจากเอาต์พุต V_{out} กำหนดให้ $R_4 = R_5$ แรงดันที่ ขา y ของ CFOA_1 สามารถเขียนได้ดังนี้

$$v_{y1} = \frac{v_{in}+v_{out}}{2} \tag{5}$$

ด้วยคุณสมบัติของ CFOA ตามสมการ(4) ทำให้ แรงดันที่ ขา x และขา y ของ CFOA มีค่าเท่ากัน คือ $V_{x1} = V_{y1}$ และ $V_{x2} = V_{y2}$ และผลของการป้อนกลับแบบลบของวงจรทำให้ แรงดันที่ ขา x และขา y ของ CFOA ทั้งสอง มีค่าเท่ากันดังนี้

$$v_{y1} = v_{x1} = v_{x2} = v_{y2} \tag{6}$$

ความสัมพันธ์ของกระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทาน R_1, R_2 และ R_3 สามารถแสดง ได้ดังนี้

$$i_1 = \frac{v_{x2}}{R_1} \tag{7}$$

$$i_2 = \frac{v_{x2}-v_{out}}{R_2} \tag{8}$$

$$i_3 = \frac{v_{x1}}{R_3} \tag{9}$$

จากสมการ(4) ความสัมพันธ์ของกระแสข้างบนเป็นดังนี้

$$i_3 = i_1 + i_2 \tag{10}$$

ใช้สมการ(5)-(10) ความสัมพันธ์แรงดันเอาต์พุตและอินพุตของวงจรภาพที่ 2 สามารถเขียนได้ดังนี้

$$v_{out} = \frac{1+R_2\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_3}\right)}{1-R_2\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_3}\right)} v_{in} \tag{11}$$

และเมื่อเขียนให้อยู่ในรูปแบบของสมการ(3) จะได้

$$v_{out} = \frac{(1+x)}{(1-x)} v_{in} \tag{12}$$

เมื่อ
$$x = R_2\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_3}\right) \tag{13}$$

แทนสมการ(3) ในสมการ(12) จะได้

$$v_{out} = \mathrm{e}^{2x} v_{in} \tag{14}$$

จากสมการ (13) ถ้า $R_1 > R_3$, $x < 0$ และถ้า $R_1 < R_3$, $x > 0$ นั้นคือ ค่า x สามารถเป็นได้ทั้งค่าลบและบวกได้ด้วยการเลือกตัวต้านทานที่เหมาะสม และจากสมการ (14) แสดงว่าแรงดันเอาต์พุต v_{out} แปรผันตรงกับแรงดันอินพุต v_{in} ที่มีอัตราขยายเป็นฟังก์ชันเอกซ์โพเนเชียลที่ปรับค่าด้วย x

ผลการทดลอง

เพื่อจะตรวจสอบการทำงานของวงจรขยายสัญญาณเอกซ์โพเนเชียล โปรแกรม LTspice ถูกใช้ในการจำลองการทำงาน โดยใช้แบบจำลองของออปแอมป์ป้อนกลับกระแส AD844 แรงดันไฟเลี้ยง ±15 V และอินพุตเป็นสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 1 V สำหรับวงจรที่แสดงในภาพที่ 2 กำหนดให้ $R_1 = R_2 = 5k\Omega$ และR_3 มีค่าเปลี่ยนแปลงตามตารางที่ 1 จากนั้นค่าของ x, e^{2x} และนิพจน์ในสมการที่ (12) ถูกคำนวณและเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองการทำงานของวงจรภาพที่ 2 ด้วย LTspice ผลลัพธ์ที่สรุปไว้ในตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าวงจรในภาพที่ 2 ให้ผลลัพธ์เอาต์พุตที่สอดคล้องกับค่า e^{2x} และสมการที่ (12)

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบผลของ e^{2x}, สมการที่ (12) และวงจรในภาพที่ 2(LTspice) สำหรับค่า x ที่เป็นบวก

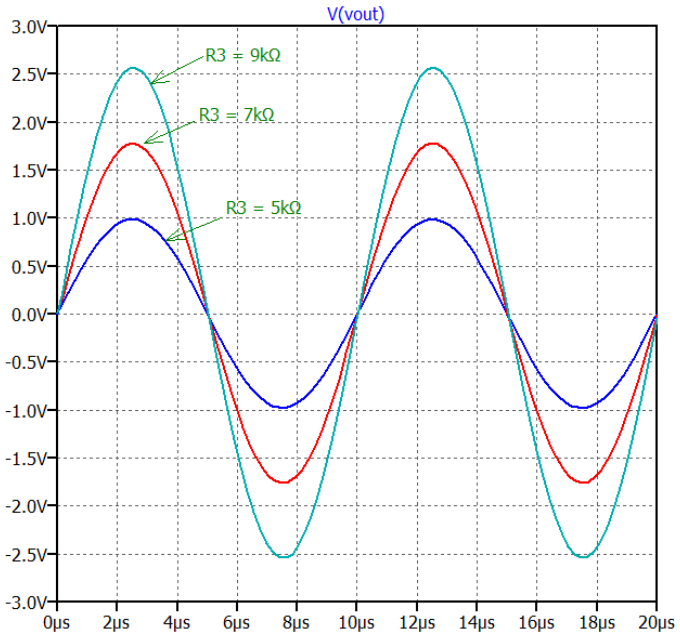
R_3	5 kΩ	5.5 kΩ	6 kΩ	6.5 kΩ	7 kΩ	7.5 kΩ	8 kΩ	8.5 kΩ	9 kΩ	9.5 kΩ
x	0.000	0.091	0.166	0.231	0.285	0.333	0.375	0.412	0.444	0.474
e^{2x}	1.000	1.199	1.393	1.587	1.768	1.946	2.117	2.279	2.430	2.581
(12)	1.000	1.200	1.398	1.600	1.797	1.998	2.200	2.401	2.597	2.802
LTspice	0.985	1.181	1.377	1.574	1.77	1.966	2.163	2.359	2.555	2.751

เมื่อกำหนดค่า $R_2 = R_3 = 5\ \text{k}\Omega$ และ R_1 มีค่าเปลี่ยนแปลงตามตารางที่ 2 จากนั้นค่าของ x, e^{2x} และนิพจน์ในสมการที่ (12) ถูกคำนวณและเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองการทำงานของวงจรภาพที่ 2 ด้วย LTspice ผลลัพธ์ที่สรุปไว้ในตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าวงจรในภาพที่ 2 ให้ผลลัพธ์เอาต์พุตที่สอดคล้องกับค่า e^{2x} และสมการที่ (12) เป็นอย่างดี

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบผลของ e^{2x}, สมการที่ (12) และวงจรในภาพที่ 2(LTspice) สำหรับค่า x ที่เป็นลบ

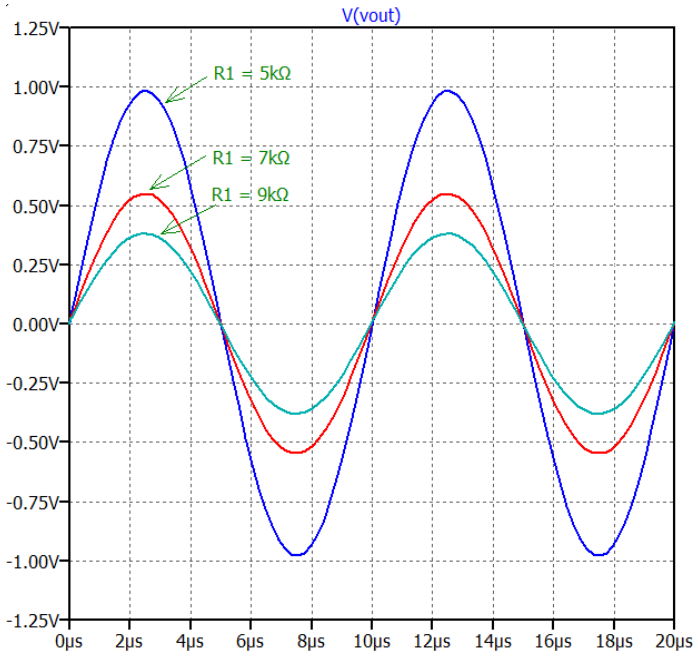
R_1	5kΩ		5.5kΩ	6kΩ	6.5kΩ	7kΩ	7.5kΩ	8kΩ	8.5kΩ	9kΩ	9.5kΩ
x	0.000		-0.091	-0.166	-0.231	-0.285	-0.333	-0.375	-0.412	-0.444	-0.474
e^{2x}	1.000		0.833	0.716	0.63	0.568	0.514	0.472	0.439	0.411	0.388
(12)	1.000		0.833	0.715	0.625	0.556	0.500	0.454	0.416	0.385	0.357
$LTspice$	0.985		0.822	0.706	0.618	0.550	0.496	0.451	0.414	0.382	0.355

และเมื่อให้อินพุตเป็นสัญญาณแรงดันไฟฟ้าสัญญาณไซน์ขนาด 1 V(ค่ายอด) ความถี่ 100 kHz ที่อัตราขยาย (gain) ถูกปรับโดยการเปลี่ยนแปลงค่า R_3 เริ่มจาก $5\ \text{k}\Omega, 7\ \text{k}\Omega, 9\ \text{k}\Omega$ ตามลำดับโดยที่ $R_1 = R_2 = 5\ \text{k}\Omega$ จะได้สัญญาณแรงดันเอาต์พุตแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แรงดันเอาต์พุตของวงจรในภาพที่ 2 เมื่อ $R_3 = 5\ \text{k}\Omega, 7\ \text{k}\Omega$ และ $9\ \text{k}\Omega$ (x = 0, 0.285, 0.444)

ภาพที่ 3 คือแรงดันเอาต์พุตของวงจรในภาพที่ 2 เมื่ออินพุตเป็นสัญญาณไซน์ ค่า x มีค่าเป็นบวกดังนี้ 0, 0.285, 0.444 ตามลำดับ และในทำนองเดียวกันเมื่อกำหนดให้ $R_3 = R_2 = 5\ \mathrm{k\Omega}$ และอัตราขยาย (gain) ถูกปรับโดยการเปลี่ยนแปลงค่า R_1 เริ่มจาก $5\ \mathrm{k\Omega}, 7\ \mathrm{k\Omega}, 9\ \mathrm{k\Omega}$ ตามลำดับ จะได้สัญญาณแรงดันเอาต์พุตแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แรงดันเอาต์พุตของวงจรในภาพที่ 2 เมื่อ $R_1 = 5\ \mathrm{k\Omega}, 7\ \mathrm{k\Omega}$ และ $9\ \mathrm{k\Omega}$ (x=0, -0.285, -0.444).

ภาพที่ 4 คือแรงดันเอาต์พุตของวงจรในภาพที่ 2 เมื่ออินพุตเป็นสัญญาณไซน์ ค่า x มีค่าเป็นลบดังนี้ 0, -0.285, -0.444 ตามลำดับ ในการทดสอบการตอบสนองความถี่ของวงจร ในภาพที่ 2 (ที่ $R_1 = R_2 = R_3 = 5\ \mathrm{k\Omega}$ หรือ x=0) ทำโดยการป้อนสัญญาณอินพุตแบบไซน์ ที่ปรับค่าความถี่ 10Hz-100MHz เพื่อหาค่าความถี่ตัด(cut off) ของวงจรพบว่ามีค่าความถี่ตัดประมาณ 20 MHz

สรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบวงจรขยายเอกซ์โพเนเชียลโดยใช้ออปแอมป์ป้อนกลับกระแส (CFOAs) วงจรที่นำเสนอนี้ มีโครงสร้างที่กะทัดรัด ประกอบด้วย CFOA จำนวนสองตัวและตัวต้านทานห้าตัว โดยใช้หลักการประมาณค่าแบบตรรกยะในการสร้างฟังก์ชันเอกซ์โพเนเชียล การวิเคราะห์เชิงทฤษฎีของวงจรได้รับการตรวจสอบยืนยันผ่านการจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม LTspice โดยใช้โมเดล AD844 ซึ่งผลการทดสอบแสดงความสอดคล้องกันเป็นอย่างดีระหว่างค่าทางทฤษฎีและผลการจำลอง วงจรสามารถทำงานได้ดีทั้งกับสัญญาณอินพุตแบบไฟฟ้ากระแสตรง และแบบไซน์ โดยสามารถปรับอัตราขยายได้ผ่านการตัวต้านทาน ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าวงจรที่นำเสนอมีความแม่นยำสูงและมีการตอบสนองความถี่ที่สูงประมาณ 20 MHz จึงเหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการประยุกต์ใช้งานด้านการประมวลผลสัญญาณแบบอนาล็อกที่ต้องการฟังก์ชันเอกซ์โพเนเชียล เช่น

วงจรขยายสัญญาณ ที่สามารถปรับอัตราขยายได้ อุปกรณ์ช่วยการได้ยินและระบบควบคุมอัตราขยายอัตโนมัติ เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

Chang C.-C. and Liu S.-l. 2000. Current-mode pseudo-exponential circuit with tunable input range. Electronics Letters, 36:1335-1336.

Chang C.-C., Lin M.-L., and Lin S.-I. 2002. CMOS current-mode exponential-control variable-gain amplifier. Electronics Letters, 37: 868-869.

Duong Q.-H., Duong H.-N., Nguyen T.-K., and Lee S.-G. 2004. All CMOS current-mode exponential function generator. The 6th International Conference on Advanced Communication Technology, pp. 528-531.

Kumngern M., Chanwutitum J. and Dejhan K. 2008. Simple CMOS current-mode exponential function generator circuit. The 5th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology, Krabi, Thailand, pp. 709-712.

Liu W., Chang C., and Liu S. 2000. Realization of exponential V-I converter using composite NMOS transistors. Electronics Letters,36:8-10.

Maundy, B. and Gift, S.2005. Novel pseudo-exponential circuits. IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs,52:675-679.

Maundy B., Westwick D. and Gift S. 2007. An improved pseudo-exponential, pseudo-logarithmic circuit. in Canadian Journal of Electrical and Computer Engineering, 32:145-150.

Yuansen Y., Pianprantong S. , and Chaisayun I. 2025. Pseudo-Exponential Circuits using current feedback operational amplifier. The 3rd International Conference on Social Sciences, Management and Technology. Southeast Asia University. Bangkok. Thailand. pp. 161-168.

การออกแบบ สร้าง และทดสอบสมรรถนะเครื่องทดสอบหน้ากากอนามัยทางการแพทย์:ประเภทมัลติฟังก์ชั่น

Design, Fabrication and Performance Testing of Medical Mask Tester: Multifunctional Type

ศิวะ สิทธิพงศ์[1*], ณัฐพงศ์ นิลจรัสวณิช[2], สุรเดช เตชวาทกุล[3], ณัฐพล พรนำพา[4], กรรณิการ์ จิตตารัตนถาวร[5] และ บุณยาพร ศรีภูธร[6]

Siva Sitthipong[1*], Nuttapong Niljrusvanit[2], Suradej Techawathakun[3], Nattapon Pornnumpa[4], Kannika Jittaratanathavorn[5] and Bunyaporn Sriputorn[6]

[1] ห้องปฏิบัติการทดสอบทางฟิสิกส์ ศูนย์ทดสอบและมาตรวิทยา (บางปู)
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย สมุทรปราการ 10280

[1] Physical Testing Laboratory, Industrial Metrology and Testing Service Centre (Bangpoo)
Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Samutprakarn., 10280.

***Corresponding author E-mail: siva@tistr.or.th**

บทคัดย่อ

การออกแบบ สร้าง และประเมินสมรรถนะของสิ่งประดิษฐ์นี้ เป็นผลสืบเนื่องจากการขยายขอบข่ายการทดสอบและเพิ่มขีดความสามารถในการรับงานบริการวิเคราะห์ทดสอบของห้องปฏิบัติการทดสอบทางฟิสิกส์ของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย เพื่อให้มีเครื่องทดสอบหน้ากากอนามัยทางการแพทย์ที่มีประสิทธิผล สามารถรองรับงานบริการวิเคราะห์ทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมในประเทศและมาตรฐานสากล ในขั้นตอนการออกแบบและสร้างใช้ระเบียบวิธีวิจัยประเภทการวิจัยจากเอกสาร (Documentary Research) ลักษณะของเครื่องทดสอบที่ออกแบบสร้างต้องมีวิธีสอดคล้องกับข้อกำหนดของมาตรฐาน ASTM F2100-21 และ NIOSH 42 CFR Part 84 ส่วนในขั้นตอนการทดสอบสมรรถนะของเครื่องทดสอบจะใช้ระเบียบวิธีวิจัยประเภทการวิจัยประยุกต์เชิงทดลอง มีการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีและมีการใช้สถิติพื้นฐานในการประเมินความใช้ได้ของเครื่องทดสอบหลังสร้างและส่งสอบเทียบ ซึ่งสอดคล้องเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานเครื่องทดสอบผ่านการสอบเทียบและผ่านการประเมินสมรรถนะตามเกณฑ์กำหนดของห้องปฏิบัติการสิ่งประดิษฐ์ต้นแบบชิ้นนี้มีประสิทธิผลตรงตามข้อกำหนดของมาตรฐานสามารถนำมาใช้ในงานทดสอบของห้องปฏิบัติการทดสอบทางฟิสิกส์

คำสำคัญ : เครื่องทดสอบหน้ากากอนามัยทางการแพทย์ การออกแบบ การสร้าง การทดสอบ สมรรถนะ

Abstract

The design, fabrication and performance testing of this invention are the result of the expansion of the testing scope and the enhancement of the capability to provide analytical testing services of the Physical Testing Laboratory of the Thailand Institute of Scientific and Technological Research. To have an effective medical mask tester that can support testing analysis services according to national and international industrial product standards. In the design and fabrication phase, a research methodology of the document research type is used. The characteristics of the designed and fabrication testing machine must comply with the requirements of ASTM F2100-21 and NIOSH 42 CFR Part 84 standards. In the performance evaluation phase, an applied experimental research methodology is used. The method's validity is checked and basic statistics are used to evaluate the validity of the testing machine after it is built and sent for calibration. The method is in accordance with the requirements of the standard. The test machine has been calibrated and has passed the performance evaluation according to the laboratory criteria. This prototype invention conforms the standard requirement and can be applied in the physical testing laboratory.

Keywords : Medical Mask Tester, Design, Fabrication, Testing, Performance

บทนำ

เนื่องจากปี ค.ศ. 2019 มีสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรน่าสายพันธ์ใหม่ พบว่ามีบุคลากรทางการแพทย์และสาธารณะสุขสัมผัสโรค และจำนวนหนึ่งเกิดการติดเชื้อหลังจากสัมผัสโรค ส่งผลให้มีการกักตัวบุคลากรทางการแพทย์และสาธารณสุขที่ติดเชื้อหรือมีประวัติสัมผัสความเสี่ยงสูงทำให้ขาดแคลนบุคลากรทางการแพทย์และสาธารณสุขด่านหน้า จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีแนวทางปฏิบัติ บุคลากรทางการแพทย์ต้องสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันการติดเชื้อ เพื่อให้บุคลากรทางการแพทย์และสาธารณสุขมีความปลอดภัยและส่งผลกระทบต่อหน่วยงานน้อยที่สุด อุปกรณ์ป้องกันการติดเชื้อจำพวกหน้ากากอนามัยทางการแพทย์ ถูกให้ความใส่ใจในประสิทธิภาพเป็นพิเศษ ปี 2563 สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาออกประกาศเรื่อง กำหนดมาตรฐานหน้ากากอนามัยทางการแพทย์ใช้ครั้งเดียว (ประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา เรื่อง กำหนดมาตรฐานหน้ากากอนามัยทางการแพทย์ใช้ครั้งเดียว พ.ศ. 2563, 2563) และมาตรฐานหน้ากากอนามัยทางการแพทย์ใช้ครั้งเดียวชนิด N95 หรือสูงกว่า (ประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา เรื่อง กำหนดมาตรฐานหน้ากากอนามัยทางการแพทย์ใช้ครั้งเดียวชนิด N95 หรือสูงกว่า พ.ศ. 2563, 2563) โดยกำหนดให้ผู้ผลิตหรือนำเข้าต้องทดสอบคุณลักษณะและสมบัติต่างๆของหน้ากากอนามัยทางการแพทย์ตามมาตรฐานสากล

หรือมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมภายในประเทศ หรือมาตรฐานอื่นๆตามที่ประกาศกำหนด อย่างไรก็ตาม ณ เวลานั้น เครื่องทดสอบคุณลักษณะทางฟิสิกส์ของหน้ากากอนามัยทางการแพทย์ที่มีใช้อยู่ในห้องปฏิบัติการทดสอบในประเทศนั้นมีจำนวนน้อยมาก เช่น เครื่องทดสอบความแตกต่างความดันของหน้ากากอนามัยใช้ครั้งเดียว เครื่องทดสอบการต้านการหายใจเข้า-ออกของหน้ากากใช้ครั้งเดียวชนิด N95 ที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ และเครื่องทดสอบบางเครื่องยังไม่มีในประเทศ หรือไม่พบการนำเข้าจากต่างประเทศ เช่น เครื่องทดสอบการรั่วของวาล์วระบายอากาศออกของหน้ากาก N95 แบบมีวาล์ว ทำให้เครื่องทดสอบและอะไหล่สำรองที่สั่งซื้อเพื่อนำมาใช้งานมีราคาสูง อีกทั้งการทำงานของเครื่องทดสอบที่นำเข้ามีการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมอุปกรณ์ตรวจวัด และอุปกรณ์ตรวจวัดถูกติดตั้งเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ประมวลผลโดยตรง ซึ่งขั้นตอนเหล่านี้ทำให้ง่ายต่อการใช้งานแต่จะสร้างความยากในขั้นตอนการส่งสอบเทียบ เพราะเมื่อถอดอุปกรณ์ออกมาส่งสอบเทียบแล้วต้องตั้งค่าการเชื่อมต่อเพื่อประมวลผลใหม่ เมื่อใส่อุปกรณ์กลับคืน และเครื่องทดสอบเหล่านี้ต้องใช้พื้นที่ในการติดตั้งมาก เพราะติดตั้งอุปกรณ์ภายในแต่ละระบบแต่ละเครื่องแยกชุดกัน ทั้งที่อุปกรณ์ภายในบางตัวใช้ร่วมกันได้ และการแยกเครื่องทำให้ลำบากต่อการเคลื่อนย้าย และเมื่อพิจารณาในขั้นตอนการทดสอบขณะทำการจับยึดตัวอย่างทดสอบ พบว่า อุปกรณ์จับยึดส่วนใหญ่ไม่มีความมั่นคงแข็งแรง การจับยึดแต่ละครั้งจึงยากที่จะควบคุมตำแหน่งของชิ้นงานทดสอบ ให้ไม่เกิดการรั่วไหลของอากาศ

ดังนั้นแนวคิดการสร้างเครื่องทดสอบหน้ากากทางการแพทย์แบบมัลติฟังก์ชั่นนี้จึงสามารถแก้ไขปัญหาข้างต้นได้เป็นอย่างดี โดยผสานกลไกการทำงานของเครื่องทดสอบความแตกต่างความดัน เครื่องทดสอบการต้านการหายใจเข้า-ออก และเครื่องทดสอบการรั่วของลิ้นระบายอากาศออก เข้าด้วยกัน โดยรวมระบบอุปกรณ์ที่ใช้งานหน้าที่เดียวกันมาอยู่ในเครื่องเดียวกัน ทำให้ลดต้นทุนการผลิตเครื่อง ทำให้ไม่สิ้นเปลืองพื้นที่ใช้งาน และสามารถเคลื่อนย้ายตำแหน่งเครื่องทดสอบได้โดยง่าย และปรับเปลี่ยนมาใช้หลักการทางกลในการตรวจวัด ใช้คนในการอ่านค่า ซึ่งเหมาะสมกับการทดสอบอากาศที่มีอัตราการไหลต่ำ ทำให้ผลที่ได้จากการทดสอบมีความแม่นยำเพิ่มมากขึ้น และประโยชน์สำคัญคือทำให้ถอดอุปกรณ์ตรวจวัดไปส่งสอบเทียบและใส่กลับคืนได้ง่ายไม่ต้องตั้งค่าใหม่ อีกทั้งการปรับปรุงการจับยึดชิ้นงานทดสอบด้วยแผ่นเหล็กประกบซีลยางซึ่งสามารถสลับสับเปลี่ยนตามรูปทรงของชิ้นตัวอย่างทดสอบ ทำให้การจับยึดมีความแน่นหนา ไม่เกิดการรั่วไหลของอากาศ และท่อนำอากาศแต่ละชุดสามารถถอดเปลี่ยนได้ง่ายเมื่อสังเกตพบว่าหมดอายุการใช้งาน และด้วยแนวคิดพื้นฐานการออกแบบที่ไม่คลุมเครือนี้ทำให้ผู้ทดสอบสามารถประยุกต์ใช้งานกับการทดสอบผลิตภัณฑ์ที่คล้ายคลึงกันได้ ดังนั้นวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัย คือ 1.เพื่อออกแบบ สร้าง เครื่องทดสอบหน้ากากทางการแพทย์แบบมัลติฟังก์ชั่น ตามข้อกำหนดในมาตรฐาน และเพิ่มเติมคุณลักษณะเฉพาะที่มีจุดมุ่งหมายคือต้องการให้ง่ายต่อการถอดอุปกรณ์ส่งสอบเทียบ และใส่กลับคืน ประหยัดพื้นที่ติดตั้งเครื่องทดสอบ เคลื่อนย้ายเครื่องทดสอบได้ง่าย เพิ่มประสิทธิภาพ

ในการทดสอบด้วยการปรับปรุงการจับยึดชิ้นตัวอย่างทดสอบ และลดต้นทุนจากการใช้อุปกรณ์ซ้ำซ้อนจากกรณีทดสอบแยกเครื่อง และ 2. เพื่อทดสอบสมรรถนะของเครื่องทดสอบหน้ากากทางการแพทย์แบบมัลติฟังก์ชั่น ตามข้อกำหนดในมาตรฐาน ในส่วนความสอดคล้องของวิธีการ และเกณฑ์การยอมรับสำหรับตัวเครื่องมือ สำหรับนำมาใช้ทดสอบในห้องปฏิบัติการ ขอบเขตของงานวิจัยนี้จะพิสูจน์ความเป็นมัลติฟังก์ชั่นของเครื่องทดสอบหน้ากากทางการแพทย์ จากการออกแบบ สร้าง และรูปแบบการทำงานที่ประกอบด้วย 3 ระบบ คือ ระบบการทดสอบความแตกต่างความดัน ระบบการทดสอบความต้านการหายใจเข้า-ออก และระบบการทดสอบการรั่วของวาล์วระบายอากาศออก โดยอ้างอิงผลการทดสอบจากการนำไปใช้ทดสอบงานจริง ซึ่งได้แสดงไว้ในบทความวิจัยก่อนหน้าโดย (Sidthipong et al., 2024) การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี และการประเมินเครื่องมือหลังส่งสอบเทียบ การเปรียบเทียบผลระหว่างบุคลากร และการหาค่าความไม่แน่นอนในการวัด จะถูกนำเสนอในงานวิจัยนี้ ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้จะทำให้ห้องปฏิบัติการทดสอบสามารถขยายขอบข่ายงาน ได้รับการรับรองระบบคุณภาพ และได้รับการแต่งตั้งเป็นผู้ตรวจสอบมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมหน้ากากอนามัยใช้ครั้งเดียว มอก.2424-2565 และหน้ากากใช้ครั้งเดียวชนิด N95 ลดความเสี่ยงการติดเชื้อทางการแพทย์ มอก.2480-2562 ทั้งนี้เพื่อความเข้าใจตรงกันในการเผยผลการศึกษาวิจัยจึงให้คำจำกัดความและคำนามต่อไปนี้ 1.หน้ากากทางการแพทย์ หมายถึง หน้ากากอนามัยใช้ครั้งเดียว และหน้ากากใช้ครั้งเดียวชนิด N95 ลดความเสี่ยงการติดเชื้อทางการแพทย์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.2424-2565 (มอก. 2424–2565, 2566) และ มอก.2480-2562 (มอก. 2480–2563, 2563) ตามลำดับ 2.เครื่องทดสอบหน้ากากทางการแพทย์แบบมัลติฟังก์ชั่น หมายถึง เครื่องทดสอบหน้ากากทางการแพทย์ ที่มีระบบทดสอบมากกว่า 1 ระบบ 3.ระบบการทดสอบความแตกต่างความดัน หมายถึง ระบบการทดสอบที่ครอบคลุมแหล่งจ่ายที่ทำหน้าที่จ่ายอากาศภายในเครื่องทดสอบผ่านหน้ากากอนามัยใช้ครั้งเดียวภายใต้พื้นที่รับแรงดันที่กำหนด แล้วตรวจวัดความแตกต่างความดันขาเข้าและขาออกได้ในหน่วย mmH_2O/cm^2 4.ระบบทดสอบการต้านการหายใจเข้า-ออก หมายถึง ระบบการทดสอบที่ครอบคลุมแหล่งจ่ายซึ่งทำหน้าที่ดูดและจ่ายอากาศภายในระบบ โดยมีการควบคุมอัตราการไหลผ่านหน้ากาก N95 แล้วตรวจวัดความต้านการหายใจเข้า และความต้านการหายใจออกของหน้ากาก N95 ได้ในหน่วย mmH_2O
และ 5.ระบบทดสอบการรั่วของวาล์วระบายอากาศออก หมายถึง ระบบการทดสอบที่ครอบคลุมแหล่งจ่ายซึ่งทำหน้าที่ดูดอากาศภายในระบบ เพื่อบังคับเปิดวาล์วระบายอากาศออกของหน้ากาก N95 ด้วยแรงดันที่กำหนด แล้วตรวจวัดอัตราการรั่วไหลผ่านวาล์วได้ในหน่วย ml/min

วิธีการดำเนินการวิจัย

แนวทางการออกแบบและการสร้างเครื่องทดสอบ

แนวคิดและวิธีการออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบหน้ากากทางการแพทย์ถูกควบคุมโดยมาตรฐานวิธีการทดสอบ ระบบการทดสอบความแตกต่างความดันต้องสอดคล้องตามมาตรฐาน ASTM F2100-21 (American Society for Testing and Materials [ASTM], 2021) ระบบทดสอบการต้านการหายใจเข้า-ออกต้องสอดคล้องตามมาตรฐาน 42 CFR Part 84 ข้อ 84.180 และระบบทดสอบการรั่วของวาล์วระบายอากาศออกต้องสอดคล้องตามมาตรฐาน 42 CFR Part 84 ข้อ 84.182 (Approval of Respiratory Protective Devices, n.d., § 84.1) และเครื่องทดสอบโดยรวมถูกเพิ่มเติมคุณลักษณะที่ผู้ออกแบบต้องการ โดยข้อกำหนดการออกแบบแต่ละระบบแสดงในตารางที่ 1 และข้อกำหนดการออกแบบโดยรวมแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ข้อกำหนดการออกแบบแต่ละระบบที่ยึดความสอดคล้องตามมาตรฐาน

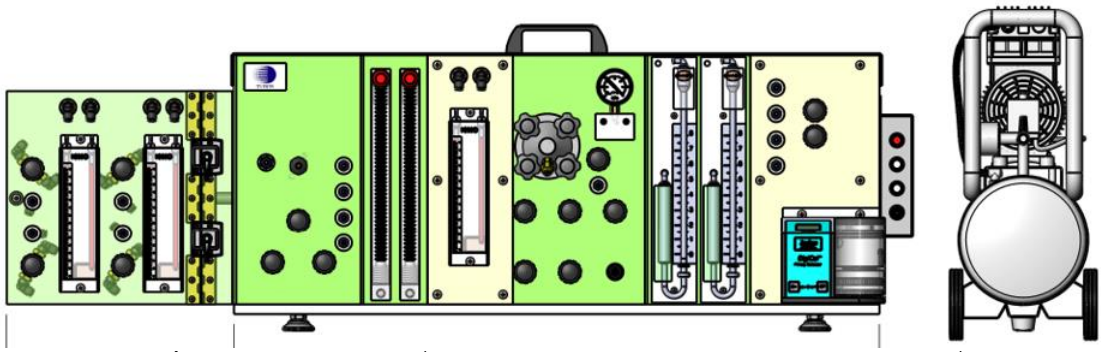
ระบบ	คุณลักษณะตามข้อกำหนดในมาตรฐาน	เกณฑ์การยอมรับ
1. ระบบการทดสอบความแตกต่างความดัน	- พื้นที่หน้าตัดของช่องผ่านอากาศต้องไม่น้อยกว่า 4.9 cm^2 - ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของช่องผ่านอากาศขนาด 2.5 cm - แหล่งจ่ายลมต้องสามารถควบคุมอัตราการไหลของอากาศที่ 8 l/min - กำหนดให้ติดตั้งปั๊มสุญญากาศ สำหรับดึงอากาศออกจากระบบ - กำหนดให้ติดตั้งอุปกรณ์วัดความดัน สามารถวัดค่าในช่วง 0-60 Pa เป็นอย่างน้อย	≥ 4.9 cm^2 ±0.1 cm ±0.1 l/min - ±0.2 Pa
2 .ระบบทดสอบการต้านการหายใจเข้า-ออก	- แหล่งจ่ายลมต้องสามารถควบคุมอัตราการไหลของอากาศที่ 85 l/min - กำหนดให้ติดตั้งแท่นจับยึดหน้ากากชนิดติดตั้งอยู่กับที่ มีท่อนำอากาศเข้า-ออก - กำหนดให้ติดตั้งอุปกรณ์วัดความดัน สามารถวัดค่าในช่วง 0-350 Pa เป็นอย่างน้อย	±2 l/min - ±0.2 Pa
3. ระบบทดสอบการรั่วของวาล์วระบายอากาศออก	- แรงดันสำหรับเช็คการรั่วในระบบกำหนดให้เป็น 4 inH_20 - แรงดันอากาศภายในระบบขณะทดสอบกำหนดให้เป็น 1 inH_20 - กำหนดให้ติดตั้งอุปกรณ์วัดอัตราการไหล สามารถวัดค่าในช่วง 0-30 ml/min เป็นอย่างน้อย	±0.01 inH_2O ±0.01 inH_2O ±0.5 ml/min

ตารางที่ 2 ข้อกำหนดการออกแบบโดยห้องปฏิบัติการ

คุณลักษณะที่ต้องการเพิ่มเติมของผู้ออกแบบ	แนวคิดและวิธีการออกแบบ	เกณฑ์การยอมรับ
1. ง่ายต่อการถอดอุปกรณ์ส่งสอบเทียบและใส่กลับคืน	ออกแบบโดยไม่ใช้เครื่องมือวัดอิเล็กทรอนิกส์ใดๆ ทั้งสิ้น ใช้เป็นเครื่องมือวัดทางกลอย่างง่ายทั้งหมด เช่นวัดความดันด้วยมานอมิเตอร์หลอดแก้วตัวยู วัดอัตราการไหลด้วยโฟลว์มิเตอร์แบบลูกลอย	- ส่งเครื่องมือสอบเทียบแล้วเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนทุกเครื่องมือวัดต้องไม่เกิน 3 %
2. ประหยัดพื้นที่ติดตั้งเคลื่อนย้ายง่าย	ออกแบบโดยกำหนดขนาดโครงเครื่อง และกำหนดน้ำหนักโดยรวมของเครื่อง	- ขนาดโครงเครื่องรวมส่วนยื่นล้ำ กว้างไม่เกิน 100 cm ยาวไม่เกิน 150 cm สูงไม่เกิน 60 cm ไม่รวมแหล่งจ่าย (ปั๊มลม) - น้ำหนักไม่เกิน 100 kg
3. การจับยึดชิ้นตัวอย่างทดสอบแน่นหนา และไม่ใช้เวลาในการจับยึดชิ้นงานนานเกินไป	ออกแบบโดยเปลี่ยนจากการจับยึดชิ้นงานด้วยแรงดันลม เป็นการจับยึดชิ้นงานด้วยหน้าแปลนประกบชีล มีน็อตยึด ทุกระบบทดสอบใช้ตัวจับยึดเดียวกัน เพียงเปลี่ยน Jig ตามขนาดและรูปร่างของตัวอย่าง	- ขณะทดสอบชิ้นงานต้องไม่มีอากาศรั่วไหล - เวลาในการจับยึดชิ้นงานไม่เกิน 10 นาทีต่อชิ้น
4. ลดต้นทุนเนื่องจากการใช้อุปกรณ์ซ้ำซ้อน	ออกแบบโดยใช้แหล่งจ่ายร่วมกัน ทั้งปั๊มลม และปั๊มสุญญากาศ	- ติดตั้งปั๊มลมไม่เกิน 1 ตัว - ติดตั้งปั๊มสุญญากาศไม่เกิน 1 ตัว

การออกแบบเครื่องทดสอบ

แบบ 3 มิติ ของเครื่องทดสอบหน้ากากทางการแพทย์แบบมัลติฟังก์ชั่นที่ถูกออกแบบมาให้สอดคล้องกับข้อกำหนดในตารางที่ 1 และ 2 แสดงในรูปที่ 1 ประกอบด้วยระบบย่อย 3 ระบบ คือ ระบบทดสอบความแตกต่างความดัน ระบบทดสอบการต้านการหายใจเข้า-ออก และระบบทดสอบการรั่วของวาล์วระบายอากาศออก ทั้ง 3 ระบบจะไม่ทำงานเป็นอิสระต่อกัน เนื่องจากใช้อุปกรณ์บางตัวร่วมกันและใช้ต้นกำลังเดียวกัน ดังนั้นการทำงานทดสอบจะเลือกใช้งานได้ครั้งละ 1 ระบบ ต้องปิดระบบที่ 1 ก่อนจึงสามารถเลือกใช้งานระบบที่ 2 หรือระบบที่3 ลักษณะการทำงานของแต่ละระบบอธิบายได้ดังนี้

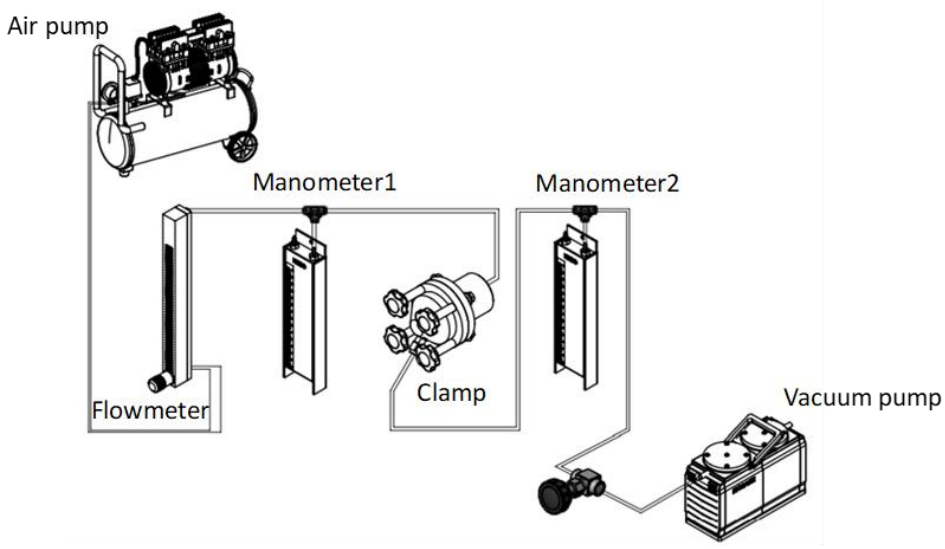


รูปที่ 1 แบบ 3 มิติ ของเครื่องทดสอบหน้ากากทางการแพทย์แบบมัลติฟังก์ชั่น

1. ระบบทดสอบความแตกต่างความดัน มีแผนภาพการทำงานของระบบแสดงในรูปที่ 2 ประกอบด้วย ปั๊มสุญญากาศ ทำหน้าที่ดูดอากาศที่ค้างภายในระบบ และปั๊มลม ทำหน้าที่จ่ายอากาศผ่านท่อซิลิโคนที่อัตราการไหลระบุ ซึ่งวัดโดยมาตรวัดอัตราการไหลแบบลูกลอย จากนั้นอากาศผ่านเข้ามานอมิเตอร์แบบตัวยู ไปยังหน้ากากอนามัยใช้ครั้งเดียวที่ถูกยึดด้วยแผ่นเหล็กประกบซีลยาง และอากาศออกผ่านเข้ามานอมิเตอร์แบบตัวยู ตรวจวัดผลความแตกต่างของความดันของอากาศที่ผ่านมานอมิเตอร์ต่อพื้นที่ผ่านอากาศ โดยผลการทดสอบความแตกต่างของความดันต่อพื้นที่ผ่านอากาศเป็นไปตามสมการที่ 1

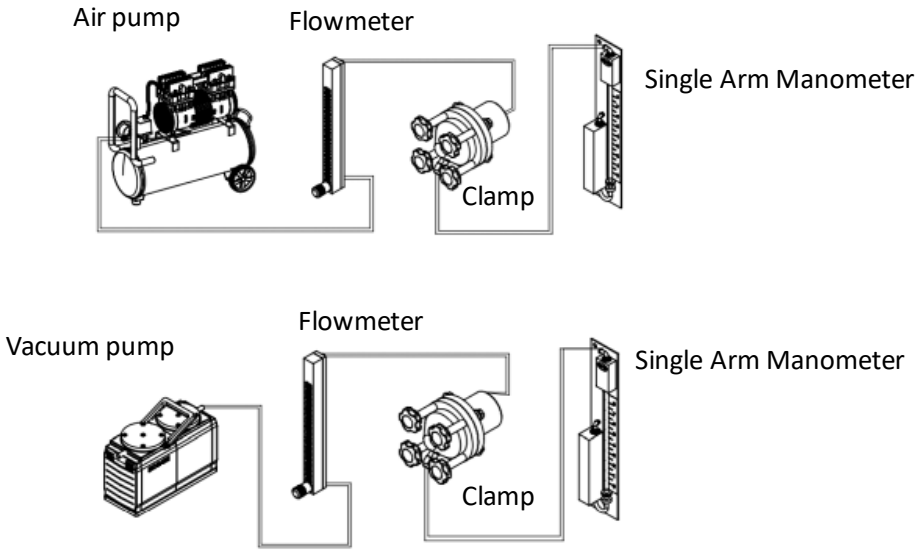
$$\Delta P = (X_{m1} - X_{m2})/4.9 \quad (1)$$

โดยที่ X_{m1} คือ แรงดันภายในมานอมิเตอร์ของอากาศขาออก หน่วยเป็นพาสคัล, X_{m2} คือ แรงดันภายในมานอมิเตอร์ของอากาศขาเข้า หน่วยเป็นพาสคัล, 4.9 คือ พื้นที่หน้าตัดของช่องผ่านความดัน หน่วยเป็นตารางเซนติเมตร และ ΔP คือ ความแตกต่างความดันอากาศ หน่วยเป็นพาสคัล



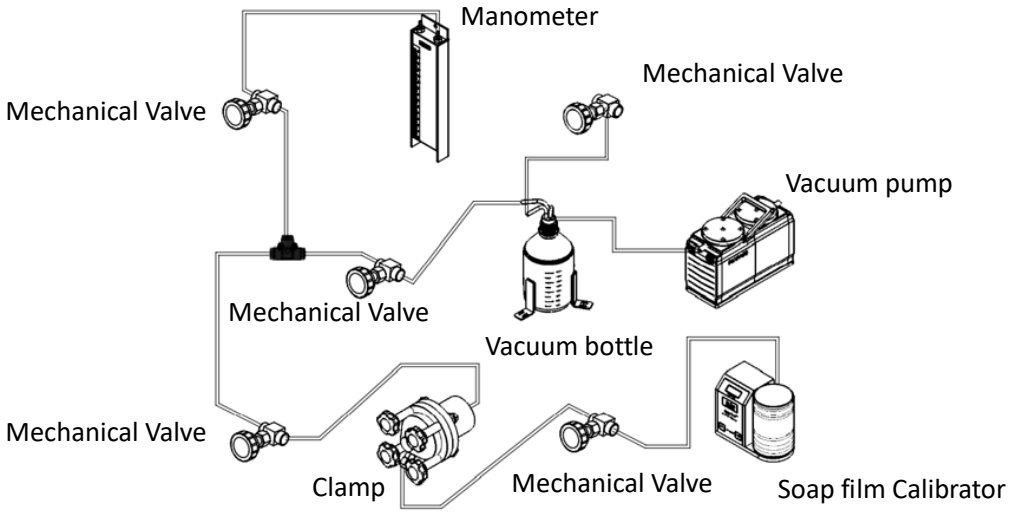
รูปที่ 2 แผนภาพการทำงานของระบบทดสอบความแตกต่างความดัน

2. ระบบทดสอบการต้านการหายใจเข้า-ออก มีแผนภาพการทำงานของระบบแสดงในรูปที่ 3 ประกอบด้วยปั๊มสุญญากาศ ทำหน้าที่ดูดอากาศ และ ปั๊มลม ทำหน้าที่จ่ายอากาศผ่านท่อซิลิโคน ควบคุมอัตราการไหลด้วยชุดวาล์ว ซึ่งวัดโดยมาตรวัดอัตราการไหลแบบลูกลอย ไปยังหน้ากาก N95 ที่ถูกยึดด้วยแผ่นเหล็กประกบซีลยาง และตรวจวัดความต้านการหายใจด้วยมานอมิเตอร์แบบหลอดเดี่ยว



รูปที่ 3 แผนภาพการทำงานของระบบทดสอบการต้านการหายใจเข้า-ออก

3. ระบบทดสอบการรั่วของวาล์วระบายอากาศออก มีแผนภาพการทำงานของระบบแสดงในรูปที่ 4 ประกอบด้วยปั๊มสุญญากาศ ทำหน้าที่ดูดอากาศภายในขวดกักสุญญากาศผ่านท่อซิลิโคน ซึ่งการไหลของอากาศผ่านท่อจะถูกควบคุมด้วยชุดวาล์ว เพื่อตรวจสอบการรั่วภายในระบบ หากระบบไม่รั่ววาล์วจะเปิดออกเพื่อส่งแรงดูดจากปั๊มสุญญากาศที่ความดันระบุ ซึ่งวัดโดยมานอมิเตอร์แบบตัวยู ไปยังวาล์วระบายอากาศออกของหน้ากาก N95 ที่ถูกยึดด้วยแผ่นเหล็กประกบซีลยาง และตรวจวัดอัตราการรั่วไหลผ่านวาล์วระบายอากาศออกโดยเครื่องมือสอบเทียบอัตราการไหลของอากาศแบบฟองสบู่



รูปที่ 4 แผนภาพการทำงานของระบบทดสอบการรั่วของวาล์วระบายอากาศออก

การสร้างเครื่องทดสอบ

เครื่องทดสอบหน้ากากทางการแพทย์ที่สร้างนี้ ใช้พื้นที่ติดตั้ง 2 m^2 โครงเครื่องทำจากเหล็กแผ่นบางหนา 3 mm มีขนาดโครงเครื่อง กว้าง 90 cm ยาว 115 cm สูง 45 cm น้ำหนัก 92 kg ตามแบบ ใช้เครื่องมือวัดอย่างง่ายในการตรวจวัดทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นความดัน หรืออัตราการไหลของอากาศ เครื่องมือวัดความดันใช้มานอมิเตอร์ย่านวัด 0-100 Pa 2 ตัว และ 0-500 Pa 2 ตัว เครื่องมือวัดอัตราการไหลใช้โฟลว์มิเตอร์ย่านวัด 0-10 l/min 1ตัว และ Gilibrator สอบเทียบย่านวัด 0-100 ml/min 1 ตัว และการจับยึดชิ้นงานเป็นการจับยึดชิ้นงานด้วยหน้าแปลนประกบซีล มีน็อตยึด ขณะทดสอบไม่มีการรั่วไหลของอากาศ เวลาในการจับยึดชิ้นงานโดยเฉลี่ย 5-10 นาทีต่อ 1 ชิ้น เครื่องทดสอบประกอบด้วย 3 ระบบ คือ ระบบการทดสอบความแตกต่างความดัน ใช้เวลาทดสอบรวมเวลาจับยึดชิ้นงาน ประมาณ 15 นาทีต่อ 1 ชุดตัวอย่าง (5 ชิ้น) ระบบทดสอบการต้านการหายใจเข้า-ออก ใช้เวลาทดสอบรวมเวลาจับยึดชิ้นงาน ประมาณ 30 นาทีต่อ 1 ชุดตัวอย่าง (5 ชิ้น) ระบบทดสอบการรั่วของวาล์วระบายอากาศออก ใช้เวลาทดสอบรวมเวลาจับยึดชิ้นงาน ประมาณ 60 นาทีต่อ 1 ชุดตัวอย่าง (3 ชิ้น) และทั้ง 3 ระบบทำงานไม่เป็นอิสระต่อกัน ใช้แหล่งจ่ายร่วมกันทั้งปั๊มลมและปั๊มสุญญากาศ แบบเฟสเดียว แรงดัน 220 v โดยใช้ระบบไฟฟ้าตัดต่อการทำงานของแต่ละแหล่งจ่าย ปริมาณการใช้ไฟของระบบที่ใช้ไฟมากที่สุดคือ 0.55 kWh ต่อการทดสอบ 1 ชุดตัวอย่าง ปริมาณการใช้ไฟของระบบที่ใช้ไฟน้อยที่สุดคือ 0.16 kWh ต่อการทดสอบ 1 ชุดตัวอย่าง เครื่องทดสอบหน้ากากทางการแพทย์ที่สร้างสำเร็จแล้วแสดงในรูปที่ 5 ข้อมูลคุณลักษณะเบื้องต้นของเครื่องทดสอบและอุปกรณ์ของระบบทดสอบ แสดงในตารางที่ 3 การส่งสอบเทียบหรือการตรวจสอบระหว่างใช้งาน สามารถถอดแยกอุปกรณ์ตรวจวัดออกจากเครื่องเพื่อส่งสอบเทียบหรือตรวจสอบระหว่างใช้งานได้เลย เพราะอุปกรณ์ตรวจวัดของทุกระบบไม่มีการใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ควบคุม การบำรุงรักษาทำได้โดยการเปิดฝาบนของโครงเครื่องทดสอบเพื่อตรวจพินิจความเสียหายของอุปกรณ์ในเครื่องทดสอบ โดยอุปกรณ์ทุกชิ้นส่วนสามารถถอดเปลี่ยนด้วยเครื่องมือช่างพื้นฐานได้



รูปที่ 5 เครื่องทดสอบหน้ากากอนามัยทางการแพทย์แบบมัลติฟังก์ชั่น

ตารางที่ 3 ข้อมูลคุณลักษณะเบื้องต้นของเครื่องทดสอบและอุปกรณ์ของระบบทดสอบ

ระบบทดสอบ	ระบบทดสอบความแตกต่างความดัน	ระบบทดสอบการต้านการหายใจเข้า-ออก	ระบบทดสอบการรั่วของวาล์วระบายอากาศออก
มาตรฐานวิธีการทดสอบ	ASTM F2100-21	42 CFR Part 84 ข้อ 84.180	42 CFR Part 84 ข้อ 84.182
ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	เอกสารควบคุม WI.MDG.01	เอกสารควบคุม WI.MDG.02	เอกสารควบคุม WI.MDG.03
อุปกรณ์ตรวจวัด -ยี่ห้อ รุ่น	U Tube Manometer	Single - Arm Manometer	Bubble Meter
-ขีดความสามารถ	KIMO TJ 150	Dwyer 1230-8-W/M	Zefon DG-5
-ความละเอียด	0-150 mmH_2O	0-8 inH_2O	1-6000 cc/min
	0.5 mmH_2O	0.05 inH_2O	1 cc/min
อุปกรณ์ต้นกำลัง	Air Compressor	Vacuum Pump	
-ยี่ห้อ รุ่น	JET JTO-250	BIOBASE GM 0.5II	
-ขีดความสามารถ	P_{max}7 bar, Air flow 210l/min	P_{max} 50 mbar, 30l/min	
-รายละเอียดทางเทคนิค	Power 1100w, Capacity 50l	Power 160w	
-ระบบไฟ	220v 50Hz	220v 50Hz	
ขนาดการใช้			
-พื้นที่ติดตั้ง (รวม)	2 m^2		
-พลังงานไฟฟ้าสูงสุด/1ชุดตัวอย่าง	0.275 kWh	0.55 kWh	0.16 kWh
เวลา			
-เวลาจับยึดชิ้นงานต่อ 1 ชิ้น	4-5 min	4-5 min	8-10 min
-เวลารวมในการทดสอบ/1ชุดตัวอย่าง	15 min	30 min	60 min
ความสะดวก			
-การใช้งาน/ การส่งสอบเทียบ	Weight 92 kg, Device can be explode & Collapse		
-การบำรุงรักษา	Manhole		
ความปลอดภัยในการใช้งาน	Breaker, Ground Line		

การใช้งานเครื่องทดสอบหน้ากากอนามัยทางการแพทย์แบบมัลติฟังก์ชั่นแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนหลัก คือ

1. ขั้นตอนการจับยึดชิ้นงานทดสอบ เริ่มจากถอดแผ่นเหล็กประกบซีลยาง ที่ติดตั้งเอาไว้บนโครงเครื่อง แล้วสวมชิ้นงานทดสอบเข้าไประหว่างแผ่นเหล็กประกบ ปิดด้วยหน้าแปลนเหล็กกลวงรูปร่างกลม หรือเหลี่ยมตามลักษณะของวาล์ว จากนั้นประกอบแผ่นเหล็กประกบซีลยางให้กลับเหมือนเดิม

2. ขั้นตอนการทดสอบ เมื่อติดตั้งชิ้นงานทดสอบเข้ากับแผ่นเหล็กประกบซีลยางแล้ว ให้กดปุ่มที่กล่องควบคุม เพื่อควบคุมการเปิด-ปิดการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าของแหล่งจ่ายอากาศในระบบที่จะทดสอบ อ่านค่าอัตราการไหลของอากาศด้วยมาตรวัดอัตราการไหลแบบลูกลอย และควบคุมอัตราการไหลของอากาศด้วยชุด

วาล์ว ตามเงื่อนไขการทดสอบที่ต้องการ กรณีตรวจวัดอัตราการรั่วไหลผ่านวาล์วระบายอากาศออกจะใช้เครื่องมือสอบเทียบอัตราการไหลของอากาศแบบฟองสบู่ กรณีตรวจวัดการต้านการหายใจ จะใช้มานอมิเตอร์แบบหลอดเดี่ยว และกรณีตรวจวัดความแตกต่างความดันจะใช้มานอมิเตอร์แบบตัวยู อุณหภูมิและความชื้นขณะทดสอบจะถูกบันทึกด้วยดาต้าลอกเกอร์ ขั้นตอนการปฏิบัติงานทั้งหมดต้องสอดคล้องตามข้อกำหนดของมาตรฐานของระบบการทดสอบแต่ละระบบ

การส่งสอบเทียบหรือการตรวจสอบระหว่างใช้งาน สามารถถอดแยกอุปกรณ์ตรวจวัดออกจากเครื่องเพื่อส่งสอบเทียบหรือตรวจสอบระหว่างใช้งานได้เลย เพราะอุปกรณ์ตรวจวัดของทุกระบบไม่มีการใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ควบคุม การบำรุงรักษาทำได้โดยการเปิดฝาบนของโครงเครื่องทดสอบเพื่อตรวจพินิจความเสียหายของอุปกรณ์ในเครื่องทดสอบ โดยอุปกรณ์ทุกชิ้นส่วนสามารถถอดเปลี่ยนด้วยเครื่องมือช่างพื้นฐานได้

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องทดสอบหน้ากากอนามัยทางการแพทย์

การทดสอบสมรรถนะ ประกอบด้วยการทวนสอบ 4 องค์ประกอบหลักดังนี้ คือ 1.การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี 2.การประเมินเครื่องมือ 3.การเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างบุคลากรตามขั้นตอนการปฏิบัติงานเดียวกันด้วยเครื่องทดสอบหน้ากากอนามัยทางการแพทย์เดียวกันนี้ และ 4.ค่าความไม่แน่นอนในการวัดที่ได้จากเครื่องทดสอบหน้ากากอนามัยทางการแพทย์นี้

1. การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี

ทำเพื่อทวนสอบวิธีการปฏิบัติงานจริงกับวิธีการปฏิบัติงานตามขั้นตอนการปฏิบัติงาน (WI) ที่ออกโดยห้องปฏิบัติการ ซึ่งเขียนไว้สอดคล้องกับมาตรฐานอ้างอิง โดยใช้กับเครื่องทดสอบที่สร้างนี้ ทั้งนี้คำนึงถึงความพึงพอใจของผู้นำเครื่องทดสอบนี้ไปใช้งานด้วย

วิธีการ: กำหนดหัวข้อตรวจสอบและนัยยะสำคัญของแต่ละหัวข้อ จากนั้นตรวจประเมินให้คะแนนโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 5 ท่าน หัวข้อ 1-3 เป็นการตรวจสอบความสอดคล้องของขั้นตอนการปฏิบัติงานเทียบกับมาตรฐานวิธีการทดสอบ ความครบถ้วนสมบูรณ์ของอุปกรณ์ตรวจวัดและอุปกรณ์ต้นกำลังในแต่ละระบบเทียบกับวิธีการตามมาตรฐาน และขีดความสามารถของอุปกรณ์ตรวจวัดในแต่ละระบบเทียบกับวิธีการตามมาตรฐาน ตามลำดับ ส่วนหัวข้อ 4-6 เป็นการตรวจสอบความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ประกอบด้วย ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการทดสอบต่อ 1 ชุดตัวอย่าง ของทุกระบบเทียบกับเครื่องนำเข้า ความเหมาะสมของปริมาณการใช้พื้นที่ติดตั้งและปริมาณการใช้ไฟฟ้าของทุกระบบเทียบกับเครื่องนำเข้า ความสะดวกในการใช้งานและการถอดส่งสอบเทียบ การบำรุงรักษา และความปลอดภัยในการใช้งาน เทียบกับเครื่องนำเข้า ดังแสดงในตารางที่ 4 โดยการให้คะแนนใช้วิธีการให้คะแนนรายหัวข้อ ร่วมกับการให้คะแนนแบบใช้ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก มีผู้ทรงคุณวุฒิทำหน้าที่เป็นผู้ตรวจประเมินและให้คะแนน ใช้วิธีการตรวจพินิจร่วมกับข้อมูลพื้นฐานจากตารางที่ 3 รวมถึงข้อมูลขั้นตอนการปฏิบัติงาน (WI) ของห้องปฏิบัติการ และเล่มมาตรฐานเอกสารควบคุม เกณฑ์ผ่านที่เหมาะสมเป็นไปตามข้อกำหนดเกณฑ์การยอมรับทางวิชาการของห้องปฏิบัติการ กล่าวโดยย่อคือผลของคะแนนรวมในหัวข้อที่ 1 ต้องได้ 100 % จากผู้ตรวจประเมินทั้ง 5 ท่าน %รวมในหัวข้อที่ 2-6 แต่ละหัวข้อต้องได้ค่าเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 85% และผลคะแนนเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักรวมทั้ง 6 หัวข้อ ต้องไม่ต่ำกว่า 90%

ตารางที่ 4 การให้คะแนนความใช้ได้ของวิธี

ผู้ตรวจประเมิน	หัวข้อ	คะแนน					น้ำหนัก	คะแนน	%	%เฉลี่ยเฉพาะหัวข้อ
		5	4	3	2	1				
1	1.ความสอดคล้องของขั้นตอนการปฏิบัติงานเทียบกับมาตรฐานวิธีการทดสอบ	✓					30%	150	100%	100%
2		✓						150	100%	
3		✓						150	100%	
4		✓						150	100%	
5		✓						150	100%	
1	2.ความครบถ้วนสมบูรณ์ของอุปกรณ์ตรวจวัดและอุปกรณ์ต้นกำลังในแต่ละระบบเทียบกับวิธีการตามมาตรฐาน		✓				20%	80	80%	96%
2		✓						100	100%	
3		✓						100	100%	
4		✓						100	100%	
5		✓						100	100%	
1	3.ขีดความสามารถของอุปกรณ์ตรวจวัดในแต่ละระบบเทียบกับวิธีการตามมาตรฐาน		✓				20%	80	80%	92%
2		✓						100	100%	
3		✓						100	100%	
4			✓					80	80%	
5		✓						100	100%	
1	4.ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการทดสอบต่อ 1 ชุดตัวอย่าง ของทุกระบบเทียบกับเครื่องนำเข้า	✓					10%	50	100%	100%
2		✓						50	100%	
3		✓						50	100%	
4		✓						50	100%	
5		✓						50	100%	
1	5.ความเหมาะสมของปริมาณการใช้พื้นที่ติดตั้งและปริมาณการใช้ไฟฟ้าของทุกระบบเทียบกับเครื่องนำเข้า	✓					10%	50	100%	100%
2		✓						50	100%	
3		✓						50	100%	
4		✓						50	100%	
5		✓						50	100%	
1	6.ความสะดวกในการใช้งาน การสอบเทียบ การบำรุงรักษา และความปลอดภัยในการใช้งานเทียบกับเครื่องนำเข้า		✓				10%	40	80%	88%
2		✓						50	100%	
3		✓						50	100%	
4			✓					40	80%	**% เฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก**
5			✓					40	80%	96%

2. การประเมินเครื่องมือ

ทำเพื่อทวนสอบสมรรถนะของเครื่องทดสอบหน้ากากอนามัยทางการแพทย์ทั้ง 3 ระบบการทดสอบ ได้แก่ ระบบทดสอบความแตกต่างความดัน ระบบทดสอบการต้านการหายใจเข้า-ออก ระบบทดสอบการรั่วของวาล์วระบายอากาศออก

วิธีการ: ศึกษาข้อมูลเชิงเทคนิคของเครื่องมือวัด ศึกษามาตรฐาน และระบุขอบเขตการใช้งานของเครื่องมือวัด ภายใต้มาตรฐาน ว่ามีขีดความสามารถ ความละเอียด ช่วงใช้งาน เป็นไปตามมาตรฐานกำหนด จากนั้นส่งสอบเทียบและประเมินผลสอบเทียบ ผลรวมค่าความคลาดเคลื่อนของผลการสอบเทียบกับค่าความไม่แน่นอนแต่ละระบบต้องไม่เกินเกณฑ์การยอมรับที่มาตรฐานระบุหรือที่ห้องปฏิบัติการกำหนด การประเมินระบบทดสอบความแตกต่างความดัน ระบบทดสอบการต้านการหายใจเข้า-ออก และระบบทดสอบการรั่วของวาล์วระบายอากาศออก แสดงในตารางที่ 5-7 ตามลำดับ

ตารางที่ 5 การประเมินระบบทดสอบความแตกต่างความดัน

Applied Input (mmH_2O/cm^2)	Reading (mmH_2O/cm^2)	Error (mmH_2O/cm^2)	Uncer (mmH_2O/cm^2)	|Error|+Uncer (mmH_2O/cm^2)	Criteria	Remark
2.08	2.02	- 0.06	0.03	0.09	0.10	Pass
4.15	4.01	- 0.14	0.03	0.17	0.21	Pass
6.23	6.02	- 0.21	0.03	0.24	0.31	Pass
8.30	8.04	- 0.27	0.03	0.30	0.42	Pass
10.38	10.05	- 0.33	0.03	0.36	0.52	Pass

ตารางที่ 6 การประเมินระบบทดสอบการต้านการหายใจเข้า-ออก

Applied Input (mmH_2O)	Reading (mmH_2O)	Error (mmH_2O)	Uncer (mmH_2O)	|Error|+Uncer (mmH_2O)	Criteria	Remark
10.17	10.39	0.22	0.28	0.49	0.51	Pass
20.34	20.74	0.39	0.28	0.67	1.02	Pass
30.52	31.48	0.96	0.28	1.24	1.53	Pass
40.69	41.79	1.10	0.28	1.38	2.03	Pass
50.86	52.01	1.14	0.28	1.42	2.54	Pass
61.03	62.15	1.11	0.28	1.39	3.05	Pass
71.21	72.10	0.89	0.28	1.16	3.56	Pass
81.38	82.01	0.63	0.28	0.90	4.07	Pass

ตารางที่ 7 การประเมินระบบทดสอบการรั่วของวาล์วระบายอากาศออก

Applied Input (mL/min)	Reading (mL/min)	Error (mL/min)	Uncer (mL/min)	|Error|+Uncer (mL/min)	Criteria	Remark
98.91	97.64	-1.27	0.18	1.45	4.95	Pass
59.16	58.52	-0.64	0.18	0.82	2.96	Pass
29.65	29.36	-0.29	0.18	0.47	1.48	Pass
19.71	19.50	-0.21	0.18	0.39	0.99	Pass
9.94	9.80	-0.15	0.18	0.33	0.50	Pass

3. การเปรียบเทียบผลระหว่างบุคลากร

ทำเพื่อทวนสอบสมรรถนะของบุคลากรว่าสามารถทดสอบด้วยวิธีการเดียวกัน เครื่องมือเดียวกัน แล้วให้ผลการทดสอบที่ไม่แตกต่างต่างกัน หรือ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยยะสำคัญ

วิธีการ: บุคลากรผู้ปฏิบัติงานทดสอบจำนวน 3 คน ประกอบด้วยกรรมการวิชาการประจำกลุ่มงาน 1 คน และผู้ปฏิบัติงานทดสอบ 2 คน ต้องมาทดสอบความแตกต่างความดัน การต้านการหายใจเข้า-ออก และ การรั่วของวาล์วระบายอากาศออก ตามมาตรฐานวิธีการที่กำหนด โดยใช้ตัวอย่างทดสอบรายการทดสอบละ 5 ชิ้นตัวอย่าง ทำการทดสอบและบันทึกผล จากนั้นนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบ โดยผลทดสอบที่ได้จากกรรมการวิชาการประจำกลุ่มงานจะถูกใช้เป็นค่าอ้างอิง การเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างกรรมการวิชาการประจำกลุ่มงานและผู้ปฏิบัติงานทดสอบลำดับที่ 1 และ 2 แสดงในตารางที่ 8 และตารางที่ 9 ตามลำดับ

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบผลการทดสอบทั้ง 3 ระบบ ระหว่างกรรมการวิชาการของกลุ่มงานกับผู้ปฏิบัติงานทดสอบลำดับที่ 1

	ความแตกต่างของความดัน (mmH_2O/cm^2)		**การต้านการหายใจ (mmH_2O)**				**การรั่วของวาล์วระบายอากาศออก (mL/min)**	
	กรรมการวิชาการ	ผู้ทดสอบที่ 1	การหายใจเข้า		การหายใจออก		กรรมการวิชาการ	ผู้ทดสอบที่ 1
			กรรมการวิชาการ	ผู้ทดสอบที่ 1	กรรมการวิชาการ	ผู้ทดสอบที่ 1		
ค่าที่ 1	4.3	4.2	16.2	14.0	26.1	24.6	21.1	20.2
ค่าที่ 2	4.1	4.2	15.2	15.4	25.8	25.4	19.7	20.9
ค่าที่ 3	4.1	4.2	15.9	16.8	26.1	26.4	20.5	19.8
ค่าที่ 4	4.4	4.1	14.8	15.3	24.8	26.1	19.8	21.7
ค่าที่ 5	4.0	3.7	16.0	14.2	25.2	24.8	21.0	20.0
$\bar{X}$	4.18	4.09	15.62	15.14	25.60	25.46	20.42	20.50
S.D.	0.17	0.24	0.59	1.12	0.61	0.82	0.70	0.81
$S.D.^2$	0.03	0.06	0.35	1.26	0.38	0.64	0.48	0.66
S_p	0.21		0.90		0.72		0.76	
$\bar{X}_1 - \bar{X}_2$	0.09		0.48		0.14		0.08	
$(1/n_1+1/n_2)^{1/2}$	0.63		0.63		0.63		0.63	

ความแตกต่างความดัน (mmH_2O/cm^2)		F (ค่าวิกฤต = 6.39)	**2.07**	ผลการวิเคราะห์	**ผ่าน**
		t (ค่าวิกฤต = 1.86)	**0.69**	ผลการวิเคราะห์	**ผ่าน**
การต้านการหายใจ (mmH_2O)	**การหายใจเข้า**	F (ค่าวิกฤต = 6.39)	**0.28**	ผลการวิเคราะห์	**ผ่าน**
		t (ค่าวิกฤต = 1.86)	**0.85**	ผลการวิเคราะห์	**ผ่าน**
	การหายใจออก	F (ค่าวิกฤต = 6.39)	**0.59**	ผลการวิเคราะห์	**ผ่าน**
		t (ค่าวิกฤต = 1.86)	**0.31**	ผลการวิเคราะห์	**ผ่าน**
การรั่วของวาล์วระบายอากาศออก (mL/min)		F (ค่าวิกฤต = 6.39)	**1.37**	ผลการวิเคราะห์	**ผ่าน**
		t (ค่าวิกฤต = 1.86)	**0.17**	ผลการวิเคราะห์	**ผ่าน**

ตารางที่ 9 การเปรียบเทียบผลการทดสอบทั้ง 3 ระบบ ระหว่างกรรมการวิชาการของกลุ่มงานกับผู้ปฏิบัติงานทดสอบลำดับที่ 2

	ความแตกต่างของความดัน (mmH_2O/cm^2)		**การต้านการหายใจเข้า-ออก (mmH_2O)**				**การรั่วของวาล์วระบายอากาศออก (mL/min)**	
	กรรมการวิชาการ	ผู้ทดสอบที่ 2	การหายใจเข้า		การหายใจออก		กรรมการวิชาการ	ผู้ทดสอบที่ 2
			กรรมการวิชาการ	ผู้ทดสอบที่ 2	กรรมการวิชาการ	ผู้ทดสอบที่ 2		
ค่าที่ 1	4.3	4.5	16.2	14.9	26.1	24.9	21.1	20.4
ค่าที่ 2	4.1	4.1	15.2	15.4	25.8	26.2	19.7	21.6
ค่าที่ 3	4.1	4.0	15.9	14.6	26.1	24.1	20.5	18.9
ค่าที่ 4	4.4	4.5	14.8	16.1	24.8	26.1	19.8	21.3
ค่าที่ 5	4.0	4.3	16.0	15.9	25.2	25.5	21.0	20.6
$\bar{X}$	4.18	4.29	15.62	15.38	25.60	25.36	20.42	20.54
S.D.	0.17	0.25	0.59	0.64	0.61	1.01	0.70	1.23
$S.D.^2$	0.03	0.062	0.35	0.41	0.38	1.02	0.48	1.50
S_p	0.21		0.62		0.84		1.00	
$\bar{X}_1 - X_2$	0.11		0.24		0.24		0.11	
$(1/n_1+1/n_2)^{1/2}$	0.63		0.63		0.63		0.63	

ความแตกต่างความดัน (mmH_2O/cm^2)		F (ค่าวิกฤต = 6.39)	**2.16**	ผลการวิเคราะห์	**ผ่าน**
		t (ค่าวิกฤต = 1.86)	**0.83**	ผลการวิเคราะห์	**ผ่าน**
การต้านการหายใจ (mmH_2O)	**การหายใจเข้า**	F (ค่าวิกฤต = 6.39)	**0.86**	ผลการวิเคราะห์	**ผ่าน**
		t (ค่าวิกฤต = 1.86)	**0.62**	ผลการวิเคราะห์	**ผ่าน**
	การหายใจออก	F (ค่าวิกฤต = 6.39)	**0.37**	ผลการวิเคราะห์	**ผ่าน**
		t (ค่าวิกฤต = 1.86)	**0.45**	ผลการวิเคราะห์	**ผ่าน**
การรั่วของวาล์วระบายอากาศออก (mL/min)		F (ค่าวิกฤต = 6.39)	**3.11**	ผลการวิเคราะห์	**ผ่าน**
		t (ค่าวิกฤต = 1.86)	**0.18**	ผลการวิเคราะห์	**ผ่าน**

4. การหาค่าความไม่แน่นอนของการวัด

ทำเพื่อให้สามารถระบุค่าความไม่แน่นอนของผลการทดสอบสำหรับการออกรายงานผล เป็นค่าที่แสดงออกถึงความเกี่ยวข้องกันระหว่างช่วงของค่าที่อาจเป็นไปได้จากการวัด และความไม่น่าเชื่อถือของผลการวัดเชิงปริมาณ โดยมีองค์ประกอบหลักคือความกว้างของช่วงความไม่แน่นอนและระดับความเชื่อมั่น

วิธีการ: หาค่าความไม่แน่นอนจากการทดลอง Type A จากการวัดซ้ำๆ โดยใช้เครื่องมือทดสอบ วิธีการและผู้ทดสอบเดิม และหาค่าความไม่แน่นอน Type B จากอุปกรณ์วัดในระบบทั้ง 3 ของเครื่องทดสอบ โดยพิจารณาค่าความไม่แน่นอนครอบคลุมจุดทดสอบของเครื่องมือวัด และค่าความละเอียด (Resolution) ของเครื่องมือวัดที่ถูกสอบเทียบ และหาผลรวมค่าความไม่แน่นอน (Combined Uncertainty)

ตารางที่ 10 การวิเคราะห์ค่าความไม่แน่นอนของระบบการทดสอบความแตกต่างความดัน

Source of Uncertainty	Type	u_i	Value (mmH_2O/cm^2)	Probability Uncertainty	Divisor	Standard Uncertainty	Sensitivity Coefficient	Degree of Freedom
Repeatability (ΔP)	A	$u_{\Delta P}$	0.076	t-distribution	1	0.076	1	4
ΔP calibration	B	$u_{\Delta P}$	0.031	normal	2	0.016	1	∞
ΔP resolution	B	u_{RDP}	0.100	rectangular	√3	0.058	1	∞
Combined Uncertainty		u_C		normal		**0.10**		∞
Expanded Uncertainty				normal (k=2)		**0.19**		∞

ตารางที่ 11 การวิเคราะห์ค่าความไม่แน่นอนของระบบการต้านการหายใจเข้าออก

การต้านการหายใจเข้า								
Source of Uncertainty	Type	u_i	Value (mmH_2O)	Probability Uncertainty	Divisor	Standard Uncertainty	Sensitivity Coefficient	Degree of Freedom
Repeatability (ΔP)	A	$u_{\Delta P}$	0.265	t-distribution	1	0.265	1	4
ΔP calibration	B	$u_{\Delta P}$	0.280	normal	2	0.140	1	∞
ΔP resolution	B	u_{RDP}	0.100	rectangular	√3	0.058	1	∞
Combined Uncertainty		u_C		normal		**0.31**		∞
Expanded Uncertainty				normal (k=2)		**0.61**		∞
การต้านการหายใจออก								
Source of Uncertainty	Type	u_i	Value (mmH_2O)	Probability Uncertainty	Divisor	Standard Uncertainty	Sensitivity Coefficient	Degree of Freedom
Repeatability (ΔP)	A	$u_{\Delta P}$	0.259	t-distribution	1	0.259	1	4
ΔP calibration	B	$u_{\Delta P}$	0.280	normal	2	0.140	1	∞
ΔP resolution	B	u_{RDP}	0.100	rectangular	√3	0.058	1	∞
Combined Uncertainty		u_C		normal		**0.30**		∞
Expanded Uncertainty				normal (k=2)		**0.60**		∞

ตารางที่ 12 การวิเคราะห์ค่าความไม่แน่นอนของระบบทดสอบการรั่วของวาล์วระบายอากาศออก

Source of Uncertainty	Type	u_i	Value (mL/min)	Probability Uncertainty	Divisor	Standard Uncertainty	Sensitivity Coefficient	Degree of Freedom
Repeatability (ΔP)	A	$u_{\Delta P}$	0.306	t-distribution	1	0.306	1	4
ΔP calibration	B	$u_{\Delta P}$	0.180	normal	2	0.090	1	∞
ΔP resolution	B	u_{RDP}	0.100	rectangular	√3	0.058	1	∞
Combined Uncertainty		u_C		normal		**0.32**		∞
Expanded Uncertainty				normal (k=2)		**0.65**		∞

ผลการวิจัย

ผลการออกแบบสร้าง

เครื่องทดสอบหน้ากากอนามัยทางการแพทย์ที่ทำการออกแบบสร้างตามข้อกำหนดในตารางที่ 1 และ 2 นี้สอดคล้องตามข้อกำหนดของมาตรฐาน ASTM F2100-21 สำหรับระบบทดสอบความแตกต่างความดัน และสอดคล้องตามมาตรฐาน 42 CFR Part 84 ข้อ 84.180 และ 42 CFR Part 84 ข้อ 84.182 สำหรับระบบทดสอบการต้านการหายใจเข้า-ออก และระบบทดสอบการรั่วของวาล์วระบายอากาศออก ตามลำดับ และสอดคล้องกับข้อกำหนดของห้องปฏิบัติการด้วย โดยครอบคลุมคุณลักษณะพื้นฐานอาทิเช่น ความเป็นมิตรต่อผู้ใช้งาน ทั้งขนาดพื้นที่ติดตั้ง การใช้พลังงานไฟฟ้า ระยะเวลาในการทดสอบต่อชุดตัวอย่าง ความสะดวกในการใช้งานและส่งสอบเทียบที่ รวมถึงการซ่อมบำรุงรักษา และความมั่นใจต่อความปลอดภัยในการใช้งานระบบทดสอบ โดยสิ่งประดิษฐ์นี้ คณะวิจัยได้รับอนุสิทธิบัตรเครื่องทดสอบหน้ากากทางการแพทย์เลขที่ 23630 เมื่อวันที่ 3 พฤษภาคม 2567 และได้นำมาใช้งานในห้องปฏิบัติการสำหรับให้บริการวิเคราะห์ทดสอบแก่ผู้ประกอบการที่ต้องการขอการรับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์

วิจารณ์ผล

ผลการประเมินสมรรถนะ

ผลการประเมินสมรรถนะของเครื่องทดสอบหน้ากากอนามัยทางการแพทย์แบบมัลติฟังก์ชั่น ที่ได้ทำการออกแบบและสร้าง ประกอบด้วย ผลการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี ผลการประเมินเครื่องมือแต่ละระบบ ผลการเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างบุคลากรตามขั้นตอนการปฏิบัติงานและเครื่องมือทดสอบเดียวกัน และผลของค่าความไม่แน่นอนของการวัดด้วยเครื่องทดสอบและด้วยขั้นตอนการปฏิบัติงานเดียวกัน

1. ผลการประเมินการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี

จากการวิเคราะห์การให้คะแนนการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีในตารางที่ 4 ซึ่งมีหัวข้อตรวจสอบดังนี้ 1. ความสอดคล้องของขั้นตอนการปฏิบัติงานเทียบกับมาตรฐานวิธีการทดสอบ 2. ความครบถ้วนสมบูรณ์ของอุปกรณ์ตรวจวัดและอุปกรณ์ต้นกำลังในแต่ละระบบเทียบกับวิธีการตามมาตรฐาน 3. ขีดความสามารถของอุปกรณ์ตรวจวัดในแต่ละระบบเทียบกับวิธีการตามมาตรฐาน 4. ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการทดสอบต่อ 1 ชุดตัวอย่าง ของทุกระบบ 5. ความเหมาะสมของปริมาณการใช้พื้นที่ติดตั้งและปริมาณการใช้ไฟฟ้าของทุกระบบเทียบกับเครื่องนำเข้า 6.ความสะดวกในการใช้งานและการถอดส่งสอบเทียบ การบำรุงรักษา และความปลอดภัยในการใช้งาน พบว่าคะแนนผ่านเกณฑ์การยอมรับ โดยผลของคะแนนรวมในหัวข้อที่ 1 ได้ 100 % จากผู้ตรวจประเมินทั้ง 5 ท่าน % รวมในแต่ละหัวข้อ ตั้งแต่หัวข้อที่ 2-6 ได้มากกว่า 85% และผลคะแนนเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักรวมทั้ง 6 หัวข้อ ได้ 96%

2. ผลการประเมินเครื่องมือแต่ละระบบ

จากการส่งสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดในระบบทดสอบทั้ง 3 ที่มีค่าความละเอียด ขีดความสามารถ และช่วงการใช้งานสอดคล้องตามวิธีการทดสอบของมาตรฐานกับห้องปฏิบัติการสอบเทียบที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล เมื่อนำผลสอบเทียบที่ได้มาวิเคราะห์ประเมินเครื่องมือดังแสดงในตารางที่ 5-7 พบว่าตลอดช่วงการใช้งานของเครื่องมือมีค่าความคลาดเคลื่อนผ่านเกณฑ์การยอมรับของมาตรฐาน และมีผลรวมค่าความคาดเคลื่อนกับค่าความไม่แน่นอนผ่านเกณฑ์การยอมรับของห้องปฏิบัติการ

3. ผลการเปรียบเทียบผลระหว่างบุคลากร

จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างบุคลากรที่ใช้วิธีการและเครื่องมือทดสอบเดียวกันด้วยสถิติ F-test และ T-test ดังแสดงในตารางที่ 8 และ 9 พบว่าผลการทดสอบออกมาแตกต่างอย่างไม่มีนัยยะสำคัญในทุกการทดสอบ

4. ผลการหาค่าความไม่แน่นอนในการวัด

จากการวิเคราะห์ค่าความไม่แน่นอนของระบบทดสอบทั้ง 3 ระบบ พบว่าผมรวมค่าความไม่แน่นอน Type A และ Type B ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% มีค่า 0.19 สำหรับระบบทดสอบความแตกต่างความดัน มีค่า 0.61 และ 0.60 สำหรับระบบทดสอบการต้านการหายใจเข้าและออก ตามลำดับ และมีค่า 0.65 สำหรับระบบทดสอบการรั่วของวาล์วระบายอากาศออก

สรุปผล

ผลงานวิจัยสิ่งประดิษฐ์นี้สามารถใช้ทดสอบหน้ากากอนามัยทางการแพทย์ได้แบบมัลติฟังก์ชั่น มี 3 ระบบการทดสอบ วิธีการสอดคล้องตามมาตรฐาน ASTM F2100-21 กำหนดช่วงการใช้งาน 0-6 mmH_2O/cm^2 สำหรับการทดสอบความแตกต่างความดัน สอดคล้องตามมาตรฐาน 42 CFR Part 84 ข้อ 84.180 กำหนดช่วงการใช้งาน 0-35 mmH_2O สำหรับการทดสอบความต้านการหายใจเข้า-ออก และสอดคล้องตามมาตรฐาน 42 CFR Part 84 ข้อ 84.182 กำหนดช่วงการใช้งาน 0-30 ml/min สำหรับการทดสอบการรั่วของวาล์วระบายอากาศออก การทดสอบสมรรถนะที่ช่วงใช้งานระบุนี้ผลการประเมินผ่านเกณฑ์การยอมรับทั้งความใช้ได้ของวิธีการและสมรรถนะเครื่องมือ บุคลากรทดสอบสามารถทำงานได้โดยผลทดสอบแตกต่างอย่างไม่มีนัยยะสำคัญ สิ่งประดิษฐ์มีความเป็นมิตรต่อผู้ใช้งาน ใช้พื้นที่ติดตั้งเพียง 2 m^2 เคลื่อนย้ายสะดวกน้ำหนักรวมเพียง 92 kg ใช้แหล่งจ่ายภายในระบบเพียง 2 ตัว ไฟฟ้าเฟสเดียว อัตราการใช้พลังงานมากสุดต่อ 1 ชุดตัวอย่างเพียง 0.16 kWh และสามารถถอดแยกเฉพาะอุปกรณ์สำหรับส่งสอบเทียบ สิ่งประดิษฐ์นี้ได้ถูกนำมาใช้ในงานทดสอบผลิตภัณฑ์หน้ากากอนามัยทางการแพทย์ของห้องปฏิบัติการ ต้นทุนสิ่งประดิษฐ์ประมาณ 150,000 บาท คาดการณ์ระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 3-5 ปี ที่รายได้ค่าทดสอบขั้นต่ำ 30,000 บาทต่อปี

กิตติกรรมประกาศ

ผลงานวิจัยสิ่งประดิษฐ์นี้เกิดขึ้นด้วยแรงผลักดันและการสนับสนุนของคณะผู้บริหาร ศ.วิจัย ดร.ชุติมา เอี่ยมโชติชวลิต คุณวิรัช จันทรา ดร.วดี วิชัยดิษฐ์ และคุณสิทธิพงษ์ โล่ห์วิระกร ที่ประสงค์ให้พัฒนาห้องปฏิบัติการทดสอบหน้ากากทางการแพทย์เพื่อรองรับการทดสอบมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เพื่อยกระดับมาตรฐานคุณภาพผลิตภัณฑ์หน้ากากอนามัยภายในประเทศ โดยได้รับการสนับสนุนทุนในการสร้างสิ่งประดิษฐ์เครื่องทดสอบหน้ากากทางการแพทย์จากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

เอกสารอ้างอิง

ประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา เรื่อง กำหนดมาตรฐานหน้ากากอนามัยทางการแพทย์ใช้ครั้งเดียว พ.ศ. 2563. (2563, 12 ตุลาคม). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่ม 137 ตอนพิเศษ 239 ง. หน้า 23 –24.

ประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา เรื่อง กำหนดมาตรฐานหน้ากากอนามัยทางการแพทย์ใช้ครั้งเดียว ชนิด N95 หรือสูงกว่า พ.ศ. 2563. (2563, 1 ธันวาคม). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่ม 137 ตอนพิเศษ 280 ง. หน้า 17–18.

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 5697 (พ.ศ. 2563) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมหน้ากากใช้ครั้งเดียว ชนิด N95 ลดความเสี่ยงการติดเชื้อทางการแพทย์ มาตรฐานเลขที่ มอก. 2480–2563. (2563, 25 มีนาคม). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่ม 137 ตอนพิเศษ 70 ง. หน้า 30.

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 6814 (พ.ศ. 2565) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมหน้ากากอนามัยใช้ครั้งเดียว มาตรฐานเลขที่ มอก. 2424–2565. (2566, 11 มกราคม). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่ม 140 ตอนพิเศษ 7 ง. หน้า 26.

American Society for Testing and Materials. (2021). *Standard specification for performance of materials used in medical face masks* (ASTM F2100-21). ASTM International.

Approval of Respiratory Protective Devices, 42 C.F.R. § 84 (n.d.).

Sidthipong, S., Sitthipong, S., Niljrusvanit, N., Pornnumpa, N., Sungkhaphaitoon, P., & Meengam, C. (2024). The performance test of single-use medical mask: Physical characteristics. *Bulletin of Applied Sciences*, *13*(1), 52–65.

การศึกษาและเปรียบเทียบระบบจ่ายไฟมาตราฐานสำหรับระบบรถไฟฟ้ากระแสสลับด้วยการจำลองผลกับโปรแกรม MATLAB/SIMULINK

Study and Comparison of Standard Power Supply Systems for AC Railway Electrification using MATLAB/SIMULINK

ชินพัฒน์ เมธีเลิศวรกุล[1] ธวัช ชูชิต[2,3] และอานนท์ อิศรมงคลรักษ์[1*]

Chinnapat Metheelertvorakul[1], Tawat Chuchit[2,3] and Arnon Isaramongkolrak[1*]

[1] สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและปัญญาประดิษฐ์, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม, นครปฐม 73000

[2] สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยทักษิณ, พัทลุง 93210

[3] ศูนย์ความเป็นเลิศนวัตกรรมเกษตรและผลิตภัณฑ์ชีวภาพแห่งมหาวิทยาลัยทักษิณ, คณะวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมดิจิทัล, มหาวิทยาลัยทักษิณ, พัทลุง 93210

[1] Electrical Engineering and Artificial Intelligence, Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University, Nakhon Pathom 73000, Thailand

[2] Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Thaksin University, Phatthalung 93210, Thailand

[3] Center of Excellence in Agricultural Innovation and Bioproducts, Faculty of Science and Digital Innovation, Thaksin University, Phatthalung 93210, Thailand

*Corresponding author E-mail: anone@webmail.npru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบจ่ายกำลังไฟฟ้ามาตรฐานสำหรับรถไฟฟ้ากระแสสลับพิกัด 25 kV 50 Hz ซึ่งเป็นเทคโนโลยีหลักของระบบรถไฟความเร็วสูงและรถไฟทางไกล โดยพิจารณาระบบจ่ายไฟ 3 รูปแบบ ได้แก่ ระบบจ่ายไฟโดยตรง ระบบจ่ายไฟโดยตรงแบบมีสายป้อนกลับ และระบบหม้อแปลงออโต การศึกษาใช้การสร้างแบบจำลองและการจำลองผลด้วยโปรแกรม MATLAB/Simulink โดยอ้างอิงเกณฑ์มาตรฐาน BS EN 50163 และ IEC 60850 เพื่อประเมินเสถียรภาพของแรงดันไฟฟ้าที่ตัวรถ และพิจารณาแรงดันสัมผัสที่รางตามมาตรฐาน EN 50122-1 ผลการจำลองแสดงให้เห็นว่าระบบหม้อแปลงออโตมีสมรรถนะเหนือกว่าระบบจ่ายไฟรูปแบบอื่น โดยสามารถรักษาระดับแรงดันใช้งานที่ตัวรถให้อยู่ภายในช่วงที่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานได้อย่างสม่ำเสมอ แม้ในระยะทางป้อนกำลังยาวถึงประมาณ 80 กิโลเมตร ส่งผลให้ระบบมีเสถียรภาพด้านแรงดันไฟฟ้าสูงและเหมาะสมสำหรับระบบรถไฟความเร็วสูงและรถไฟทางไกล ข้อมูลจากงานวิจัยสามารถใช้เป็นแนวทางในการเลือกและออกแบบระบบจ่ายไฟฟ้าสำหรับโครงการระบบรางให้เหมาะสมกับลักษณะการใช้งาน และสามารถประยุกต์ใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการวางแผนโครงสร้างพื้นฐานของระบบรถไฟความเร็วสูงในประเทศไทยในอนาคต

คำสำคัญ: ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้ารถไฟ, หม้อแปลงออโต, รถไฟความเร็วสูง, MATLAB/Simulink

Abstract

This research investigates and compares the performance of standard traction power supply systems for 25 kV 50 Hz AC electric railways, which are widely used in high-speed and long-distance railway systems. Three power supply configurations are considered: the direct feeding system, the direct feeding system with return conductor, and the autotransformer system. System modeling and simulation are conducted using MATLAB/Simulink. The evaluation criteria are based on BS EN 50163 and IEC 60850 to assess voltage stability at the train, while the rail touch voltage is evaluated according to EN 50122-1. Simulation results indicate that the autotransformer system provides superior performance compared with the other configurations by maintaining the train operating voltage consistently within the acceptable limits specified by the standards, even for feeding distances of up to approximately 80 km. This demonstrates its high voltage stability and suitability for long-distance and high-speed railway applications. The results also show that different power supply systems are appropriate for different operational conditions, depending on the characteristics of the railway network. The findings of this study provide useful guidelines for selecting appropriate traction power supply system's according to the operational requirements of railway projects. In addition, the results can be applied as a reference for planning and designing high-speed railway infrastructure in Thailand, supporting future development of transportation systems and regional connectivity.

Keywords: Traction power supply system, Autotransformer system, High-speed railway, MATLAB/Simulink simulation

บทนำ

ในปัจจุบันระบบคมนาคมขนส่งทางรางทั่วโลกกำลังเปลี่ยนผ่านจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลสู่ระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะในประเทศกำลังพัฒนาและประเทศเศรษฐกิจใหม่ รวมถึงประเทศไทยที่ได้เร่งพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านคมนาคมอย่างต่อเนื่อง โครงการรถไฟความเร็วสูงกรุงเทพฯ–หนองคาย ซึ่งเป็นความร่วมมือระหว่างไทยและจีน และเป็นส่วนหนึ่งของเส้นทางเชื่อมต่อสู่ประเทศลาวและมณฑลยูนนานของจีน มีบทบาทสำคัญต่อการเชื่อมโยงเศรษฐกิจในระดับภูมิภาคอาเซียน ส่งผลให้การศึกษาเทคโนโลยีระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าสำหรับรถไฟความเร็วสูงมีความสำคัญอย่างยิ่งในเชิงวิศวกรรมไฟฟ้า

รถไฟความเร็วสูงต้องการกำลังไฟฟ้าสูงและมีความต่อเนื่อง จึงนิยมใช้ระบบจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับแรงดัน 25 kV ซึ่งสามารถส่งกำลังได้ไกลกว่าระบบกระแสตรง อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่พบได้แก่ แรงดันตกในสายส่งและการรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งอาจกระทบต่อระบบอาณัติสัญญาณและการสื่อสาร วิศวกรจึงจำเป็นต้องเข้าใจรูปแบบระบบจ่ายไฟที่แตกต่างกัน ได้แก่ ระบบจ่ายไฟโดยตรง ระบบหม้อแปลงบูสเตอร์ และระบบหม้อแปลงออโต ซึ่งเป็นมาตรฐานสำหรับรถไฟความเร็วสูงในปัจจุบัน เนื่องจากสามารถลดความสูญเสียของระบบได้โดยการเพิ่มแรงดันเสมือนเป็น 25 kV (ธนัดชัย กุลวรวานิชพงษ์, 2557)

แม้ว่าจะมีการระบุคุณลักษณะของแต่ละระบบในมาตรฐานทั่วไปแล้ว แต่การศึกษาเชิงเปรียบเทียบผ่านการจำลองทางวิศวกรรมภายใต้เงื่อนไขเดียวกันยังมีจำกัด งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับรถไฟฟ้าผ่านการจำลองด้วยโปรแกรม MATLAB/Simulink โดยมุ่งเน้นการวิเคราะห์เสถียรภาพของระดับแรงดันไฟฟ้า ผลการศึกษาจะเป็นแนวทางสนับสนุนการเลือกและออกแบบระบบจ่ายไฟฟ้าและสถานีจ่ายไฟย่อยให้เหมาะสมกับการพัฒนาระบบรางของประเทศไทยในอนาคต

วิธีการดำเนินการวิจัย

ในระบบรถไฟฟ้ากระแสสลับมาตรฐานแรงดัน 25kV ความถี่ 50Hz การจัดโครงสร้างวงจรจ่ายไฟเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดประสิทธิภาพของโครงสร้างพื้นฐาน โดยทั่วไปสามารถจำแนกรูปแบบการจ่ายไฟออกเป็น 3 ระบบหลักตามลักษณะทางกายภาพและการจัดการกระแสไหล วิวัฒนาการเริ่มต้นจากระบบการจ่ายไฟโดยตรง ซึ่งเป็นโครงสร้างที่เรียบง่ายที่สุดโดยใช้สถานีจ่ายไฟย่อย ส่งกระแสไฟฟ้าผ่านสายสัมผัสเหนือศีรษะ (Overhead Contact Line: OCL) ไปยังขบวนรถ และใช้รางรถไฟเป็นเส้นทางไหลกลับของกระแสไฟฟ้าทั้งหมด ในรูปแบบดั้งเดิมที่เรียกว่า ระบบจ่ายไฟโดยตรงแบบไม่มีสายป้อนกลับ (Direct Feeding System without Return

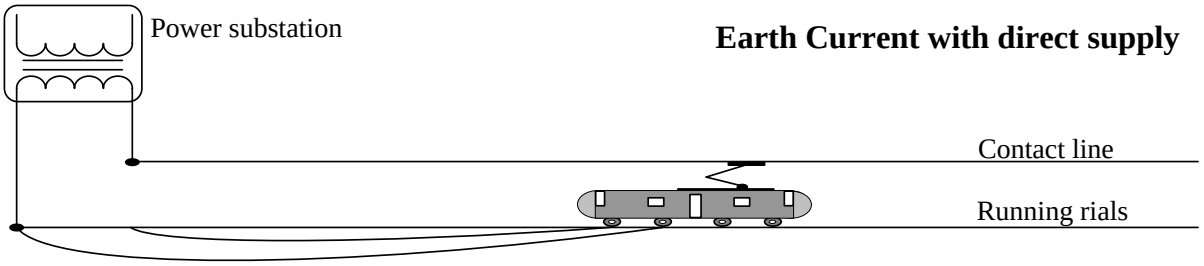
Conductor: RR) ดังแสดงในภาพที่ 1 กระแสส่วนใหญ่จะไหลผ่านรางและมักเกิดการรั่วไหลลงสู่ดิน ตามความต้านทานของหินโรยทาง ส่งผลให้เกิดการรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า (EMI) ในวงกว้าง (Kiessling et al., 2018) เพื่อบรรเทาปัญหานี้จึงมีการพัฒนา ระบบจ่ายไฟโดยตรงแบบมีสายป้อนกลับ (Direct Feeding System with Return Conductor: RC) โดยการติดตั้งสายตัวนำเพิ่มเติมขนานไปกับสาย OCL และเชื่อมต่อกับรางเป็นระยะตามมาตรฐาน EN 50122-1 เพื่อช่วยลดอิมพีแดนซ์ของเส้นทางไหลกลับและจำกัดขอบเขตของสนามแม่เหล็กให้ดีขึ้นดังแสดงในภาพที่ 2 อย่างไรก็ตาม เมื่อความต้องการในการลดสัญญาณรบกวนต่อระบบสื่อสารทวีความสำคัญขึ้น ระบบหม้อแปลงบูสเตอร์ (Booster Transformer System: BT System) ดังแสดงในภาพที่ 3 จึงถูกนำมาประยุกต์ใช้ โดยมีการติดตั้งหม้อแปลงอัตราส่วน 1:1 เป็นช่วงๆ ตามเส้นทางเพื่อทำหน้าที่ "บังคับ" กระแสไหลกลับให้ขึ้นไปอยู่ในสาย RC การทำงานของหม้อแปลง BT จะสร้างแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ขดลวดทุติยภูมิเพื่อดึงกระแสจากรางขึ้นสู่ตัวนำเหนือน้ำแข็ง (Hill, 1994) แม้ระบบนี้จะควบคุม EMI ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่การติดตั้งหม้อแปลงแบบอนุกรมในวงจรส่งผลให้ค่าอิมพีแดนซ์รวมของระบบสูงขึ้น ซึ่งนำไปสู่ปัญหาแรงดันตก และความสูญเสียในสายส่งที่เพิ่มขึ้นตามไปด้วย (Steimel, 2008) เพื่อก้าวข้ามขีดจำกัดด้านระยะทางและกำลังไฟฟ้าในระบบรถไฟความเร็วสูง ระบบหม้อแปลงออโต (Autotransformer System: AT System) ดังแสดงในภาพที่ 4 จึงกลายเป็นเทคโนโลยีมาตรฐานในปัจจุบัน ระบบนี้ใช้โครงสร้างการจ่ายไฟแบบ 2x25 kV โดยสถานี TSS จะจ่ายแรงดัน 50 kV ระหว่างสาย OCL และสายป้อนลบ Negative Feeder (NF) ในขณะที่ตัวรถไฟฟ้ายังคงรับแรงดันที่ 25 kV ผ่านจุดกึ่งกลาง Center Tap ของหม้อแปลงออโตที่ติดตั้งขนานอยู่กับระบบ (Bozkaya, 1987) ข้อได้เปรียบเชิงวิศวกรรมที่สำคัญคือการส่งผ่านพลังงานด้วยแรงดันที่สูงขึ้นช่วยลดกระแสในสายส่งหลัก ทำให้กำลังไฟฟ้าที่สูญเสียลดลง ส่งผลให้สามารถขยายระยะห่างระหว่างสถานีจ่ายไฟย่อยได้ไกลถึง 40-60 km (Pilo et al., 2000 และ Mariscotti, 2003) นอกจากนี้ ทิศทางการไหลของกระแสที่สวนทางกันระหว่างสาย OCL และ NF ยังทำให้สนามแม่เหล็กเกิดการหักล้างกันเอง ซึ่งถือเป็นแนวทางการจัดการ EMI ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดโดยไม่ส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพแรงดันของระบบ เพื่อให้การประเมินสมรรถนะของระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าในแต่ละรูปแบบเป็นไปตามหลักวิศวกรรมสากล ผู้วิจัยจึงอ้างอิงมาตรฐานหลักที่เกี่ยวข้องกับเสถียรภาพของระดับแรงดันไฟฟ้าเป็นสำคัญ เนื่องจากระดับแรงดันที่จุดรับไฟ (Pantograph) คือ ตัวชี้วัดคุณภาพไฟฟ้าและความปลอดภัยในการเดินรถที่วิกฤตที่สุด

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้เกณฑ์ตามมาตรฐาน BS EN50163 และ IEC60850 ซึ่งกำหนดขอบเขตแรงดันไฟฟ้าสำหรับระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าในระบบรางทั่วโลก ที่ระบบกระแสสลับพิกัด 25 kV, 50 Hz นอกจากนี้ยังพิจารณาเกณฑ์ความปลอดภัยของแรงดันสัมผัสที่รางตามมาตรฐาน EN 50122-1 โดยกำหนดค่าแรงดันสัมผัสที่ยอมรับได้ในสภาวะการดำเนินงานปกติต้องไม่เกิน 60 V เพื่อความปลอดภัยต่อบุคคลและป้องกันการรบกวน

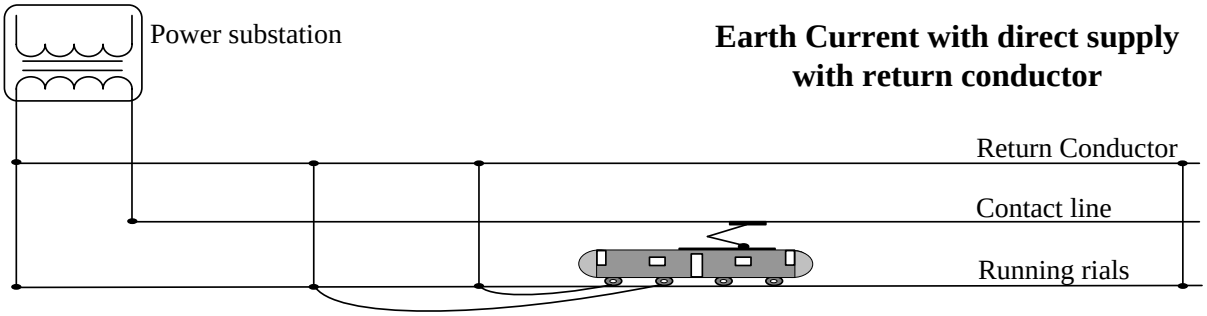
อุปกรณ์ระบบอาณัติสัญญาณ เกณฑ์เหล่านี้จะถูกใช้เป็นดัชนีชี้วัดหลักในการวิเคราะห์และสรุปผลว่าระบบรูปแบบใดสามารถรักษาทั้งเสถียรภาพแรงดันและความปลอดภัยให้อยู่ในกรอบที่ยอมรับได้ดีที่สุด ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ขอบเขตแรงดันไฟฟ้ามาตรฐานสำหรับระบบ AC 25kV, 50Hz ตามมาตรฐาน BS EN50163

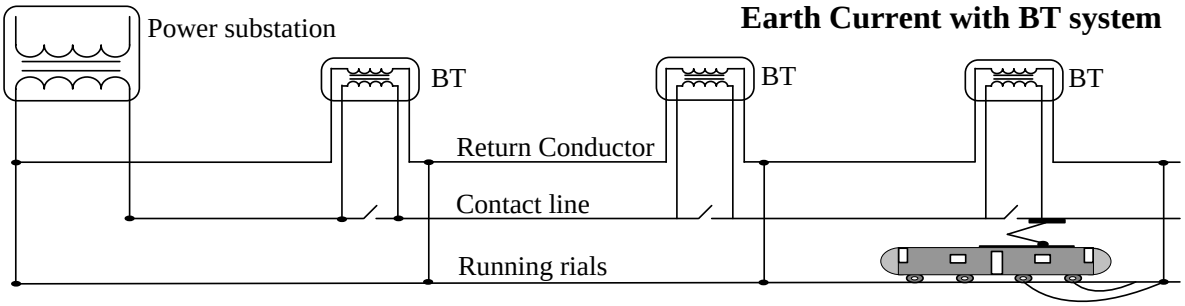
V ต่ำสุดวิกฤต	V ต่ำสุดถาวร	V ที่ใช้งาน	V สูงสุดถาวร	V สูงสุดวิกฤต
17.5 kV	19 kV	25 kV	27.5 kV	29 kV



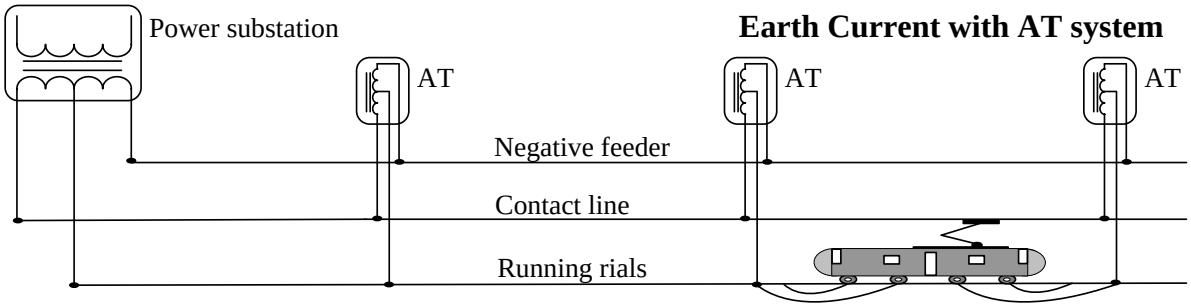
ภาพที่ 1 ระบบจ่ายไฟโดยตรงแบบไม่มีสายป้อนกลับ



ภาพที่ 2 ระบบจ่ายไฟโดยตรงแบบมีสายป้อนกลับ

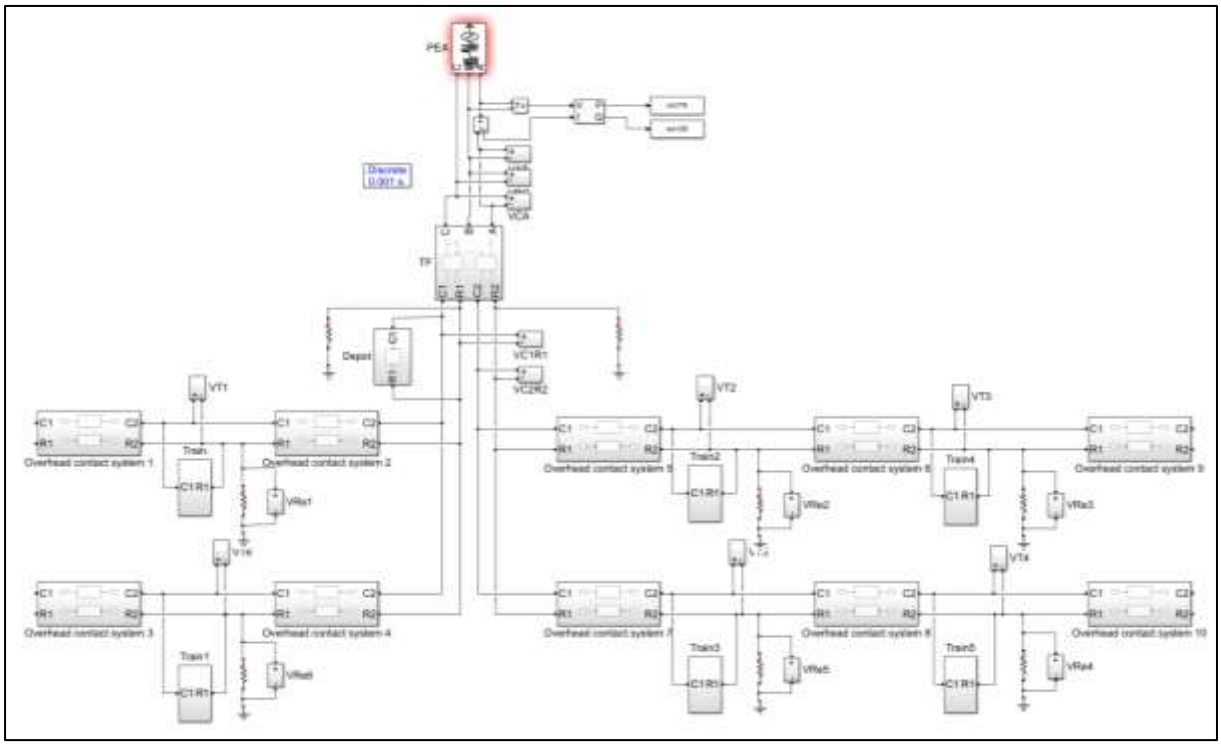


ภาพที่ 3 ระบบจ่ายไฟโดยหม้อแปลงบูสเตอร์

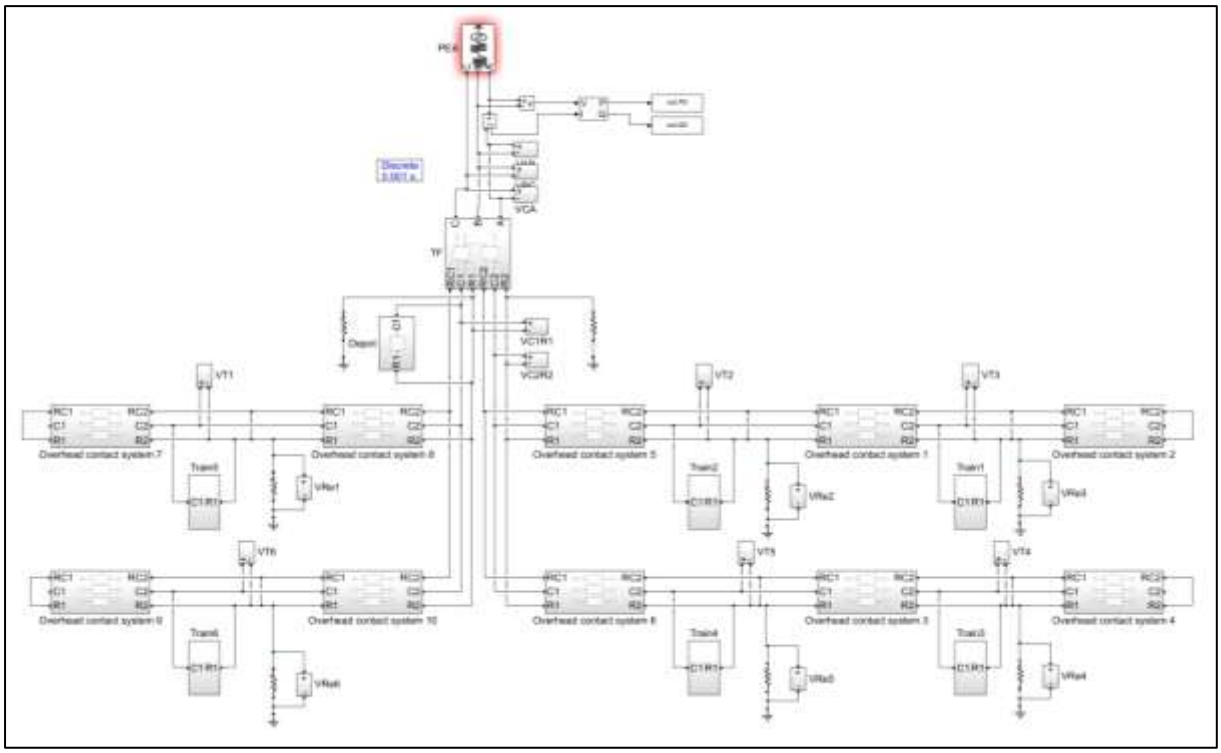


ภาพที่ 4 ระบบจ่ายไฟโดยหม้อแปลงออโต

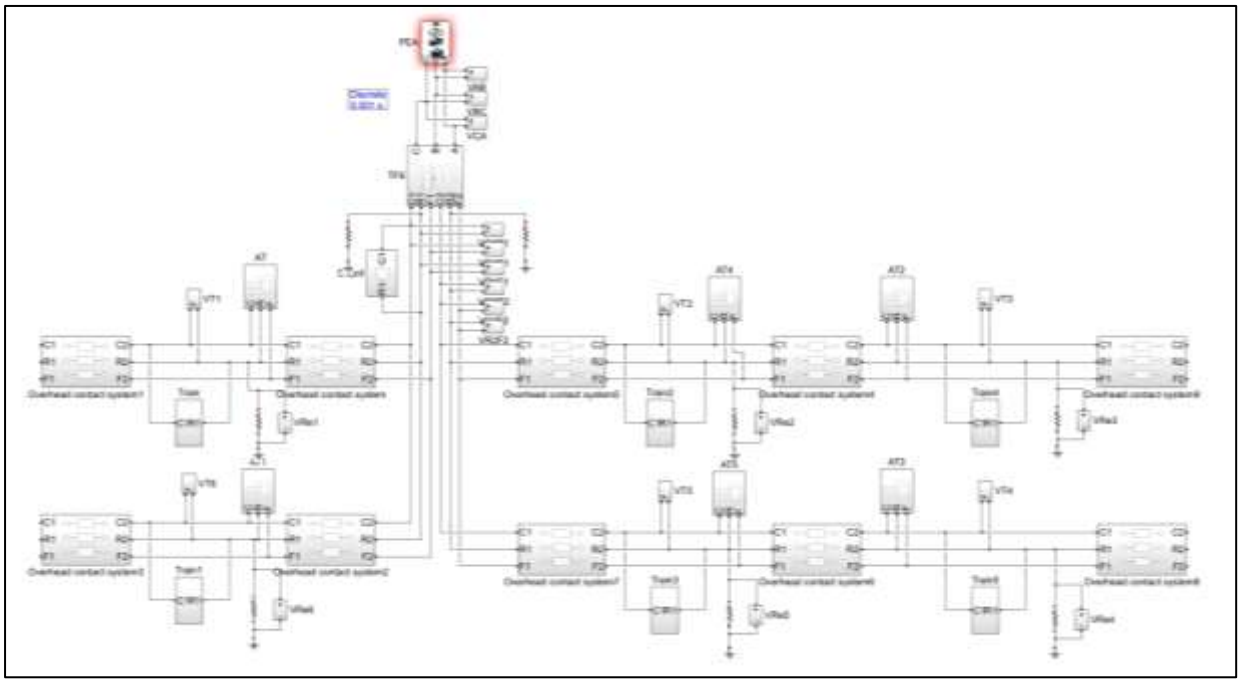
ในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตการศึกษาโดยมุ่งเน้นไปที่การเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าที่เป็นมาตรฐานหลักในปัจจุบันอันประกอบด้วย ระบบจ่ายไฟโดยตรง ระบบจ่ายไฟโดยตรงแบบมีสายป้อนกลับและระบบหม้อแปลงออโต ทั้งนี้ แม้ในทางทฤษฎีจะมีระบบหม้อแปลงบูสเตอร์ เป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการใช้งาน แต่ผู้วิจัยพิจารณาแล้วเห็นควรให้ตัดระบบดังกล่าวออกจากการศึกษาเปรียบเทียบในเชิงลึก เนื่องจากในปัจจุบันเทคโนโลยีระบบหม้อแปลงบูสเตอร์ได้รับความนิยมน้อยลงอย่างมากในโครงการก่อสร้างรถไฟใหม่ทั่วโลก (Brenna, 2018 และ Kiessling, 2018) เนื่องจากข้อจำกัดด้านค่าอิมพีแดนซ์สะสมในระบบที่สูงกว่าระบบอื่นถึงร้อยละ 50 ส่งผลให้เกิดแรงดันตกคร่อมรุนแรง รวมถึงปัญหาด้านการซ่อมบำรุงและข้อจำกัดความเร็วบริเวณจุดตัดของหม้อแปลง ซึ่งไม่สอดคล้องกับแนวทางการพัฒนารถไฟความเร็วสูงและรถไฟทางไกลในปัจจุบันที่ต้องการเสถียรภาพของระดับแรงดันและความต่อเนื่องในการรับกำลังไฟฟ้าสูงสุด ด้วยเหตุผลดังกล่าว การเลือกเปรียบเทียบระหว่างระบบจ่ายไฟแบบประหยัดอย่างระบบจ่ายไฟโดยตรง และระบบประสิทธิภาพสูงอย่างระบบหม้อแปลงออโต จึงให้ผลลัพธ์ที่เป็นประโยชน์ต่อการประยุกต์ใช้งานในโครงการวิศวกรรมจริงมากกว่า นอกจากนี้ เพื่อให้การวิเคราะห์มีความแม่นยำและสะท้อนพฤติกรรมของระบบไฟฟ้าภายใต้สภาวะโหลดพลวัต ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาแบบจำลองระบบจำลองบนโปรแกรม MATLAB/SIMULINK แทนการคำนวณผ่านแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบดั้งเดิม เพื่อความสะดวกในการตรวจสอบพารามิเตอร์และการวัดผลในตำแหน่งต่างๆ ของโครงข่าย ดังแสดงลักษณะโครงสร้างหน้าจอของแบบจำลองต้นแบบที่ระยะทาง 10km ของทั้ง 3 ระบบในภาพที่ 5 ถึงภาพที่ 7 และ ขั้นตอนการจำลองระบบทดสอบรถไฟเพื่อเปรียบเทียบระบบการจ่ายไฟด้วยโปรแกรม MATLAB/SIMULINK โดยสามารถแสดงเป็นขั้นตอนการดำเนินงานดังภาพที่ 8 และใช้การตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆดังตารางที่ 2



ภาพที่ 5 แผนภาพ SIMMILINK ของระบบจ่ายไฟโดยตรงที่ระยะการเดินรถไฟ 10 km



ภาพที่ 6 แผนภาพ SIMMILINK ของระบบจ่ายไฟโดยตรงแบบมีสายป้อนกลับที่ระยะการเดินรถไฟ 10 km



ภาพที่ 7 แผนภาพ SIMMILINK ของระบบจ่ายไฟโดยระบบหม้อแปลงออโตที่ระยะการเดินรถไฟ 10 km



ภาพที่ 8 ขั้นตอนการดำเนินงานจำลองผลด้วยโปรแกรม MATLAB/SIMULINK

ตารางที่ 2 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ใน SIMULINK

ระบบต่างๆใน SIMULINK	ชื่อพารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์
หม้อแปลงสถานีไฟฟ้าย่อย ของระบบส่งจ่ายโดยตรง	Ptr	20000000
	VHV	69000
	VLV	27500
	R1	0.0138
	R2, R3	0.0001
	L1	0.09
	L2, L3	0.014
	Rm	138240
	Lm	366.68
หม้อแปลงสถานีไฟฟ้าย่อย ของระบบระบบหม้อแปลงออโต	Ptr	10000000
	EHV	69000
	VLV	55000
หม้อแปลงออโต	Pat	10000000
	V1at, V2at	25000
	R1at, R2at	0.1564
	L1at, L2at	0.00031735
	Rmat	101400
	Lmat	889.3
รถไฟฟ้าความเร็วสูง	Vtrain, Ptrain	25000, 400000
สาย OCL, รางรถไฟ	Rc, Rr, Rf	0.184, 0.037, 0.126
	Lc, Lr, Lf	0.001923, 0.028, 0.00236
สายป้อนกลับ	Rrc	0.046
	Lrc	0.00048075

ผลการวิจัย

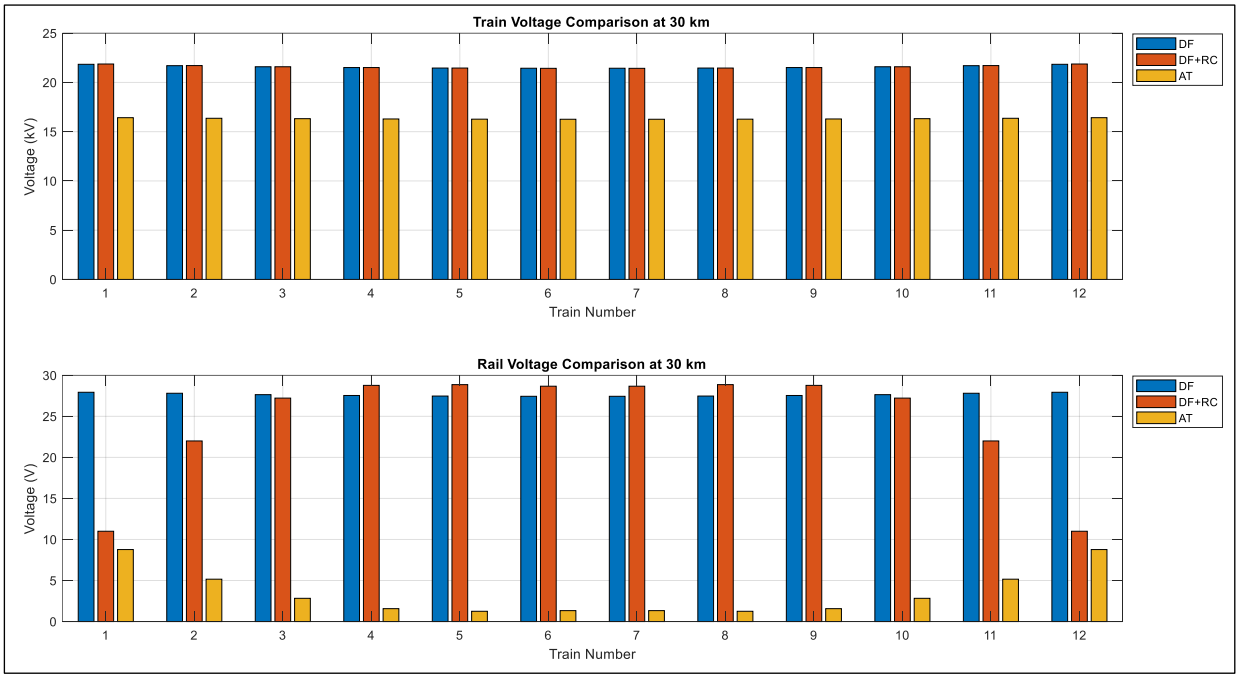
ในการศึกษาและวิเคราะห์สมรรถนะของระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าสำหรับรถไฟฟ้ากระแสสลับพิกัด 25kV 50Hz ผู้วิจัยได้ดำเนินการจำลองสถานการณ์ผ่านโปรแกรม MATLAB/SIMULINK โดยกำหนดพารามิเตอร์ของระบบอ้างอิงตามโครงสร้างพื้นฐานจริง เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบจ่ายไฟ 3 รูปแบบ ได้แก่ ระบบจ่ายไฟโดยตรง, ระบบจ่ายไฟโดยตรงแบบมีสายป้อนกลับ และระบบหม้อแปลงออโต โดยแบ่งกรณีการทดสอบออกเป็น 2 ลักษณะหลักดังนี้

กรณีที่ 1 ศึกษาความหนาแน่นของขบวนรถ (Variable Distance and Density) เป็นการทดสอบเพื่อหาขีดจำกัดของระบบเมื่อมีปริมาณขบวนรถหนาแน่นในระยะทางต่างๆ ตั้งแต่ 10, 20, 30, 40 จนถึง 50 km โดยกำหนดให้มีขบวนรถวิ่งสวนกัน (Up/Down) ทุกระยะ 5 km เพื่อสังเกตพฤติกรรมของแรงดันใช้งาน Vtrain และแรงดันสัมผัสที่ราง Vre ในสภาวะโหลดสูงสุด ซึ่งให้ผลการจำลองดังตารางที่ 3-5 และการเปรียบเทียบ Vtrain และ Vre ของทั้ง 3 ระบบจ่ายไฟที่ระยะ 30 km และ 50 km ดังแสดงในภาพที่ 9 และ 10 ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ผลการจำลองที่ระยะ 10 20 และ 30 km

All Distance	Train Num	Up/ Down	Distance (km)	Vtrain			Vre		
				RR	RC	AT	RR	DC	AT
10 km	T1	Up	-5	27.76	27.79	24.85	35.52	17.30	18.64
	T2	Up	5	25.18	25.20	24.30	32.19	17.17	14.25
	T3	Up	10	25.15	25.16	24.28	32.22	27.89	11.41
	T4	Down	10	25.15	25.16	24.28	32.22	27.89	11.41
	T5	Down	5	25.18	25.20	24.30	32.19	17.17	14.25
	T6	Down	-5	27.76	27.79	24.85	35.52	17.30	18.64
20 km	T1	Up	-5	28.52	28.54	24.85	36.48	17.77	18.64
	T2	Up	5	23.69	23.71	20.12	30.28	12.21	10.71
	T3	Up	10	23.60	23.61	20.07	30.24	24.84	6.16
	T4	Up	15	23.54	23.54	20.04	30.14	30.38	3.36
	T5	Up	20	23.51	23.51	20.02	30.10	32.30	2.05
	T6	Down	20	23.51	23.51	20.02	30.10	32.30	2.05
	T7	Down	15	23.54	23.54	20.04	30.14	30.38	3.36
	T8	Down	10	23.60	23.61	20.07	30.24	24.84	6.16
	T9	Down	5	23.69	23.71	20.12	30.28	12.21	10.71
	T10	Down	-5	28.52	28.54	24.85	36.48	17.77	18.64
30 km	T1	Up	-5	28.81	28.83	24.85	36.86	17.95	18.64
	T2	Up	5	21.84	21.87	16.42	27.93	11.00	8.77
	T3	Up	10	21.70	21.71	16.36	27.81	22.00	5.16
	T4	Up	15	21.59	21.59	16.32	27.64	27.22	2.83
	T5	Up	20	21.51	21.51	16.29	27.54	28.77	1.57
	T6	Up	25	21.46	21.46	16.27	27.47	28.86	1.25
	T7	Up	30	21.44	21.43	16.26	27.44	28.67	1.33
	T8	Down	30	21.44	21.43	16.26	27.44	28.67	1.33
	T9	Down	25	21.46	21.46	16.27	27.47	28.86	1.25
	T10	Down	20	21.51	21.51	16.29	27.54	28.77	1.57

All Distance	Train Num	Up/ Down	Distance (km)	Vtrain			Vre		
				RR	RC	AT	RR	DC	AT
	T11	Down	15	21.59	21.59	16.32	27.64	27.22	2.83
	T12	Down	10	21.70	21.71	16.36	27.81	22.00	5.16
	T13	Down	5	21.84	21.87	16.42	27.93	11.00	8.77
	T14	Down	-5	28.81	28.83	24.85	36.86	17.95	18.64



ภาพที่ 9 กราฟเปรียบเทียบ Vtrain และ Vre ของทั้ง 3 ระบบจ่ายไฟที่ระยะ 30km

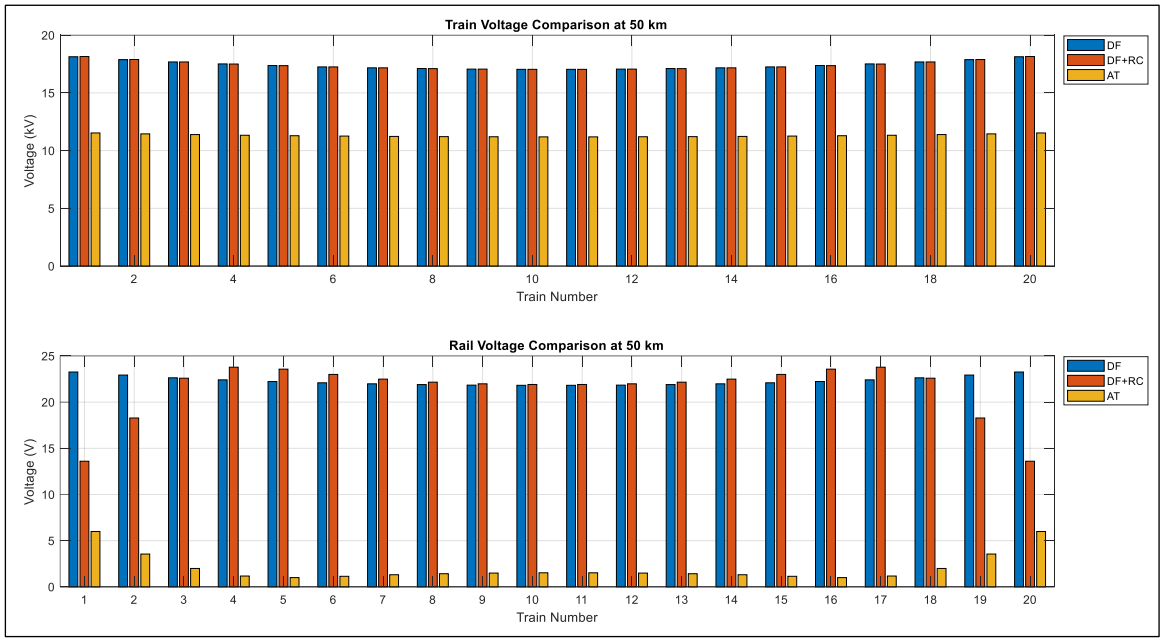
ตารางที่ 4 ผลการจำลองที่ระยะ 40 และ 50km

All Distance	Train Num	Up/ Down	Distance (km)	Vtrain			Vre		
				RR	RC	AT	RR	RC	AT
40 km	T1	Up	-5	28.76	28.79	24.85	36.80	17.92	18.64
	T2	Up	5	19.92	19.95	13.61	25.51	11.89	7.17
	T3	Up	10	19.73	19.74	13.54	25.29	19.88	4.25
	T4	Up	15	19.57	19.57	13.48	25.05	24.78	2.38
	T5	Up	20	19.45	19.44	13.44	24.89	26.18	1.39
	T6	Up	25	19.35	19.34	13.41	24.77	26.07	1.19
	T7	Up	30	19.28	19.27	13.38	24.68	25.56	1.36
	T8	Up	35	19.23	19.23	13.37	24.62	25.12	1.55
	T9	Up	40	19.21	19.21	13.36	24.59	24.90	1.65
	T10	Down	40	19.21	19.21	13.36	24.59	24.90	1.65

All Distance	Train Num	Up/ Down	Distance (km)	Vtrain			Vre		
				RR	RC	AT	RR	RC	AT
	T11	Down	35	19.23	19.23	13.37	24.62	25.12	1.55
	T12	Down	30	19.28	19.27	13.38	24.68	25.56	1.36
	T13	Down	25	19.35	19.34	13.41	24.77	26.07	1.19
	T14	Down	20	19.45	19.44	13.44	24.89	26.18	1.39
	T15	Down	15	19.57	19.57	13.48	25.05	24.78	2.38
	T16	Down	10	19.73	19.74	13.54	25.29	19.88	4.25
	T17	Down	5	19.92	19.95	13.61	25.51	11.89	7.17
	T18	Down	-5	28.76	28.79	24.85	36.80	17.92	18.64

ตารางที่ 5 ผลการจำลองที่ระยะ 50 km

All Distance	Train Num	Up/ Down	Distance (km)	Vtrain			Vre		
				RR	RC	AT	RR	RC	AT
50 km	T1	Up	-5	28.52	28.54	24.85	36.49	17.77	18.64
	T2	Up	5	18.13	18.15	11.53	23.26	13.60	5.99
	T3	Up	10	17.88	17.89	11.45	22.93	18.28	3.55
	T4	Up	15	17.68	17.68	11.39	22.63	22.59	1.99
	T5	Up	20	17.51	17.50	11.33	22.41	23.78	1.17
	T6	Up	25	17.37	17.36	11.29	22.23	23.57	1.00
	T7	Up	30	17.25	17.25	11.26	22.09	23.00	1.14
	T8	Up	35	17.17	17.17	11.23	21.98	22.49	1.31
	T9	Up	40	17.11	17.10	11.21	21.90	22.16	1.42
	T10	Up	45	17.06	17.06	11.20	21.84	21.98	1.49
	T11	Up	50	17.04	17.04	11.19	21.82	21.91	1.52
	T12	Down	50	17.04	17.04	11.19	21.82	21.91	1.52
	T13	Down	45	17.06	17.06	11.20	21.84	21.98	1.49
	T14	Down	40	17.11	17.10	11.21	21.90	22.16	1.42
	T15	Down	35	17.17	17.17	11.23	21.98	22.49	1.31
	T16	Down	30	17.25	17.25	11.26	22.09	23.00	1.14
	T17	Down	25	17.37	17.36	11.29	22.23	23.57	1.00
	T18	Down	20	17.51	17.50	11.33	22.41	23.78	1.17
	T19	Down	15	17.68	17.68	11.39	22.63	22.59	1.99
	T20	Down	10	17.88	17.89	11.45	22.93	18.28	3.55
	T21	Down	5	18.13	18.15	11.53	23.26	13.60	5.99
	T22	Down	-5	28.52	28.54	24.85	36.49	17.77	18.64



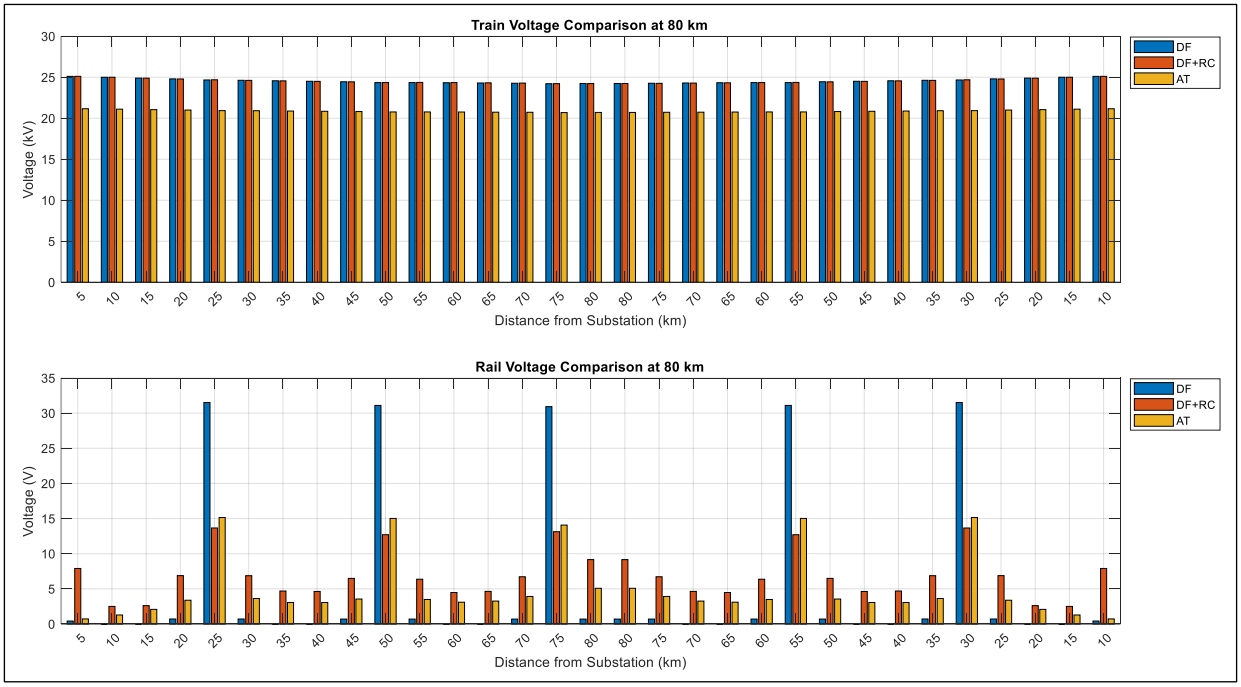
ภาพที่ 10 กราฟเปรียบเทียบ Vtrain และ Vre ของทั้ง 3 ระบบจ่ายไฟที่ระยะ 50 km

กรณีที่ 2 ศึกษาการเดินรถระยะไกล (Long Distance Scenario 80 km) เป็นการจำลองประสิทธิภาพของระบบในการส่งกำลังระยะไกลที่ 80 km ภายใต้เงื่อนไขการเดินรถแบบกระจายตัว ขบวนรถห่างกัน 25 km เพื่อประเมินเสถียรภาพของระดับแรงดันปลายสายและความปลอดภัยตามมาตรฐานที่กำหนดซึ่งให้ผลการจำลองดังตารางที่ 6 และการเปรียบเทียบ Vtrain และ Vre ของทั้ง 3 ระบบจ่ายไฟที่ระยะ 80 km ดังแสดงในภาพที่ 9

ตารางที่ 6 ผลการจำลองที่ระยะ 80 km

All Distance	Train Num	Up/ Down	Distance (km)	Vtrain			Vre		
				RR	RC	AT	RR	RC	AT
80 km		Up	10	25.00	25.00	21.11	0.01	2.50	1.28
		Up	15	24.90	24.89	21.05	0.02	2.61	2.08
		Up	20	24.80	24.79	21.00	0.71	6.88	3.38
	T1	Up	25	24.67	24.69	20.93	31.51	13.66	15.15
		Up	30	24.63	24.62	20.92	0.71	6.87	3.63
		Up	35	24.57	24.56	20.88	0.02	4.69	3.06
		Up	40	24.51	24.50	20.85	0.02	4.63	3.06
		Up	45	24.45	24.44	20.82	0.70	6.49	3.55
	T2	Up	50	24.35	24.37	20.77	31.10	12.70	15.02
		Up	55	24.35	24.35	20.77	0.70	6.37	3.49
		Up	60	24.33	24.32	20.76	0.02	4.48	3.10
		Up	65	24.30	24.29	20.74	0.02	4.64	3.26
		Up	70	24.27	24.26	20.73	0.70	6.72	3.92

All Distance	Train Num	Up/ Down	Distance (km)	Vtrain			Vre		
				RR	RC	AT	RR	RC	AT
	T3	Up	75	24.21	24.22	20.69	30.92	13.13	14.07
		Up	80	24.24	24.23	20.71	0.70	9.16	5.08
		Down	80	24.24	24.23	20.71	0.70	9.16	5.08
	T4	Down	75	24.21	24.22	20.69	30.92	13.13	14.07
		Down	70	24.27	24.26	20.73	0.70	6.72	3.92
		Down	65	24.30	24.29	20.74	0.02	4.64	3.26
		Down	60	24.33	24.32	20.76	0.02	4.48	3.10
		Down	55	24.35	24.35	20.77	0.70	6.37	3.49
	T5	Down	50	24.35	24.37	20.77	31.10	12.70	15.02
		Down	45	24.45	24.44	20.82	0.70	6.49	3.55
		Down	40	24.51	24.50	20.85	0.02	4.63	3.06
		Down	35	24.57	24.56	20.88	0.02	4.69	3.06
		Down	30	24.63	24.62	20.92	0.71	6.87	3.63
	T6	Down	25	24.67	24.69	20.93	31.51	13.66	15.15
		Down	20	24.80	24.79	21.00	0.71	6.88	3.38
		Down	15	24.90	24.89	21.05	0.02	2.61	2.08
		Down	10	25.00	25.00	21.11	0.01	2.50	1.28



ภาพที่ 11 กราฟเปรียบเทียบ Vtrain และ Vre ของทั้ง 3 ระบบจ่ายไฟที่ระยะ 80 km

วิจารณ์ผล

จากการวิเคราะห์ผลการจำลองสถานการณ์ที่ปรากฏในตารางที่ 3-6 และ กราฟเปรียบเทียบทั้ง 3 ระบบ ดังภาพที่ 9-11 สามารถวิเคราะห์ตามพฤติกรรมทางไฟฟ้าของระบบทั้ง 3 รูปแบบได้ว่า ในด้านเสถียรภาพของแรงดันใช้งาน Vtrain ระบบการจ่ายไฟโดยตรงทั้งรูปแบบที่มีสายป้อนกลับและไม่มีสายป้อนกลับให้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกันอย่างมาก โดยแรงดันที่ตัวรถไฟฟ้าแทบไม่มีความแตกต่างกันในเชิงนัยสำคัญตลอดระยะทางการทดสอบ ซึ่งเห็นได้ชัดในสภาวะการเดินรถหนาแน่นช่วงระยะ 10 – 40 km ที่แรงดันของทั้งสองระบบยังคงระดับตามมาตรฐาน BS EN50163 (19–27.5 kV) ตามภาระโหลดในแต่ละช่วง ขณะที่ระบบหม้อแปลงออโต แม้จะมีการสูญเสียแรงดันสะสมในสายส่งมากกว่าในสภาวะโหลดหนาแน่นจนแรงดันลดลงเหลือประมาณ 20.02 kV ที่ระยะ 20 km แต่เมื่อพิจารณาในกรณีการเดินรถระยะไกล 80 km ระบบหม้อแปลงออโต กลับแสดงให้เห็นถึงศักยภาพที่เหนือกว่าในการประคองระดับแรงดันใช้งานให้คงที่และสม่ำเสมอตลอดสายทางในช่วง 20.71 - 21.16 kV ซึ่งแตกต่างจากระบบจ่ายไฟโดยตรงที่มีแนวโน้มแรงดันผันผวนตามตำแหน่งของขบวนรถอย่างชัดเจน

อย่างไรก็ตาม ประเด็นที่สร้างความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญให้กับระบบจ่ายไฟโดยตรงแบบมีสายป้อนกลับ คือสมรรถนะในด้านความปลอดภัยผ่านค่าแรงดันสัมผัสที่ราง Vre โดยเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับระบบจ่ายไฟโดยตรงปกติ จะพบว่าการติดตั้งสายป้อนกลับสามารถลดแรงดันที่รางลงได้อย่างมหาศาล ยกตัวอย่างเช่นที่ระยะ 50km ซึ่งเป็นจุดที่มีภาระโหลดสูง แรงดันสัมผัสในระบบจ่ายไฟโดยตรงนั้นพุ่งสูงขึ้นถึงประมาณ 36V แต่เมื่อเปลี่ยนเป็นระบบระบบจ่ายไฟโดยตรงแบบมีสายป้อนกลับค่าดังกล่าวกลับลดลงเหลือเพียงประมาณ 13 – 17 V เท่านั้น การลดลงของ Vre นี้ช่วยให้ระบบจ่ายไฟโดยตรงมีระดับความปลอดภัยที่ดียิ่งขึ้นและสอดคล้องกับมาตรฐาน EN 50122-1 มากยิ่งขึ้น แม้ว่าในท้ายที่สุดระบบหม้อแปลงออโต จะยังคงให้ประสิทธิภาพในการกำจัดแรงดันที่รางได้ดีที่สุด โดยรักษาค่า Vre ให้ต่ำกว่า 10 V ได้ในเกือบทุกสถานการณ์การเดินรถก็ตาม

สรุปผล

ผลการศึกษาและการเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบจ่ายกำลังไฟฟ้ามาตรฐานภายใต้เงื่อนไขการทดสอบที่หลากหลาย แสดงให้เห็นว่าระบบหม้อแปลงออโตมีความเหมาะสมสูงสุดสำหรับการใช้งานในโครงการรถไฟทางไกลและรถไฟความเร็วสูงในช่วงระยะทางประมาณ 80 กิโลเมตร เนื่องจากมีความสามารถในการรักษาระดับแรงดันใช้งานให้อยู่ภายในเกณฑ์มาตรฐานได้อย่างสม่ำเสมอตลอดแนวเส้นทาง ขณะที่ระบบจ่ายไฟตรงแบบมีสายป้อนกลับ แม้จะไม่ก่อให้เกิดการเพิ่มระดับแรงดันใช้งานที่ตัวรถอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับระบบจ่ายไฟตรงแบบปกติ แต่มีข้อได้เปรียบที่สำคัญด้านความปลอดภัย โดยสามารถลดและควบคุมแรงดันสัมผัสที่รางให้อยู่ในระดับต่ำกว่าระบบเดิมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ ระบบจ่ายไฟตรงมีความเหมาะสมสำหรับการจ่ายไฟในระยะทางไม่เกิน 40 กิโลเมตรต่อสถานีไฟฟ้าย่อยหนึ่งแห่ง และสามารถรองรับการเดินรถหลายขบวนได้ดี จึงเหมาะสมกับระบบรถไฟในเขตเมือง ในทางตรงกันข้าม ระบบหม้อแปลงออโตจะเหมาะสมกับการจ่ายไฟในช่วงระยะทางไม่เกิน 20 กิโลเมตรต่อช่วงจ่ายไฟ

ข้อมูลดังกล่าวจึงเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการตัดสินใจเชิงวิศวกรรมในการเลือกใช้ระบบจ่ายไฟที่มีความสมดุลระหว่างเสถียรภาพของแรงดันและความปลอดภัยให้สอดคล้องกับลักษณะโครงสร้างพื้นฐานของระบบรางในแต่ละโครงการ

เอกสารอ้างอิง

ธนัดชัย กุลวรวานิชพงษ์. (2557). แบบจำลองและการจำลองผลระบบการเคลื่อนที่รถไฟฟ้าหลายขบวน. เอกสารประกอบการสอน. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

Bozkaya, H. (1987). Analysis of the autotransformer fed railway electrification system [Doctoral dissertation, University of Birmingham]. University of Birmingham Research Archive.

Brenna, M., Foiadelli, F., & Zaninelli, D. (2018). Electrical railway transportation systems. IEEE Press/Wiley.

British Standards Institution. (2004). Railway applications — Supply voltages of traction system (BS EN 50163:2004).

Hill, R. J. (1994). Electric railway traction. Part 1: Electric traction infrastructure. Power Engineering Journal, 8(1), 47–56. https://doi.org/10.1049/pe:19940107

Kiessling, F., Puschmann, R., Schmieder, A., & Schneider, E. (2018). Contact lines for electrical railways: Planning, design, implementation, maintenance (3rd ed.). John Wiley & Sons.

Pilo, E., Rouco, L., Fernandez, A., & Hernandez-Velilla, A. (2000). A simulation tool for the design of the 2x25 kV feeding system. IEEE Transactions on Power Delivery, 15(3), 980–985. https://doi.org/10.1109/61.871374

Mariscotti, A. (2003). *Distribution of the return current of 2x25 kV-50 Hz railway systems*. IEEE Transactions on Power Delivery.

Steimel, A. (2008). Electric traction - Motive power and energy supply. Oldenbourg Industrieverlag.

European Committee for Electrotechnical Standardization. (2011). *Railway applications - Fixed installations - Electrical safety, earthing and the return circuit - Part 1: Protective provisions against electric shock* (EN 50122-1:2011).

ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นโรงลดความชื้นเมล็ดกาแฟ ด้วยระบบสมองกลฝังตัว

A Temperature and Humidity Control System for Coffee Bean Dehumidification by Embedded

ยอดเมือง ห่อ[1*] สุริยัน แสงหิรัญ[1] ศรัณรัตน์ คงมั่น[2] ปฐมพงศ์ จิโน[2]
กฤษณะ ร่มภูชัยพฤกษ์[2] ทินกฤต นฤธนันต์[2]
Yodmueang Ho[1*], Suriyan Sanghiran[1], Sarunrat Khongman[2], Pathompong Jino[2]
Krissana Romphuchaiyapruek[2] and Thinnakrit Naruethanan[2]
[1] สาขาวิศวกรรรมเครื่องกลและหุ่นยนต์การเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ 398 หมู่ 9 ตำบลนครสวรรค์ตก อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ 60000
[1] Mechanical and Agricultural Robotic Engineering, Faculty of Agricultural Technology and Industrial Technology, Nakhon Sawan Rajabhat University 398 Moo 9, Nakhon Sawan Tok, Mueang, Nakhon Sawan 60000
[2] สาขาวิศวกรรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ 398 หมู่ 9 ตำบลนครสวรรค์ตก อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ 60000
[2] Mechanical Engineering, Faculty of Agricultural Technology and Industrial Technology, Nakhon Sawan Rajabhat University 398 Moo 9, Nakhon Sawan Tok, Mueang, Nakhon Sawan 60000
*Corresponding author E-mail: yodmueang09@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบควบคุมสภาวะแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงลดความชื้นเมล็ดกาแฟ โดยเน้นการรักษาเสถียรภาพของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เพื่อยกระดับคุณภาพของเมล็ดกาแฟ ระบบที่พัฒนาขึ้นใช้ระบบสมองกลฝังตัวร่วมกับเซนเซอร์วัดสภาวะแวดล้อม 10 จุด เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงแบบเรียลไทม์ และใช้โหลดเซลล์ (Load Cell) พิกัด 200 กรัม

จากการทดสอบประสิทธิภาพระบบเป็นเวลา 4,080 นาที พบว่าสภาวะแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักรวัน โดยอุณหภูมิแกว่งตัวอยู่ในช่วง 26.00 ถึง 31.00 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์แปรผันผกผันอยู่ในช่วงร้อยละ 45 ถึง 65 ผลการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์วัดพบว่า อุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นส่งผลโดยตรงต่อค่าที่อ่านได้จากโหลดเซลล์ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยร้อยละ 1 (ประมาณ 2 กรัม) เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน อย่างไรก็ตาม ระบบสมองกลฝังตัวสามารถจัดเก็บข้อมูลและแสดงแนวโน้มการลดความชื้นได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งข้อมูลที่ได้สามารถนำไปพัฒนาอัลกอริทึมการชดเชยค่าความคลาดเคลื่อนจากอุณหภูมิ (Temperature Compensation) เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการประเมินระยะเวลาการอบแห้งที่เหมาะสม ช่วยลดความเสี่ยงจากการเกิดเชื้อราและรักษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเมล็ดกาแฟให้มีความสม่ำเสมอ

คำสำคัญ : ระบบสมองกลฝังตัว, การลดความชื้นเมล็ดกาแฟ, การควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

Abstract

This research aims to develop an automated environmental control system for a coffee bean dehumidification house, focusing on stabilizing temperature and relative humidity to enhance the quality of green coffee beans. The developed system utilizes an embedded system integrated with a 10-point environmental sensor network for real-time monitoring and a 200g load cell to track the weight loss of coffee beans for drying rate calculations.

The system performance was evaluated over a period of 4,080 minutes. The results indicated that the environmental conditions followed a diurnal cycle, with temperatures fluctuating between 26.00°C and 31.00°C, while relative humidity inversely varied from 45% to 65%. Analysis of measurement errors revealed that increased temperatures directly influenced the load cell readings, resulting in an average error of approximately 1% (roughly 2g) compared to the standard value. However, the embedded system effectively recorded and visualized drying trends continuously. These findings can be utilized to develop temperature compensation algorithms to improve measurement precision. This system significantly assists in determining optimal drying durations, reducing the risk of mold growth, and maintaining consistent sensory quality of the coffee beans.

Keywords : Embedded Systems, Coffee Bean Dehumidification, Temperature and Humidity Control

บทนำ (TH SarabunPSK 16 pt. หนา ชิดซ้าย)

คุณภาพของกาแฟพิเศษ (**Specialty Coffee)** ในประเทศไทยนั้น ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อรสชาติและกลิ่นสัมผัสเริ่มต้นตั้งแต่กระบวนการหลังการเก็บเกี่ยว (**Post-harvest processing)** โดยเฉพาะการลดความชื้นที่ต้องรักษาโปรไฟล์ของเมล็ดให้คงที่ (ประสิทธิ์ ใจคำ, 2565) ซึ่งหากกระบวนการอบแห้งไม่เหมาะสมจะส่งผลต่อคุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของเมล็ดกาแฟโดยตรง (กรกฎ ยงดี และคณะ, 2562) นอกจากนี้ ความชื้นที่หลงเหลืออยู่ในระดับสูงยังเป็นสาเหตุหลักของการปนเปื้อนเชื้อราและสารพิษในกาแฟสาร ซึ่งเป็นอุปสรรคสำคัญในการส่งออก (นันทกานต์ ภูมิลา, 2563)

ในปัจจุบัน เกษตรกรมักเผชิญกับข้อจำกัดของโรงอบแห้งแบบเดิมที่ไม่สามารถควบคุมสภาวะแวดล้อมได้โดยเฉพาะการกระจายตัวของอุณหภูมิและการไหลของอากาศภายในโรงเรือน (ธีรพงศ์ รัตนเดช, 2563) จากข้อมูลการทดสอบเบื้องต้นพบว่าอุณหภูมิมีการแกว่งตัวตามวัฏจักรวันในช่วง 26°C ถึง 31°C ส่งผลให้

ประสิทธิภาพการลดความชื้นระหว่างการตากธรรมชาติไม่มีความแน่นอนเมื่อเทียบกับโรงอบที่ใช้ระบบควบคุม (ธวัชชัย มะรุมดี, 2564) การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิดังกล่าวยังส่งผลกระทบโดยตรงต่อความแม่นยำของอุปกรณ์ตรวจวัดน้ำหนักหรือโหลดเซลล์ทำให้เกิดค่าความคลาดเคลื่อนที่ต้องได้รับการชดเชย (วิศรุต พลสิทธิ์, 2565)

การนำเทคโนโลยีระบบสมองกลฝังตัว (**Embedded Systems)** เข้ามาประยุกต์ใช้ในการติดตามสภาวะแวดล้อม จึงเป็นแนวทางสำคัญของการเกษตรแม่นยำในยุคปัจจุบัน (ชนินทร์ มหัทธนชัย, 2564) ระบบนี้สามารถทำงานร่วมกับเทคโนโลยีไอโอที (**IoT)** เพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนอัจฉริยะได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สิทธิชัย แสงจันทร์, 2563) โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งการระบบระบายอากาศหรือแหล่งความร้อนตามค่าที่ตรวจวัดได้จริง (อภิชาต สินธุวงษ์, 2562) อีกทั้งยังสามารถคำนวณการใช้พลังงานเพื่อให้ระบบอบแห้งลมร้อนขนาดเล็กทำงานได้อย่างคุ้มค่าที่สุด (บุญส่ง ชัยมงคล, 2565) นอกจากนี้ การติดตั้งระบบแจ้งเตือนผ่านสมาร์ทโฟนเมื่อสภาวะอากาศผิดปกติ ยังช่วยลดความเสี่ยงในการเน่าเสียของผลิตผล (เกียรติศักดิ์ สมบูรณ์, 2563) และช่วยให้การพัฒนาเครื่องอบแห้งเมล็ดกาแฟสามารถรักษามาตรฐานคุณภาพได้อย่างยั่งยืน (สมโภชน์ ประสาทเขตการ, 2564)

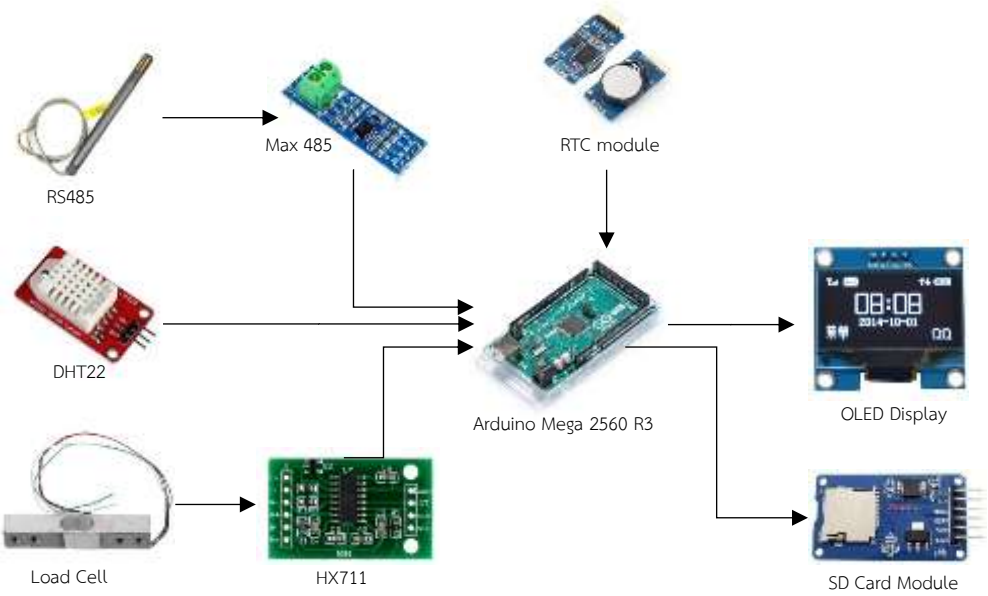
จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะ พัฒนาระบบตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และน้ำหนักเมล็ดกาแฟ พร้อมระบบบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ เพื่อช่วยให้เกษตรกรสามารถติดตามข้อมูลได้อย่างต่อเนื่อง ลดความเสี่ยงจากคุณภาพที่ไม่สม่ำเสมอ และเป็นพื้นฐานในการพัฒนาสู่ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติในอนาคต

วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินงานวิจัยมีขั้นตอนดังนี้

1.ศึกษาและรวบรวมข้อมูล การเก็บรักษาเมล็ดกาแฟโดยสัมภาษณ์จากเกษตรกรผู้เชี่ยวชาญ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นำข้อมูลที่ได้มาพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ทั้งส่วนที่เป็นฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์โดยเฉพาะอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ วิธีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ การควบคุม การบันทึกผลและการเขียนโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์

2.การออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิความชื้นและบันทึกผล โครงสร้างการทำงานของระบบ ใช้บอร์ด Arduino Mega 2560 ทำหน้าที่ในการควบคุมการทำงานของระบบทั้งหมดโดยรับค่าอุณหภูมิและความชื้น เพื่อใช้ในการตรวจสอบสั่งการทำงานและบันทึกผล ดังแสดงในภาพที่ 1

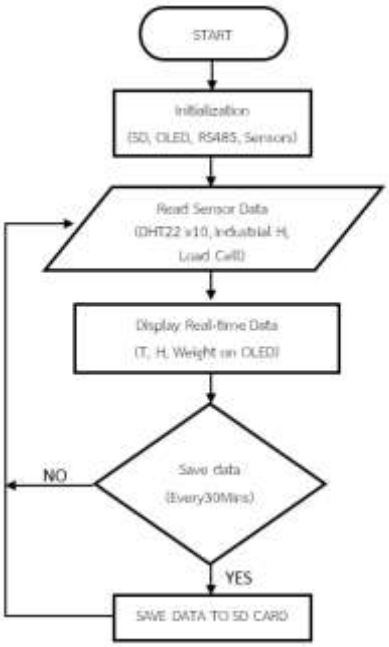


ภาพที่ 1 โครงสร้างการทำงานของระบบ

จากภาพที่ 1 โครงสร้างการทำงานของระบบ โครงสร้างการทำงานของระบบถูกออกแบบโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560 R3 เป็นหน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit) โดยสามารถแบ่งส่วนการทำงานออกเป็น 3 ส่วนหลัก ดังนี้ 1. ส่วนรับสัญญาณเข้า (Input Section) ระบบทำการรับข้อมูลจากเซนเซอร์ 3 รูปแบบ ประกอบด้วย RS485 Sensor: รับส่งข้อมูลผ่านโมดูลแปลงสัญญาณ MAX485, DHT22 Sensor ตรวจวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศแบบดิจิทัล, Load Cell ตรวจวัดน้ำหนักโดยส่งสัญญาณอนาล็อกผ่านโมดูล HX711 เพื่อขยายสัญญาณและแปลงเป็นข้อมูลดิจิทัล (ADC) ก่อนส่งเข้าสู่หน่วยประมวลผล 2. ส่วนประมวลผลและควบคุมเวลา (Processing & Timing Section) Arduino Mega 2560 R3: ทำหน้าที่รับข้อมูลจากเซนเซอร์ทั้งหมดมาประมวลผลตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ใน Algorithm, RTC Module ทำหน้าที่รักษาเวลามาตรฐาน (Real-Time Clock) เพื่อให้ระบบสามารถบันทึกเวลาที่เกิดเหตุการณ์จริง (Timestamp) ลงในข้อมูลที่จัดเก็บได้แม่นยำ 3. ส่วนแสดงผลและบันทึกข้อมูล (Output & Storage Section) ประกอบด้วย OLED Display แสดงผลค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์และสถานะการทำงานของระบบแบบ Real-time บนหน้าจอขนาดเล็ก และ SD Card Module ทำหน้าที่บันทึกข้อมูลทั้งหมดลงใน SD Card เพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ผลในภายหลัง

3.การพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น การพัฒนาโปรแกรม ใช้ภาษา C/C++ บนโปรแกรม Arduino IDE การทำงานของระบบควบคุมและบันทึกข้อมูลถูกออกแบบให้ทำงานเป็นวงจรปิด (Loop) โดยมีขั้นตอนหลักดังนี้ เมื่อเริ่มต้นการทำงาน (START) ระบบจะเข้าสู่ขั้นตอน Initialization เพื่อเตรียมความพร้อมของอุปกรณ์เชื่อมต่อทั้งหมด ได้แก่ โมดูลบันทึกข้อมูล (SD Card), จอแสดงผล (OLED), การสื่อสารผ่านโปรโตคอล RS485 และเซนเซอร์วัดค่าต่างๆ ในระบบ การอ่านค่าจากเซนเซอร์ (Read Sensor Data) ระบบจะ

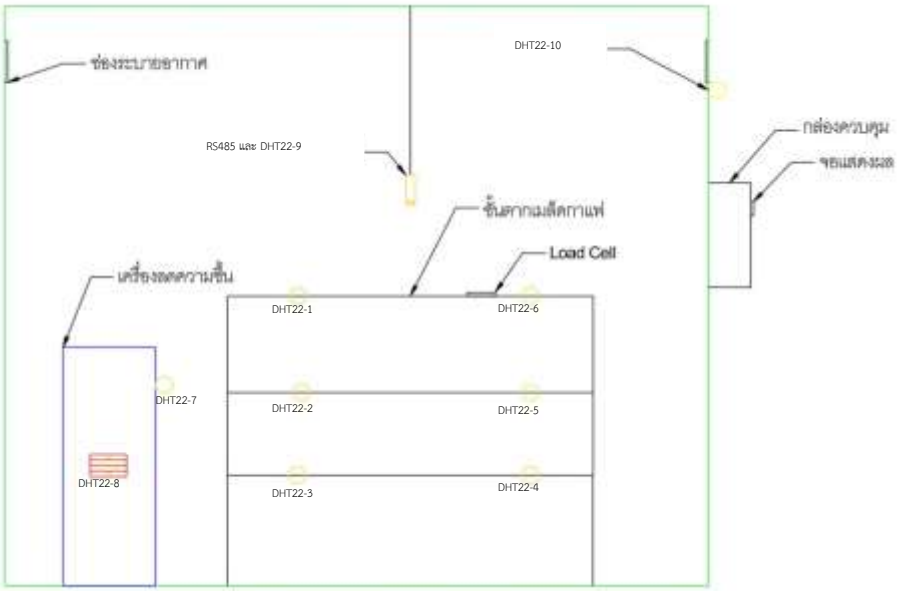
ทำการอ่านข้อมูลจากเซนเซอร์ที่ติดตั้งไว้ ประกอบด้วย DHT22 อ่านค่าอุณหภูมิและความชื้นจากเซนเซอร์จำนวน 10 จุด อ่านค่าความชื้นจากเซนเซอร์เกรดอุตสาหกรรม (ผ่าน RS485) Load Cell: อ่านค่าน้ำหนักจากเครื่องชั่งดิจิทัล ข้อมูลที่อ่านได้ (อุณหภูมิ T, ความชื้น H และน้ำหนัก Weight) จะถูกส่งไปประมวลผลและแสดงผลทันทีผ่านทาง OLED Display เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถติดตามสภาวะปัจจุบันได้แบบ Real-time



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

เงื่อนไขการบันทึกข้อมูล (Decision - Save Data) ระบบจะตรวจสอบเงื่อนไขของเวลา (Every 30 Mins) กรณีที่ไม่ครบกำหนด (NO) ระบบจะวนกลับไปอ่านค่าเซนเซอร์ใหม่ (Read Sensor Data) เพื่ออัปเดตข้อมูลบนหน้าจอ OLED ต่อไป กรณีที่ครบกำหนด (YES): ระบบจะส่งคำสั่งไปยังส่วนถัดไปเพื่อทำการบันทึกข้อมูลลงใน SD Card เพื่อเก็บเป็นฐานข้อมูลย้อนหลัง หลังจากบันทึกเสร็จสิ้น ระบบจะวนกลับไปเริ่มต้นอ่านค่าเซนเซอร์ใหม่อีกครั้งเพื่อทำงานต่อไปอย่างต่อเนื่อง ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม ดังแสดงในภาพที่ 2

4.การทดสอบการทำงานของระบบ ใช้การเปรียบเทียบค่าของอุณหภูมิและความชื้น ระหว่างชุดเครื่องมือที่ติดตั้งจำนวน 10 ตัว กับเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศที่มาตรฐาน สามารถบันทึกข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้น น้ำหนัก ได้ตามเวลาที่กำหนด โดยตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตามภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์

ผลการวิจัย

การพัฒนาโปรแกรมควบคุมระบบ

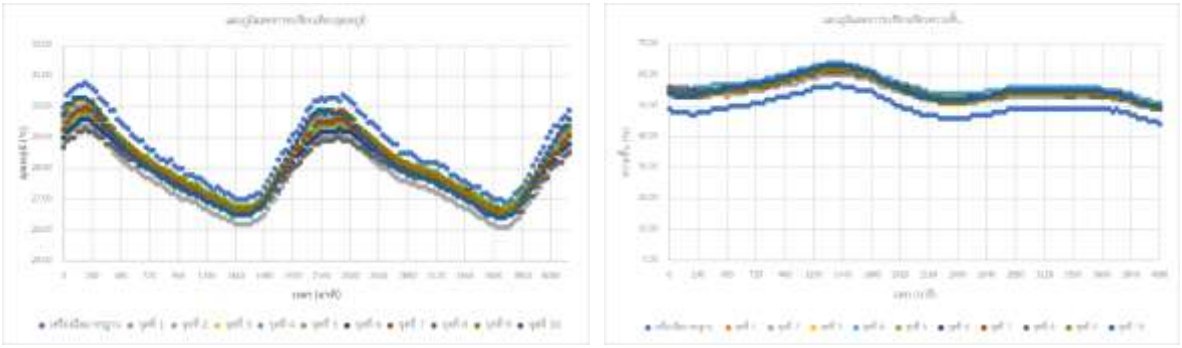
ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาโปรแกรมสำหรับควบคุมการทำงานของระบบสมองกลฝังตัว โดยการเขียนโปรแกรมครั้งนี้ใช้ภาษาซี (C/C++) ผ่านแพลตฟอร์ม Arduino IDE ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 โปรแกรมควบคุมการทำงานของอุปกรณ์

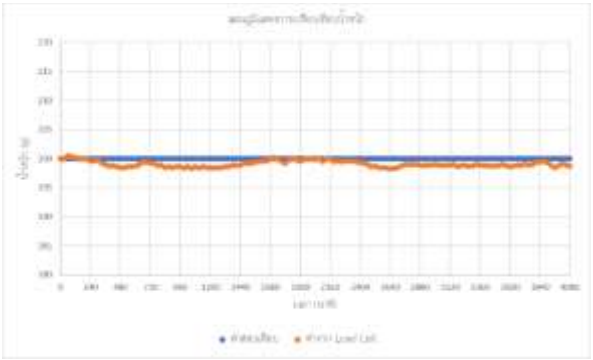
การทดสอบการทำงานของระบบ

การทดสอบการอ่านค่าของอุณหภูมิ ความชื้นของระบบ และน้ำหนัก เริ่มจากนำข้อมูลที่บันทึกไว้ในฐานข้อมูล โดยที่ระบบทำการบันทึกข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นไว้ มาเปรียบเทียบกับค่าอุณหภูมิและความชื้นจากกับเครื่องมือมาตรฐาน โดยใช้ข้อมูลจำนวน 68 ชั่วโมง บันทึกข้อมูลตลอด 24 ชั่วโมง เพื่อทำการวิเคราะห์การทำงานของระบบ ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิและความชื้น

จากการพิจารณากราฟแผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิลักษณะการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ (Temperature Profile) รูปแบบวัฏจักรอุณหภูมิมีการขึ้นและลงเป็นรอบที่ชัดเจน 3 รอบ โดยมีค่าสูงสุดในช่วงกลางวันและต่ำสุดในช่วงกลางคืนช่วงอุณหภูมิแกว่งตัว 26.00°C ถึง 31.00°C ลักษณะการแกว่งตัวของอุณหภูมิเป็นไปในทิศทางเดียวกันทั้ง 10 จุด แต่มีค่าต่างกันเนื่องจากตำแหน่งการติดตั้งต่างกัน ส่วนกราฟความชื้นสัมพัทธ์ในระบบแกว่งตัวอยู่ในช่วงประมาณ 45% ถึง 65% เมื่อเปรียบเทียบกับกราฟอุณหภูมิ จะเห็นว่าในช่วงที่อุณหภูมิต่ำสุด (ประมาณนาทีที่ 1,440) ความชื้นจะพุ่งขึ้นสูงสุด (60-65%) และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ความชื้นจะลดต่ำลง ซึ่งเป็นไปตามหลักการทางฟิสิกส์ของอากาศ



ภาพที่ 6 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบน้ำหนัก

ผลการทดสอบการเปรียบเทียบน้ำหนัก ระหว่างค่าสอบเทียบและค่าที่อ่านได้จริงจากอุปกรณ์ (Load Cell) ในช่วงเวลา 4,080 นาที พบว่า การเปรียบเทียบค่าสอบเทียบเป็นเส้นตรงคงที่อยู่ที่ 200 กรัม ซึ่งใช้เป็นค่าอ้างอิง (Set point) ค่าจาก Load Cell แกว่งตัวอยู่ในช่วงประมาณ 198 - 200.5 กรัม ซึ่งอาจเกิดจากความแม่นยำ (Accuracy Class) ระดับ C2 หรือ C3 (ผิดพลาดประมาณ 0.02% - 0.05%) และลมจากเครื่องลดความชื้นทำให้มีการแกว่งตัวของค่าที่วัดได้

วิจารณ์ผล

ผลการพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นโรงลดความชื้นเมล็ดกาแฟ ด้วยระบบสมองกลฝังตัว ด้านประสิทธิภาพของระบบพบว่า สามารถเก็บบันทึกข้อมูลได้ทุกจุดตามที่ตั้งค่าไว้ ลักษณะข้อมูลที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ ชัยวิชิต ไพรินทราภา (2023) การพัฒนาระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเก็บเมล็ดกาแฟ ซึ่งพบว่าการใช้ระบบช่วยในการเก็บข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถลดการใช้แรงงานในการเก็บข้อมูล เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับเมล็ดกาแฟได้ อีกทั้งยังสอดคล้องกับ สุรเกียรติ ทองเกียรติ (2568) การพัฒนาระบบติดตามและควบคุมโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตประสานสรรพสิ่ง กรณีศึกษา : กระบวนการอบแห้งเมล็ดกาแฟ พบว่า การปรับปรุงกระบวนการอบแห้งเมล็ดกาแฟ ซึ่งพัฒนาระบบและเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตประสานสรรพสิ่งที่สามารถตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้น และพลังงานไฟฟ้าผ่านสมาร์ทโฟนและบันทึกข้อมูลผ่านระบบคลาวด์ สามารถลดระยะเวลาในกระบวนการอบแห้งเหลือเฉลี่ย 13 วัน หรือคิดเป็นร้อยละ 37.95 สิ่งนี้ช่วยให้ให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต เพิ่มความสม่ำเสมอของคุณภาพเมล็ดกาแฟและลดความสูญเสียในกระบวนการผลิต นอกจากนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์แปรรูปเกษตรอื่นได้อีกด้วย

สรุปผล

ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นโรงลดความชื้นเมล็ดกาแฟด้วยระบบสมองกลฝังตัว การทดสอบการอ่านค่าของอุณหภูมิ ความชื้นของระบบ และน้ำหนัก สามารถข้อมูลที่บันทึกไว้ในฐานข้อมูล จำนวน 68 ชั่วโมง บันทึกข้อมูลตลอด 24 ชั่วโมง โดยข้อมูลครบถ้วน และมีค่าใกล้เคียงกับ เครื่องมือมาตรฐาน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณงบประมาณจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ปีงบประมาณ พ.ศ. 2569 (FF.69) และสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

เอกสารอ้างอิง

กรกฎ ยงดี, รัตนา ตั้งวงศ์กิจ, และ ประสิทธิ์ ใจคำ. 2562. ผลของอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีของกาแฟอราบิก้า. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า: 37(2), 245-254.

เกียรติศักดิ์ สมบูรณ์. 2563. การพัฒนาระบบแจ้งเตือนสภาวะอากาศผิดปกติในคลังสินค้าเกษตรผ่านสมาร์ทโฟน. วารสารคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ: 16(2), 54-63.

ชนินทร์ มหัทธนชัย. 2564. การประยุกต์ใช้ระบบสมองกลฝังตัวสำหรับการติดตามสภาวะแวดล้อมในการเกษตรแม่นยำ. วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ: 17(1), 112-120.

ธีรพงศ์ รัตนเดช. 2563. การจำลองพฤติกรรมการไหลของอากาศและการกระจายตัวของอุณหภูมิในเครื่องอบแห้งเมล็ดธัญพืช. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: 33(104), 12-25.

ธวัชชัย มะรุมดี. 2564. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดความชื้นระหว่างโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบน็อคดาวน์กับการตากธรรมชาติ. วารสารวิจัยพลังงาน, 18(1), 22-35.

นันทกานต์ ภูมิลา. 2563. ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดเชื้อราและสารพิษจากเชื้อราในกระบวนการผลิตกาแฟสาร. วารสารวิชาการเกษตร: 38(3), 312-325.

บุญส่ง ชัยมงคล. 2565. การใช้ระบบสมองกลฝังตัวเพื่อประหยัดพลังงานในระบบอบแห้งลมร้อนขนาดเล็ก. วารสารเทคโนโลยีและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม: 8(3), 145-158.

ประสิทธิ์ ใจคำ. 2565. การประเมินคุณภาพกาแฟพิเศษไทยด้วยระบบการให้คะแนนมาตรฐานสากล. วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร: 53(1), 45-58.

วิศรุต พลสิทธิ์. 2565. การเพิ่มประสิทธิภาพการวัดด้วยโหลดเซลล์โดยการชดเชยผลกระทบจากอุณหภูมิ. วารสารอุตสาหกรรมเทคโนโลยี: 5(2), 33-46.

สมโภชน์ ประสาทเขตการ. 2564. การพัฒนาเครื่องอบแห้งเมล็ดกาแฟแบบถังหมุนโดยใช้ลมร้อนร่วมกับรังสีอินฟราเรด. วารสารวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์: 16(1), 89-102.

สิทธิชัย แสงจันทร์. 2563. การพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนอัจฉริยะโดยใช้เทคโนโลยีไอโอที. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: 27(2), 15-28.

อภิชาต สินธุวงษ์. 2562. การออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับการอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ: 29(4), 678-688.

การศึกษาวิจัยออกแบบแม่พิมพ์อัดหุ้มชิ้นงานด้วยฝาขวดพลาสติกใช้แล้ว

Research and Study on Designing Compression Mold to Wrap Parts Using Recycled Plastic Bottle Caps.

จักรกฤษณ์ ยิ้มแฉ่ง[1*] ติณณภพ วิภาวิน[1] ตนุภัทร วิภาวิน[1] พุฒิพงศ์ สกุลแก้วแท้[1]
ประเสริฐ ชุมปัญญา[2] และธวัชชัย ชาติตำนาญ[3]
Jakkrit Yimchang[1*] Tinnphop Vipawin[1] Tanupat Vipawin[1] Phutthiphong[1] Prasert Chumpanya[2] and Thawachchai Chattamnan[3]
[1] สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องมือและแม่พิมพ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพมหานคร 10800
[1] Tool and Die Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangaly University of Technology Phranakhon 10800
*Corresponding author E-mail: jakkrit.y@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างแม่พิมพ์อัดหุ้มชิ้นงานด้วยฝาขวดพลาสติกใช้แล้ว และเพื่อทดสอบสมรรถนะของแม่พิมพ์โลหะสำหรับอัดหุ้มชิ้นงาน วิธีการวิจัยศึกษากระบวนการอัดขึ้นรูปฝาขวดพลาสติกใช้แล้วชนิดโพลีเอทธิลีนความหนาแน่นสูง (HDPE) หมายเลข2 วิเคราะห์ปัญหากระบวนการอัดหุ้มชิ้นงานด้วยเครื่องอัดความร้อน ออกแบบแม่พิมพ์อัดขึ้นรูปหุ้มชิ้นงานรูปทรงที่เปิดขวด ประกอบด้วย 1.แม่พิมพ์ตัวบน 2.แม่พิมพ์ตัวล่าง ออกแบบชิ้นงานการอัดหุ้มที่ความหนาขนาด 4 ± 0.1 มิลลิเมตร ผลการวิจัยสมรรถนะแม่พิมพ์อัดหุ้มฝาขวดพลาสติกใช้แล้ว จำนวน 25 ชิ้น มีค่าเฉลี่ยความหนาเท่ากับ 3.99 มิลลิเมตรต่อชิ้น และวิเคราะห์กระบวนการใช้ความร้อนกับแม่พิมพ์อัดด้วยเครื่องอัดความอุณหภูมิร้อนที่เหมาะสม 140 อาศาเซลเซียส ที่เวลาการอัดหุ้มชิ้นงาน 120 วินาที พบว่าชิ้นงานมีขนาดความหนาเฉลี่ยคิดเป็น 99.75 เปอร์เซ็น ตามการออกแบบ

คำสำคัญ : ออกแบบแม่พิมพ์อัด การขึ้นรูป พลาสติก

Abstract

This research aims to design and fabricate a compression mold for wrapping used plastic bottle caps and to test the performance of the metal mold for this purpose. The research methodology studies the compression molding process of high-density polyethylene (HDPE) No. 2 used plastic bottle caps. Problems in the compression molding process using a heat press were analyzed. A compression mold for wrapping bottle opener-shaped parts was designed,

consisting of two parts: 1. an upper mold and 2. a lower mold. Design a compression wrap piece with a thickness of 4 ±0.1 millimeters. The results showed that 25 pieces of the compression molded used plastic bottle caps had an average thickness of 3.99 millimeters per piece. Analysis of the heating process using a heat press revealed an optimal temperature of 140 degrees Celsius for a compression time of 120 seconds. The resulting pieces achieved an average thickness of 99.75%, as designed

Keywords : design compression mold, Forming , plastic

บทนำ

ขยะพลาสติก ก่อให้เกิดปัญหาด้านมลภาวะ ต่าง ๆ ปัจจุบันประเทศไทยประสบปัญหาหลายด้าน วิธีแก้ไขขยะพลาสติก ด้วยกลไกล (Reuse Reduce และ Recycle) เป็นการปรับนำทรัพยากรไปใช้อย่างคุ้มค่าและเกิด ประโยชน์สูงสุดด้วยการนำวัสดุเหลือทิ้งหรือขยะมาผ่านกระบวนการออกแบบเพื่อสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่เปลี่ยนจากวัสดุเหลือทิ้งให้เป็นสินค้านำไปต่อยอดเพื่อสร้างอาชีพและเสริมรายได้ อีกทั้งเป็นการส่งเสริมภาวะการมีงานทำอีกทางหนึ่ง โดยขวดบรรจุน้ำดื่มพลาสติก เป็นขยะพลาสติกจำนวนมากที่มีอยู ในทุกพื้นที่ มีการนำตัวขวดไปใช้ประโยชน์อย่างหลากหลาย แต่ในส่วนของฝาขวดพลาสติกซึ่งเป็นขยะพลาสติก ประเภทหนึ่งที่มีหลากสีสันสวยงาม กลับเป็นชนิดที่ขาดการจัดการที่จริงจังเหมือนกับพลาสติกชนิดอื่น ๆ แนวทางการ แก้ปัญหาโดยการนำขยะพลาสติกประเภทฝาขวดน้ำพลาสติก มาทำเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการออกแบบและใช้เทคโนโลยีการขึ้นรูปประเภทแม่พิมพ์อัด (Compression Molding) ผ่านการทดลองที่สมบูรณ์ เพื่อเป็นการนำร่องยกระดับสินค้าเพิ่มทางเลือก เข้าถึงกลุ่มเป้าหมาย สร้างแรงบันดาลใจให้ตระหนักถึงปัญหาภาวะโลกร้อนจากการเพิ่มขึ้นของขยะและกลับมาสนใจผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากขยะเพิ่มมากขึ้น กระบวนการอัดหุ้มชิ้นงาน (Compression Molding) เป็นเทคนิคหนึ่งที่สามารถนำวัสดุพลาสติกมาแปรรูปให้หุ้มชิ้นงานหรือชิ้นส่วนภายในได้ โดยอาศัยแรงดันและความร้อนจากแม่พิมพ์ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวสามารถช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุพลาสติกใช้แล้ว และลดการใช้วัตถุดิบใหม่ การออกแบบแม่พิมพ์อัดหุ้มให้เหมาะสมกับการใช้ฝาขวดพลาสติกใช้แล้วเป็นวัตถุดิบยังคงเป็นประเด็นที่ต้องมีการศึกษา ทั้งในด้านโครงสร้างแม่พิมพ์ การกระจายแรงดัน การไหลของวัสดุ และคุณภาพของชิ้นงานที่ได้

อย่างไรก็ตาม ความสำเร็จของกระบวนการอัดหุ้มชิ้นงานขึ้นอยู่กับการออกแบบแม่พิมพ์เป็นสำคัญ ทั้งในด้านโครงสร้างแม่พิมพ์ รูปทรงโพรงแม่พิมพ์ การกระจายแรงดันและความร้อน รวมถึงการไหลตัวของวัสดุพลาสติกภายในแม่พิมพ์ หากการออกแบบแม่พิมพ์ไม่เหมาะสม อาจทำให้เกิดปัญหาต่าง ๆ เช่น การอัดไม่เต็มโพรง การกระจายวัสดุไม่สม่ำเสมอ การเกิดโพรงอากาศ หรือคุณสมบัติทางกลของชิ้นงานไม่เป็นไปตามที่ต้องการ

ดังนั้น การออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์อัดหุ้มที่เหมาะสมกับการใช้ฝาขวดพลาสติกใช้แล้วเป็นวัตถุดิบจึงเป็นประเด็นที่ควรได้รับการศึกษาอย่างเป็นระบบ

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์สำหรับกระบวนการอัดหุ้มชิ้นงานโดยใช้ฝาขวดพลาสติกใช้แล้วเป็นวัตถุดิบ เพื่อให้สามารถนำวัสดุเหลือใช้กลับมาใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดปริมาณขยะพลาสติก และสนับสนุนแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) ตลอดจนเป็นแนวทางในการพัฒนาเทคโนโลยีการรีไซเคิลพลาสติกในเชิงอุตสาหกรรมต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษากระบวนการเตรียมฝาพลาสติก

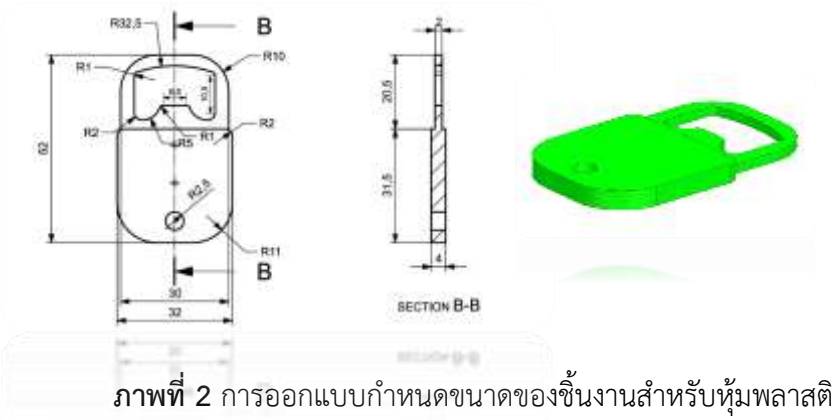
การหุ้มชิ้นงานด้วยพลาสติกจากฝาขวดน้ำพลาสติกที่ใช้แล้ว เป็นขยะพลาสติกที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ชนิด โพลีเอทธิลีนความหนาแน่นสูง (HDPE) หมายเลข2 จุดหลอมเหลวค่อนข้างสูงประมาณ 120–130 องศาเซลเซียส จัดอยู่ในประเภทเทอร์โมพลาสติก (thermoplastic) พลาสติกประเภทนี้เมื่อได้รับความร้อนจะอ่อนตัวและเปลี่ยนรูปร่างได้ เมื่อเย็นลงจะแข็งตัว ถ้าให้ความร้อนอีกจะอ่อนตัว จึงสามารถทำให้กลับมาใช้ใหม่ได้ซ้ำไปมาหลายครั้ง โดยโครงสร้างไม่เปลี่ยนแปลง



ภาพที่ 1 กระบวนการเตรียมฝาพลาสติกโพลีเอทธิลีนความหนาแน่นสูง (HDPE) หมายเลข2

การออกแบบกำหนดขนาดของชิ้นงานสำหรับหุ้มพลาสติก

การออกแบบกำหนดนาดชิ้นงานโดยใช้รูปทรงของที่เปิดขวด การออกแบบชิ้นงานโดยใช้โปรแกรม เอ็นเอ๊กซ์ เวอร์ชั่น 2007 (NX 2007) กำหนดสมมุติฐานความหนาที่เหมาะสมของการอัดหุ้มที่ความหนาพลาสติก ขนาด 4±0.1 มิลลิเมตร



ภาพที่ 2 การออกแบบกำหนดขนาดของชิ้นงานสำหรับหุ้มพลาสติก

การสร้างแม่พิมพ์อัดสำหรับหุ้มพลาสติก

ใช้เครื่องมิลลิ่งในการปรับขนาดเหล็ก (Core และ Cavity) ให้ได้ขนาดตามแบบ (Milling Machine) และเครื่องจักรอัตโนมัติ (CNC Machine) เพื่อให้ได้ขนาดตรงตามแบบ ทำการเจียรไน ลดความหนาและปรับผิวละเอียดแผ่น (Cavity Plate, Core Plate) กระบวนการนี้มุ่งเน้นในการลดความหนาและปรับผิวชิ้นงานให้ราบเรียบให้ได้ตามขนาดที่ต้องการ และในขณะเดียวกันก็ปรับผิวให้มีความละเอียดสูงเพื่อลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดจากการทำงานในขั้นตอนอื่นๆ ให้ได้ขนาด จากนั้นกัดขึ้นรูปแผ่น (Cavity) และ (Core) โดยใช้แคมซอฟต์แวร์ของโปรแกรม (NX) ในการกัดขึ้นรูปช่วยให้สามารถสร้างชิ้นงานที่มีความซับซ้อนได้อย่างแม่นยำ โดยซอฟต์แวร์จำคำนวณและกำหนดเส้นทางการทำงานของเครื่องจักรเพื่อให้การกัดขึ้นรูปเป็นไปตามรูปทรงและขนาดที่ต้องการอย่างมีประสิทธิภาพ ใช้เครื่องกลึงในการขึ้นรูปชิ้นส่วน (Guide) ให้ได้ขนาดตามแบบเพื่อที่จะนำไปสวมอัดกับแผ่น (Cavity Guide) มีไว้สำหรับล็อคตำแหน่งให้ (Core และ Cavity) ลงมาสวมกันได้ตรงและได้ชิ้นงานที่ตรงตามแบบ



ภาพที่ 3 ชุดแม่พิมพ์อัดส่วนบนและส่วนล่าง

การออกแบบการทดลองเพื่อหาช่วงอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมสำหรับหุ้มพลาสติก (Pre heat)

สร้างสมมุติฐานการหลอมละลายของฝาพลาสติกชนิดโพลีเอทธิลีนความหนาแน่นสูง (HDPE) หมายเลข 2 (มาตราฐานจุดหลอมละลาย 120-130 องศาเซลเซียส) เพิ่มทีละ 10 องศาเซลเซียส ผู้วิจัยทำการบดฝาพลาสติก จากนั้นตั้งอุณหภูมิเครื่องอัดที่ความร้อน 130 องศาเซลเซียส ถึง 160 องศาเซลเซียส (สล้าง อุดมกิจมงคล, 2557) ตามลำดับและใช้ช่วงเวลาตามสมมุติฐาน 120 วินาที 150 วินาที และ 210 วินาที เพื่อหาตัวแปรการใช้อุณหภูมิที่เหมาะสม

ตารางที่ 1 สมมุติฐานการหลอมละลายของฝาพลาสติก

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ช่วงเวลาตามสมมุติฐาน (Pre heat)			วิเคราะห์ด้านความร้อน
	120 วินาที	150 วินาที	210 วินาที	
130				เนื้อพลาสติกประสานตัวไม่สม่ำเสมอ
140				เนื้อพลาสติกประสานตัวสม่ำเสมอ
150				เนื้อพลาสติกประสานตัวเริ่มมีรอยไหม้
160				เนื้อพลาสติกประสานตัวมีฟองอากาศมีรอยไหม้

จากตารางที่ 1 ผลการกำหนดช่วงเวลาตามสมมุติฐานจากนั้นตั้งอุณหภูมิเครื่องอัดที่ความร้อน 130 องศาเซลเซียส ถึง 160 องศาเซลเซียส ตามลำดับและใช้ช่วงเวลาตามสมมุติฐาน 120 วินาที 150 วินาที และ

210 วินาที ชิ้นงานมีความแตกต่างกันตามช่วงอุณหภูมิและช่วงเวลาที่ใช้ในการอัด การตรวจสอบชิ้นงานพบว่าช่วงอุณหภูมิ ที่140 องศาเซลเซียส เวลาการอบ 120 วินาที ชิ้นงานมีความสมบูรณ์ที่สุด

การทดสอบสมรรถนะแม่พิมพ์อัดหุ้มชิ้นงาน

นำผลทดสอบการหลอมละลายฝาพลาสติกใช้แล้ว จากตารางที่ 1 ตามสมมุติฐานและตามแบบที่กำหนด ทำการทดลองอัดหุ้มชิ้นงานที่อุณหภูมิความร้อน 140 องศาเซลเซียส เวลาการอัดหุ้มชิ้นงาน 120 วินาที จำนวนชิ้นงาน 25 ชิ้น ลดอุณหภูมิแม่พิมพ์ด้วยน้ำหล่อเย็น และตรวจสอบขนาดความหนาตามลำดับ



ภาพที่ 4 การเปิดแม่พิมพ์อัดส่วนบนและส่วนล่าง



ภาพที่ 5 ชิ้นงานที่ผ่านการอัดหุ้มด้วยแม่พิมพ์



ภาพที่ 6 วัดความหนาชิ้นงานที่ผ่านการอัดหุ้มด้วยแม่พิมพ์

ผลการวิจัย

ผลการทดสอบสมรรถนะของแม่พิมพ์อัดหุ้มขึ้นรูปฝาขวดพลาสติก ผู้วิจัยได้กำหนดการตรวจสอบค่าความหนาหลังการอัดหุ้มพลาสติก ตรวจสอบด้วยเครื่องมือวัดชนิดเวอร์เนียดิจิตอล ดังภาพที่ 6 การวัดความหนาโดยใช้บุคคล 2 คนในการตรวจสอบชิ้นงาน

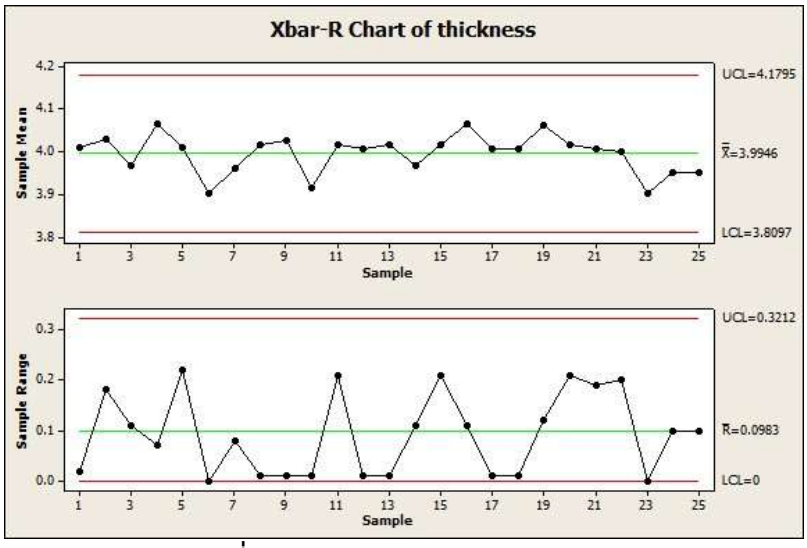
ตารางที่ 2 ค่าความหนาชิ้นงานจากการอัดหุ้มพลาสติก

ครั้งที่	ค่าความหนาชิ้นงาน ขนาด 4 ± 0.1 (มิลลิเมตร)			
	T1	T2	$\bar{x}$	R
1	4.02	4.00	4.01	0.02
2	3.94	4.12	4.03	0.18
3	4.02	3.91	3.96	0.11
4	4.03	4.10	4.06	0.07
5	4.12	3.90	4.01	0.22
6	3.90	3.90	3.90	0
7	3.92	4.00	3.96	0.08
8	4.02	4.01	4.01	0.01
9	4.03	4.02	4.02	0.01
10	3.92	3.91	3.91	0.01
11	3.91	4.12	4.01	0.01
12	4.00	4.01	4.05	0.01
13	4.02	4.01	4.01	0.01
14	3.91	4.02	3.96	0.11
15	4.12	3.91	4.01	0.21
16	4.01	4.12	4.06	0.11
17	4.00	4.01	4.00	0.01
18	4.00	4.01	4.00	0.01
19	4.12	4.00	4.06	0.12
20	3.91	4.12	4.01	0.21
21	4.10	3.91	4.00	0.19
22	3.90	4.10	4.00	0.20
23	3.90	3.90	3.90	0
24	4.00	3.90	3.95	0.10

25	3.90	4.00	3.95	0.10
		ค่าเฉลี่ย	3.99	0.12

จากตารางที่ 2 ได้ทดสอบสมรรถนะแม่พิมพ์อัดหุ้มฝาขวดพลาสติก จำนวน 25 ครั้ง พบว่า อุณหภูมิความร้อนแม้พิมพ์อัดที่140 องศาเซลเซียส เวลาอัด 120 วินาที ชิ้นงานมีขนาดความหนามากสุด 4.12 มิลลิแมตร และมีความหนาน้อยสุด3.90 มิลลิเมตร ค่าเฉลี่ยในการอัดหุ้มพลาสติก 3.99 มิลลิเมตร

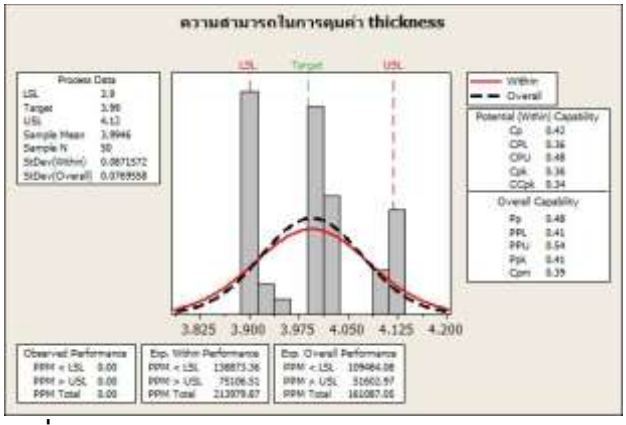
ผลควบคุมค่าวัดและการกระจายตัวของกระบวนการ คือการใช้แผนภูมิควบคุม (**Control Chart)** เพื่อตรวจสอบการกระจายตัวของค่าความหนาของชิ้นงานที่ได้จากการทดสอบสมรรถนะของแม่พิมพ์อัดหุ้มฝาขวดพลาสติกใช้แล้ว



ภาพที่ 7 แผนภูมิควบคุม Control Chart

จากภาพที่ 7 แผนภูมิควบคุม (Control Chart) จะปรากฏข้อมูลจากการวัดความหนาของชิ้นงานไม่มีออกนอกเส้น จากทั้งหมด 25 จุด ซึ่งถือว่าความหนาอยู่ในพิกัด สรุปได้ว่าการทดสอบสมรรถนะแม่พิมพ์อัดหุ้มฝาขวดพลาสติก สามารถผลิตชิ้นงานออกมาอยู่ภายใต้เส้นควบคุม 100 เปอร์เซ็นต์

ผลควบคุมค่าวัดค่า Cpk (Process Capability Index) คือ ดัชนีทางสถิติที่ใช้วัดว่ากระบวนการผลิต มีความสามารถ ในการผลิตสินค้าให้อยู่ภายใน ขีดจำกัดที่กำหนด (Specification Limits)



ภาพที่ 8 แผนภูมิค่า Cpk (Process Capability Index)

จากภาพที่ 8 คำนึงถึงทั้งความแปรปรวน (Variation) และการเลื่อนศูนย์ (Shift) ของกระบวนการ ยิ่งค่า Cpk สูง (เช่น > 1.33) หรือค่า (CP) ให้ใกล้เคียง ค่า (CpK) แสดงว่ากระบวนการมีคุณภาพดี สามารถผลิตสินค้าได้ตรงตามข้อกำหนดมากขึ้น และมีโอกาสเกิดของเสีย (Defect) น้อยลง

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามผู้วิจัยพบว่าการออกแบบผลิตภัณฑ์จากขยะพลาสติกโดยออกแบบให้ตอบโจทย์กับกลุ่มผู้บริโภคคือมีความทันสมัยเรียบง่าย โดยผู้วิจัยได้เลือกใช้ งานพลาสติกชนิด โพลิเอทธิลีนความหนาแน่นสูง (HDPE) เบอร์2 และโพรพิลีน (PP) เบอร์ 5 ออกแบบ รูปแบบของชิ้นงานพลาสติกให้เป็นชิ้น โดยมีลักษณะรูปทรงตัว M และตัว i ซึ่งเป็นตัวอักษรที่ประกอบอยู่ใน ชื่อแบรนด์ Mia compassion จากนั้นจึงมาร้อยต่อกันเพื่อสร้างลายเอกลักษณ์เฉพาะสำหรับแบรนด์ ผู้วิจัย เลือกวิธีการจัดการกับวัสดุด้วยเครื่องอัดความร้อน จนได้แผ่นพลาสติกตามความหนาและสีที่ตามต้องการ จากนั้นจึงนำมาเข้ากระบวนการฉลุเป็นชิ้นตามแบบ แล้วนำมาร้อยต่อกันเป็นกระเป๋า 4 รูปแบบ โดยมีการใช้ วัสดุเสริมเป็นห่วงสแตนเลสกลมและสายโลหะ เพื่อการใช้งานที่คงทน และยกระดับขยะพลาสติก ให้เป็น ผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าและดูสวยงาม ในส่วนของตราสัญลักษณ์ออกแบบในรูปแบบตราสัญลักษณ์ประเภท logotype ให้เรียบง่าย ทันสมัย และนำเสนอถึงความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม สรุปผลการประเมินความพึงพอใจในการออกแบบผลิตภัณฑ์จากขยะพลาสติก มีความพึงพอใจใน ด้านการออกแบบอยู ในเกณฑ์ที่ดีมากเมื่อพิจารณารายละเอียดพบว่าในด้านความคิดสร้างสรรค์อยู ในระดับ ดีมาก ค่าเฉลี่ย 4.60 (S.D.=0.60) ในด้านรูปแบบของพลาสติก พบว่า ความพึงพอใจรวมอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก ค่าเฉลี่ย 4.54 (S.D.=0.60) และความพึงพอใจด้านการออกแบบตราสัญลักษณ์ พบว่าความพึงพอใจรวมอยู่ใน เกณฑ์ดีมาก ค่าเฉลี่ย 4.68 (S.D.=0.47) (มินัณยาร์ เพ็ชรสุด, และคณะ, 2567) การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ผลิตเครื่องประดับจากพลาสติกรีไซเคิลด้วยการอบ ซึ่งใน กระบวนการทดลองจะนำพลาสติกรีไซเคิลทั้ง 4 ชนิด ได้แก่พลาสติกเบอร์ 1 2 5 และ 6 มาผ่านการ ให้ความร้อนในแต่ละอุณหภูมิ

และระยะเวลาที่ต่างกัน เพื่อศึกษาชนิดพลาสติกรีไซเคิลที่เหมาะกับ กระบวนการขึ้นรูปเครื่องประดับ โดยการอบที่อุณหภูมิตั้งแต่ 100 130 150 และ 170 องศาเซลเซียส ผลการทดสอบมีดังนี้ พลาสติกเบอร์ 1 มีการหดตัวค่อนข้างสูง ง่ายต่อการควบคุมรูปร่าง พลาสติกเบอร์ 2 เกิดการหดตัวเล็กน้อย บริเวณขอบของตัวพลาสติกเกิดการหลอมเหลวเป็นรอยแตก ไม่สามารถควบคุมรูปร่างที่ชัดเจนได้ พลาสติกเบอร์ 5 เกิดการหดตัวเล็กน้อย เสียรูปทรงเมื่อโดน ความร้อน พลาสติกเบอร์ 6 เกิดการหดตัวมาก แต่พลาสติกเบอร์ 6 มีจุดหลอมเหลวที่ต่ำทำให้เกิดการ หลอมละลายของพลาสติกยากต่อการควบคุมรูปร่าง ดังนั้นพลาสติกเบอร์ 1 จึงเหมาะแก่การทำเครื่องประดับมากที่สุด ใช้การให้ความร้อนจากเปลวไฟ อุณหภูมิจากเปลวไฟอยู่ในช่วง 130 องศาเซลเซียส นำพลาสติกตัดแต่งให้ได้รูปร่างตามแบบที่ทำการออกแบบไว้ และจากนั้นประกอบตัวชิ้นงาน ได้เป็น เครื่องประดับจากพลาสติกรีไซเคิลที่สวยงาม (สล้าง อุดมกิจมงคล, 2557)

สรุปผลการวิจัย

การออกแบบสร้างแม่พิมพ์อัดหุ้มชิ้นงานด้วยฝาขวดพลาสติกใช้แล้ว และเพื่อมีค่าเฉลี่ยความหนาของชิ้นงานจากแม่พิมพ์อัดหุ้มพลาสติก 3.99 มิลลิเมตร ซึ่งมี ค่าใกล้เคียงกับค่าจริงที่ต้องการ 4 ± 0.1 มิลลิเมตร คลาดเคลื่อน 0.01 มิลลิเมตร และแผนภูมิควบคุม แผนภูมิควบคุม Control Chart จะปรากฏข้อมูลจากการวัดความหนาของชิ้นงานไม่มีออกนอกเส้น จากทั้งหมด 25 จุด ซึ่งถือว่าความหนาอยู่ในพิกัด สรุปได้ว่าการทดสอบสมรรถนะแม่พิมพ์อัดหุ้มฝาขวดพลาสติก มีสมรรถนะที่เหมาะสมที่สามารถนำไปใช้ในกระบวนการผลิตได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท วี เทค อีลาสโตโปรดักส์ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการร่วมทำงานวิจัยในครั้งนี้และสนับสนุน ในด้านต่างๆ ให้การดำเนินงานบรรลุวัตถุประสงค์ และขอขอบคุณสาขาวิศวกรรมเครื่องมือและแม่พิมพ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุนในด้านสถานที่ทำวิจัย จนโครงการสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์

เอกสารอ้างอิง

สมหมาย เกษมศรี. (2561). เทคโนโลยีการอัดขึ้นรูปพลาสติก (Compression Molding Technology). กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น,

มินัณยาร์ เพ็ชรสุด, ชลธิดา เกษเพชร. (2567). การออกแบบผลิตภัณฑ์กระเป๋าจากขยะพลาสติกรีไซเคิล วารสารดีไซน์เอคโค ปีที่ 5 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน (42-48)

พลาสติกรีไซเคิล. (2557). เข้าถึงได้จาก http://www. kanchanapisek.or.th/kp11/articles/article-

2.th.html วันที่ค้นข้อมูล 27 มกราคม 2569

สล้าง อุดมกิจมงคล. (2557). การศึกษาการขึ้นรูปเครื่องประดับจากพลาสติกรีไซเคิลปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาอัญมณีและเครื่องประดับ คณะอัญมณี มหาวิทยาลัยบูรพา วันที่ค้นข้อมูล 25 มกราคม 2569

การศึกษาประสิทธิภาพโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับเชื้อเพลิงชีวมวลจากเศษไม้สักและไม้จามจุรี

Performance of Solar dryer for biomass fuel from Teak and Samanea saman wood residues

ปรัชพล เสาธง[1] นิกราน หอมดวง[1] ภคมน ปินตานา[2] และ กิตติกร สาสุจิตต์[1,2*].

Prachapon Saotong[1], Nigran Homdoung[1], Pakamon Pintana[2] and Kittikorn Sasujit[1,2*]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานทดแทน วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2]สาขาวิชาวิศวกรรมการอนุรักษ์พลังงาน (ต่อเนื่อง) วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[1]Renewable Energy Engineering, School of Renewable Energy, Maejo University, Chiang Mai, 50290

[2]Energy Conservation Engineering, School of Renewable Energy, Maejo University, Chiang Mai, 50290

*Corresponding author E-mail: k.sasujit@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ในการลดปริมาณความชื้นเชื้อเพลิงชีวมวลสำหรับกระบวนการกลั่นสุราพื้นบ้าน โดยเลือกใช้เศษไม้สักและไม้จามจุรีจากโรงงานแปรรูปไม้ในพื้นที่จังหวัดแพร่ โดยทำการออกแบบสร้างโรงอบแห้งไม้ขนาดกว้าง 2 m ยาว 2 m สูง 2.5 m ทำการทดลองลดความชื้นเศษไม้สดชนิดละ 100 kg พร้อมเก็บบันทึกค่าความชื้นของไม้เชื้อเพลิง ค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ อุณหภูมิอบแห้ง อุณหภูมิแวดล้อม ค่าความชื้นสัมพัทธ์ห้องอบแห้ง และปริมาณความชื้นสัมพัทธ์อากาศแวดล้อม โดยกำหนดให้ปริมาณความชื้นสุดท้ายของไม้เชื้อเพลิงประมาณ 10%wb ผลการศึกษาพบว่าไม้สักและไม้จามจุรีที่อบด้วยโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีอัตราการอบแห้งที่สูงกว่าการตากด้วยวิธีการทางธรรมชาติ โดยมีปริมาณความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยเท่ากับ 10.13%wb ทั้ง 2 ชนิด โดยความเข้มรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 830.27 W/m^2 มีอุณหภูมิในห้องอบแห้งเฉลี่ยเท่ากับ 65.19 ℃ อุณหภูมิแวดล้อมเฉลี่ยเท่ากับ 40.93 ℃ ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ห้องอบแห้งจะมีปริมาณต่ำกว่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์อากาศ ความหนาแน่นเท่ากับ 626.60 kg/m^3 และ 375.60 kg/m^3 เมื่อวิเคราะห์ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงพบว่ามีค่าเท่ากับ 15.92 MJ/kg และ 17.51 MJ/kg ตามลำดับ ในส่วนของประสิทธิภาพของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์นั้น พบว่ามีประสิทธิภาพเชิงความร้อนเท่ากับ 59.75% ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการใช้โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ในการลดปริมาณความชื้นเชื้อเพลิงชีวมวล สามารถลดระยะเวลาในการลดปริมาณความชื้น และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงชีวมวลอีกทางหนึ่งเช่นกัน

คำสำคัญ : การลดความชื้น พลังงานแสงอาทิตย์ ชีวมวล ไม้สัก ไม้จามจุรี

Abstract

This study aims to investigate the efficiency of a solar dryer for reducing the moisture content of biomass fuel for local alcohol distillation processes. The experiment used residues from Teak and Samanea saman wood sourced from a wood processing factory in Phrae Province. A solar drying kiln was designed and constructed with dimensions of 2 m in width, 2 m in length, and 2.5 m in height. The experiment involved drying 100 kg of fresh wood residues, recording moisture content, solar radiation intensity, drying temperature, ambient temperature, relative humidity in the drying chamber, and ambient air humidity. The target final moisture content for the biomass fuel was set at approximately 10%wb. The results showed that both Teak and Samanea saman wood dried using the solar dryer exhibited higher drying rates compared to natural sun drying, with an average final moisture content of 10.13%wb for both types of wood. The average maximum solar radiation intensity was recorded at 830.27 W/m², with an average drying chamber temperature of 65.19°C and an average ambient temperature of 40.93°C. The relative humidity in the drying chamber was lower than that of the surrounding air, with densities of 626.60 kg/m³ and 375.60 kg/m³, respectively. The heat value of the biomass fuel, Teak wood had a value of 15.92 MJ/kg, while *Samanea saman* wood had a value of 17.51 MJ/kg. The thermal efficiency of the solar drying kiln was found to be 59.75%. Thus, the use of a solar dryer for reducing biomass fuel moisture content has shown that it shortens drying time but also enhances the efficiency of the biomass fuel.

Keywords : Drying, solar energy, biomass, Teak, *Samanea saman* wood

บทนำ

จากสถานการณ์ทางด้านพลังงานในปัจจุบันส่งผลกระทบต่อกลุ่มวิสาหกิจชุมชนหรืออุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดย่อมที่มีการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตไม่ว่าจะเป็นพลังงานไฟฟ้าหรือพลังงานความร้อนส่งผลทำให้ต้นทุนการผลิตสินค้าของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนหรืออุตสาหกรรมขนาดเล็กขนาดย่อมมีต้นทุนสูงขึ้น จังหวัดแพร่ถือว่ามีกลุ่มวิสาหกิจชุมชนหลากหลาย หนึ่งในกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่มีชื่อเสียงได้แก่ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่กลั่นสุราพื้นบ้านซึ่งมีการกลั่นสุราโดยมีการใช้ทั้งพลังงานแก๊สหุงต้มรวมไปถึงเศษวัสดุไม้จากโรงงานเฟอร์นิเจอร์ในจังหวัด อย่างไรก็ตามยังพบปัญหาในเรื่องประสิทธิภาพของการเผาไหม้เชื้อเพลิงทำให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและเกิดควันในพื้นที่ สำหรับชีวมวลที่นำมาใช้ในการเป็นเชื้อเพลิงส่วนใหญ่จะเป็นไม้ในท้องที่ เช่นไม้จามจุรี หรือ ไม้ฉำฉา ไม้สักและไม้ทั่วไป ทั้งนี้ไม้สักที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงนั้นจะนิยมนำเศษไม้จากกระบวนการแปรรูปไม้ ตัดแต่งไม้จากโรงงานเฟอร์นิเจอร์ซึ่งถือว่ามีจำนวนมากพอที่จะนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ จากการสำรวจในพื้นที่ก็มีการนำไม้สักในพื้นที่ไปเผาถ่านเพื่อใช้ในครัวเรือจำนวนมาก (ปานขาว และ สุขสะอาด 2022) ขณะเดียวกันก็มีการใช้ไม้จามจุรี

ซึ่งเป็นไม้ขนาดใหญ่เมื่อโค่นล้มแล้วจะนิยมไปทำเฟอร์นิเจอร์ และเศษไม้ที่เหลือจะถูกนำไปเป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการกลั่นสุราพื้นบ้านเช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตามปัญหาที่พบจากการนำเศษไม้เหลือทิ้งเหล่านี้ไปใช้ในการเผาไหม้หรือเป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการกลั่นสุราพื้นบ้าน คือค่าความชื้นของไม้ยังคงมีค่าสูง ทำให้การนำไปใช้ในการเผาไหม้หรือเป็นเชื้อเพลิงให้ค่าความร้อนต่ำ และเกิดควันจำนวนมากที่ส่งผลกระทบต่อชุมชนรอบข้าง จากการศึกษาของ Lamrani et al. (2022) พบว่า เศษไม้ส่วนใหญ่จะมีค่าความชื้นมากกว่า 65%wb เมื่อนำไปเผาไหม้จะให้ค่าความร้อนต่ำและเกิดการจุดติดไฟยากกว่าแบบไม้แห้ง ต่อมามีการศึกษาถึงการอบแห้งไม้โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ทั้งในรูปแบบตากแดดธรรมชาติ การใช้โรงเรือนพลาสติกทั้งแบบรับแสงอาทิตย์โดยตรงหรือทางอ้อมรวมไปถึงการผสมผสานกับแหล่งพลังงานอื่น (Lamrani et al. 2023) ขณะเดียวกันก็มีการศึกษาผลของค่าความชื้นในไม้ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการเผาไหม้ของหม้อต้มไอน้ำ พบว่าที่ความชื้น 10%wb เมื่อเผาไหม้และถ่ายเทความร้อนให้กับหม้อไอน้ำส่งผลทำให้ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำสูงถึง 91.1% ในขณะเดียวกันเมื่อใช้ไม้ความชื้นมากกว่า 65%wb จะส่งผลทำให้ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำลดเหลือเพียง 86.9% (Dzurenda and Banski, 2017) โดยการอบแห้งไม้นั้นก็มีการออกแบบพัฒนาได้หลากหลายรูปแบบซึ่งทำจากโครงสร้างไม้คลุมด้วยพลาสติกสีดำซึ่งมีอุณหภูมิอากาศอบแห้ง 38°C และให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อน 39% สำหรับพื้นที่ประเทศฝรั่งเศส (Simo-Tagne et al. 2020) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการนำไม้ไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้นั้นควรจะต้องทำการลดค่าความชื้นก่อนโดยส่วนใหญ่ต้องการประมาณ 10%wb ซึ่งจะส่งผลดีต่อการเผาไหม้และให้ค่าความร้อนที่สูงขึ้น (Dzurenda and Banski, 2017) ดังนั้นงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาการนำเศษไม้สักและไม้จามจุรีที่ได้จากโรงงานฟอร์นิเจอร์ โดยจะทำการศึกษาสร้างโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีการระบายความชื้นด้วยพัดลม งานวิจัยนี้ทำการทดลองที่จำนวน 100 kg มีชุดรายงานอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์อากาศภายในโรงเรือน และภายนอกโรงเรือน โดยทำการศึกษาถึงอัตราการอบแห้ง ค่าความชื้นของไม้ตามช่วงระยะเวลาการอบแห้งรวมไปถึงสมบัติค่าความร้อนของไม้หลังจากอบแห้ง

วิธีการดำเนินการวิจัย

การคัดเลือกเศษไม้เหลือทิ้งจากโรงงานฟอร์นิเจอร์

เศษไม้สักและไม้จามจุรีที่เหลือจากการตัดแต่งไม้ของโรงงานแปรรูปไม้จะถูกคัดเลือกให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 4 – 8 cm และมีความยาว 70 – 80 cm ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ไม้สัก และไม้จามจุรี ที่เหลือจากโรงงานแปรรูปไม้

การออกแบบโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

งานวิจัยนี้ทำการออกแบบโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นแบบรับรังสีแสงอาทิตย์โดยตรง ขนาด 2 m x 2 m x 2.5 m ทำจากโครงสร้างเหล็กพร้อมชั้นบรรจุไม้ฟืนจำนวน 2 ชั้น มีปริมาณการอบแห้งอย่างน้อย 200-300 kg มีพัดลมระบายความชื้นเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 mm ขนาด 16 W มีอัตราการไหลของอากาศ 4.64 m^3/min จำนวน 2 ตัว ด้านล่างของโรงอบแห้งมีช่องสำหรับนำอากาศภายนอกเข้าสู่ห้องอบแห้ง ขนาด 0.2 m x 0.6 m จำนวน 2 ช่อง มีประตูขนาด 0.75 m x 2 m จำนวน 1 บาน มีเซนเซอร์อ่านค่าอุณหภูมิอากาศและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ทั้งภายในและภายนอกโรงอบแห้ง ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบได้รับรังสีแสงอาทิตย์โดยตรงที่ทำการออกแบบ

ขั้นตอนการทดลอง

งานวิจัยนี้จะทำการทดลองเปรียบเทียบการอบแห้งเศษไม้สักและไม้จามจุรีในโรงเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Dryer) เปรียบเทียบกับแบบตากแดดธรรมชาติ (Open sun drying) ทำการทดลองในช่วงระหว่างเดือนพฤศจิกายน - ธันวาคม ณ วิสาหกิจชุมชนกลั่นสุราพื้นบ้านแห่งหนึ่งในจังหวัดแพร่ โดยทำการอบแห้งไม้เชื้อเพลิงชนิดละไม่เกิน 100 kg ทั้งนี้จะทำการวัดปริมาณความชื้นของไม้เชื้อเพลิงก่อนทำการอบแห้งและตรวจวัดค่าความชื้นของไม้เชื้อเพลิงทุกวันๆ ละ 3 เวลา ได้แก่ 09.00 น. 12.00 น. และ 15.00 น. ค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ อุณหภูมิอบแห้ง อุณหภูมิแวดล้อม ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ห้องอบแห้ง และปริมาณความชื้นสัมพัทธ์อากาศแวดล้อม โดยใช้อุปกรณ์ตรวจวัดและเก็บข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ยี่ห้อ SONOFF รุ่น THS01 ช่วงการวัดอุณหภูมิและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ -40℃ - 85℃ และ 0%RH – 100%RH ตามลำดับ ที่ระดับความแม่นยำ ± 0.5℃ และ ± 3%RH ในส่วนของปริมาณความชื้นของเชื่อเพลิงชีวมวลใช้เครื่องวัดความชื้นไม้ยี่ห้อ Benetech รุ่น GM605 ช่วงการวัดความชื้น 2% – 70% ที่ระดับความแม่นยำ ± 1% และเครื่องวัดความชื้นไม้ยี่ห้อ Habotest รุ่น HT633 ช่วงการวัดความชื้น 0.0% – 57% ที่ระดับความแม่นยำ ± 2% ในส่วนของพลังงานแสงอาทิตย์และความเข้มข้นแสงใช้เครื่องวัดความเข้มรังสีแสงอาทิตย์แบบดิจิทัล (Solar power meter) รุ่น SM206 ช่วงการวัดความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ 0.1 – 1,999.9 W/m^2 ที่ระดับความแม่นยำ ± 10 W/m^2 ในส่วนของการวัดน้ำหนักเชื้อเพลิงชีวมวล ใช้เครื่องชั่งดิจิทัลยี่ห้อ Accurate รุ่น 150kg ช่วงการวัด 0.01kg – 150kg ที่ระดับความแม่นยำ ± 0.01g ในส่วนของการวิเคราะห์หาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงจะใช้เครื่องวิเคราะห์ค่าความร้อน (Bomb Calorimeter) ยี่ห้อ LECO รุ่น AC-500

การวิเคราะห์ข้อมูลการทดลอง

ค่าความชื้น (Moisture content)

การวิเคราะห์ค่าความชื้นของขมิ้นชันในงานวิจัยนี้จะใช้วิธีการอบในตู้อบลมร้อนที่ควบคุอุณหภูมิได้ โดยการหาค่าความชื้นนั้นจะใช้วิธีการตามมาตรฐาน AOAC 1990 และทำการหาค่าความชื้นมาตรฐานแห้งตามสมการที่ (1)-(2) (Vijayan et al. 2016)

$$M_w = \frac{w-d}{w} \times 100 \quad (1)$$

$$M_d = \frac{w-d}{d} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ M_w คือค่าความชื้นมาตรฐานเปียก (%wb) M_d คือค่าความชื้นมาตรฐานแห้ง (%db.) w คือน้ำหนักของวัสดุเริ่มต้นมี (kg) และ d คือน้ำหนักของวัสดุหลังอบแห้ง (kg)

อัตราการอบแห้ง

การหาอัตราการอบแห้ง (Drying rate, DR) ในการทดลองได้ดำเนินการบันทึกการเปลี่ยนแปลงของมวลหรือปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากผลิตภัณฑ์ ซึ่งเมื่อสิ้นสุดการทดลองจะสามารถวิเคราะห์หาอัตราการอบแห้ง ดังสมการที่ (3) (Vijayan et al. 2016)

$$DR = \frac{\Delta W}{\Delta t} \quad (3)$$

โดยที่ DR คือ อัตราการอบแห้ง (g/min) ΔW คือ มวลน้ำที่ระเหย (g) และ Δt คือ เวลาที่เปลี่ยนแปลง (min)

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนโรงอบแห้ง

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์พิจารณาจากค่าความร้อนที่ได้จากตัวเก็บความร้อนในที่นี้คือโรงอบแห้ง และอัตราการดึงความชื้นจำเพาะออกจากห้องอบแห้งต่อพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้รับ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (4) (Vijayan et al. 2016)

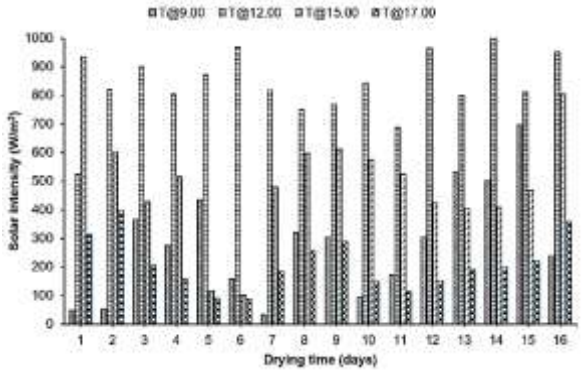
$$\eta = \frac{m_a C_p (T_o - T_i)}{A_s I} \times 100 \quad (4)$$

โดยที่ m_a อัตราการระเหยความชื้น (kg/s) C_p ค่าความจุความร้อนจำเพาะ (kJ/kg K) T_o อุณหภูมิอากาศในห้องอบแห้ง (°C) T_i อุณหภูมิอากาศแวดล้อม (°C) A_s พื้นที่รับรังสีแสงอาทิตย์ (m^2) I ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์สูงสุดของวัน (w/m^2)

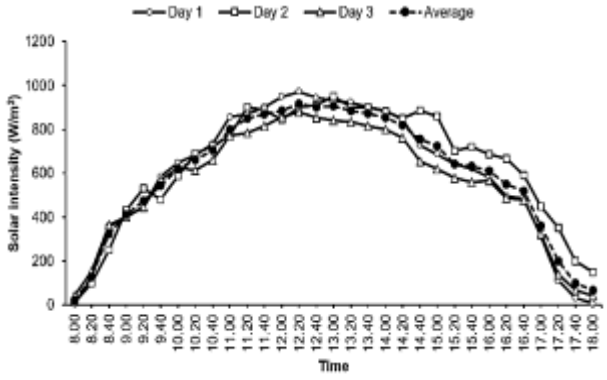
ผลการวิจัย

ผลการกระจายอุณหภูมิและความเข้มรังสีแสงอาทิตย์

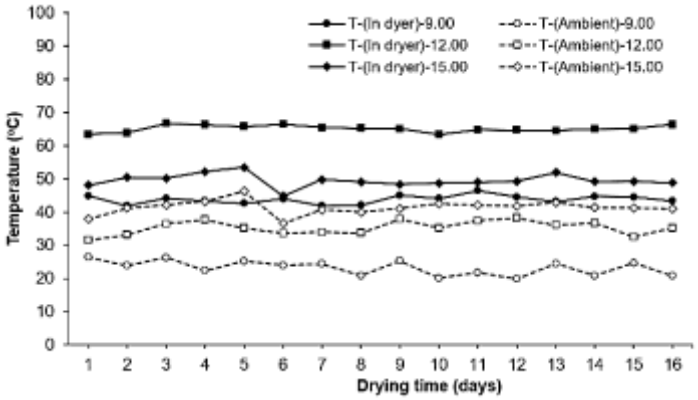
จากผลการทดลองปริมาณความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ (Solar Irradiance) บริเวณที่ทำการทดลอง พบว่า เวลา 12.00 น. มีปริมาณความเข้มรังสีแสงอาทิตย์สูงสุด โดยปริมาณความเข้มรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยเท่ากับ 830.27 W/m^2 ทั้งนี้ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตอนช่วงเวลา 08.00 – 17.00 น. และมีค่าสูงสุดในช่วงเวลาตอนกลางวัน ดังแสดงในภาพที่ (3) – (4) ที่แสดงกราฟค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ตามช่วงระยะเวลาการอบแห้งไม้ และภาพที่ 4 แสดงค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ตลอดช่วงระยะเวลาในรอบวัน สำหรับการกระจายอุณหภูมิในห้องอบแห้งและอุณหภูมิแวดล้อมนั้น พบว่าอุณหภูมิในห้องอบแห้งที่ช่วงเวลา 12.00 น. นั้นมีค่าสูงสุดตลอดช่วงระยะเวลาการอบแห้ง 16 วัน โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 65℃ และที่เวลา 09.00 น. และ 17.00 น. นั้นพบว่ามีอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วง 45℃ และ 50℃ ตามลำดับ ในส่วนของอุณหภูมิแวดล้อมสำหรับการอบแห้งแบบธรรมชาติ (Open sun drying) นั้นพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดประมาณ 40℃ และต่ำสุดเฉลี่ยประมาณ 30℃ ดังภาพที่ 5 ในส่วนของปริมาณความชื้นสัมพัทธ์อากาศแวดล้อมและในห้องอบแห้งนั้น จากผลการทดลองพบว่าภายในห้องอบแห้งมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าอากาศภายนอกเนื่องจากมีระบายความชื้นในห้องอบแห้งออกสู่ภายนอกซึ่งเห็นได้ว่าเวลา 12.00 น. ค่าความชื้นภายในห้องอบจะมีแนวโน้มไม่แตกต่างกันมากเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเวลา 09.00 น. จะเห็นได้ว่าค่าความชื้นมีค่าแตกต่างกันในแต่ละวันในการอบแห้ง ทั้งนี้เนื่องจากงานวิจัยนี้ทำการอบแห้งในช่วงฤดูหนาวทำให้ช่วงเวลาดังกล่าวความชื้นสัมพัทธ์อากาศแวดล้อมสูง จากกราฟจะเห็นได้ว่ามีค่าในช่วง 70 - 92%RH ทำให้เมื่อพัดลมดูดความชื้นในห้องอบไม้ออกและเกิดการหมุนเวียนอากาศภายนอกเข้าห้องอบแห้งจนเมื่อความร้อนสะสมที่เวลา 12.00 น. และความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงเวลาดังกล่าวต่ำลงก็จะส่งผลทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในห้องอบแห้งเวลา 12.00 น. มีค่าไม่แตกต่างกันมาก ดังภาพที่ 6



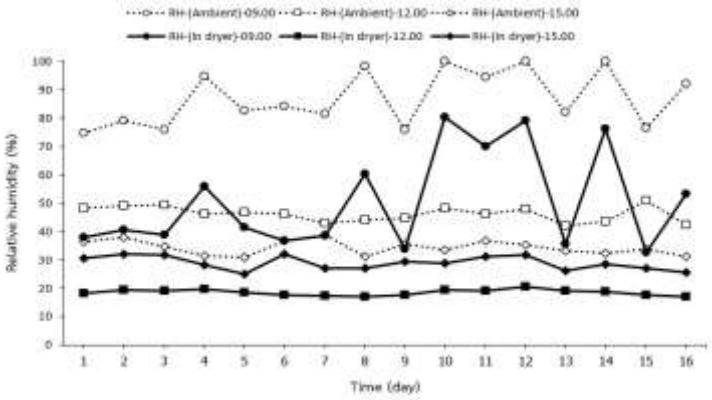
ภาพที่ 3 ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ที่ช่วงเวลาต่าง ๆ



ภาพที่ 4 ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ตามช่วงเวลาในรอบวัน



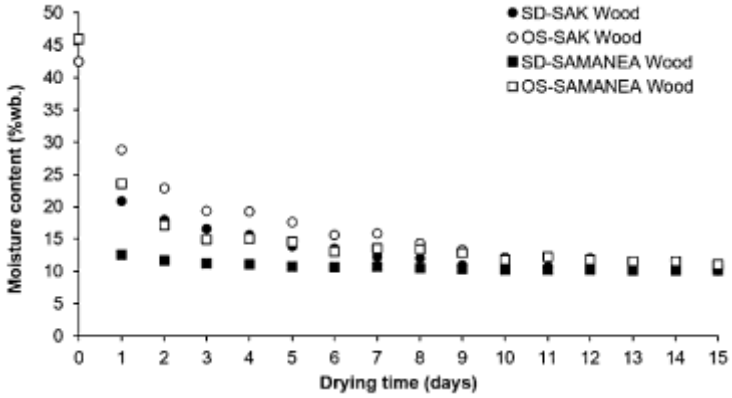
ภาพที่ 5 การกระจายอุณหภูมิแวดล้อมและอุณหภูมิอบแห้งที่ช่วงเวลาต่าง ๆ



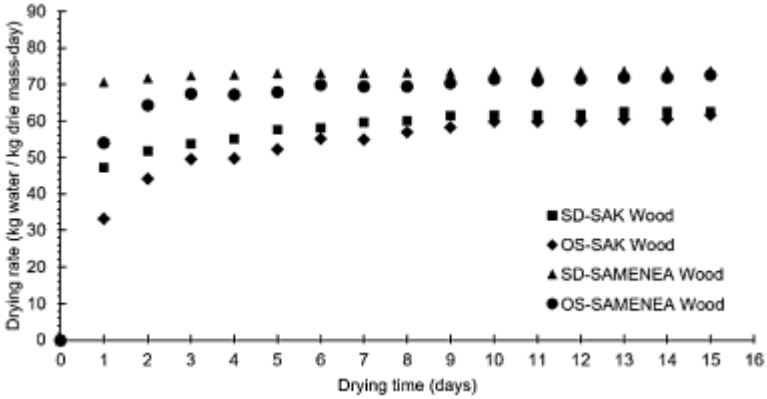
ภาพที่ 6 การกระจายความชื้นสัมพัทธ์อากาศแวดล้อมและในห้องอบแห้งที่ช่วงเวลาต่าง ๆ

ผลการลดความชื้นตามช่วงเวลาการอบแห้ง

จากผลการทดลองพบว่าไม้สักที่ปริมาณความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยเท่ากับ 42.42%wb สามารถลดความชื้นเหลือเพียง 10.13%wb และไม้จามจุรีสามารถลดความชื้นจาก 45.93%wb เหลือเพียง 10.13%wb สำหรับการอบแห้งแบบใช้โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ใช้ระยะเวลาการอบแห้ง 16 วัน ขณะเดียวกันเมื่อทำการนำไม้สักและไม้จามจุรีตากด้วยวิธีการทางธรรมชาติ พบว่าสามารถลดความชื้นจาก 42.42%wb เหลือเพียง 10.80%wb และจาก 45.93%wb เหลือ 11.10%wb โดยใช้ระยะเวลาอบแห้ง 16 วัน อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาที่ความชื้นไม้ประมาณ 10%wb. จะเห็นได้ว่าการใช้โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ในงานวิจัยนี้จะมีอัตราการระเหยความชื้นได้ดีกว่าการแตกด้วยวิธีการทางธรรมชาติในช่วงการอบแห้ง 5 วันแรก ซึ่งจะให้ค่าความชื้นไม้เฉลี่ยประมาณ 10.71%wb – 13.93%wb สำหรับไม้จามจุรีและไม้สัก เมื่อเทียบกับการตากด้วยวิธีการทางธรรมชาติแล้วจะยังให้ค่าความชื้นสูงกว่า 15%wb ดังภาพที่ 7 ในส่วนของค่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิงชีวมวลพบว่าความหนาแน่นของไม้สักและไม้จามจุรีมีค่าเท่ากับ 626.60 kg/m^3 และ 375.60 kg/m^3 ตามลำดับ



ภาพที่ 7 การลดความชื้นตามช่วงเวลาของเศษไม้สักและไม้จามจุรี
(SD=Solar drying; OS=Open sun drying)



ภาพที่ 8 อัตราการอบแห้งเศษไม้ชีวมวลไม้สักและไม้จามจุรี
(SD=Solar drying; OS=Open sun drying)

วิจารณ์ผล

การลดความชื้นเศษไม้สักและไม้จามจุรีในงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาถึงระยะเวลาการลดความชื้นไม้เพื่อนำไปเป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการกลั่นสุราพื้นบ้านของวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดแพร่เพื่อลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล งานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบโรงอบแห้งไม้ที่รองรับปริมาณ 200 - 300 kg โดยโรงอบแห้งมีชุดระบายความชื้นออกพร้อมติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดแบบรายงานผลต่อเนื่อง ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการลดความชื้นไม้ในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์นั้นมีอัตราการลดความชื้นที่ดีกว่าการตากด้วยวิธีการทางธรรมชาติที่ระยะเวลาการอบแห้งช่วงเดียวกัน โดยสามารถลดความชื้นจากไม้สด 42.42%wb และ 45.93%wb ให้เหลือเพียง 10.13%wb ทั้งนี้ให้อัตราการอบแห้งเฉลี่ย 62.40 $kg_{water\text{-}evap}/kg_{dried\text{-}day}$ และ 73.67 $kg_{water\text{-}evap}/kg_{dried\text{-}day}$ ให้ค่าความร้อนสูงสุดเท่ากับ 15.27 MJ/kg และ 17.51 MJ/kg สำหรับไม้สักและไม้จามจุรี ทั้งนี้ให้ประสิทธิภาพโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยเท่ากับ 59.75% ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปผลการศึกษางานวิจัยนี้

รายละเอียดผลการทดลอง	โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์		ตากแบบธรรมชาติ	
	ไม้สัก	ไม้จามจุรี	ไม้สัก	ไม้จามจุรี
น้ำหนักไม้เริ่มต้น (kg)	99.96	99.50	99.86	99.88
น้ำหนักไม้สุดท้าย (kg)	68.50	83.50	83.50	79.34
ความชื้นเริ่มต้น (%wb)	42.42	45.93	42.42	45.93
ความชื้นสุดท้าย (%wb)	10.13	10.13	10.80	11.10
ระยะเวลาการอบแห้ง (days)	16.00	16.00	16.00	16.00
ค่าความร้อนไม้สด (MJ/kg)	13.93	3.95	13.93	3.95
ค่าความร้อนไม้อบแห้ง (MJ/kg)	15.27	17.51	15.27	17.51
อัตราการอบแห้ง ($kg_{water\text{-}evap}/kg_{dried\text{-}day}$)[A]	62.40	73.67	61.56	72.46
ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (%)	59.75	59.75	-	-

หมายเหตุ : [A] อัตราการอบแห้งวันที่ 16

สรุปผล

ผลการศึกษางานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาสร้างโรงอบแห้งเศษไม้จากไม้สักและไม้จามจุรีเพื่อทำการลดความชื้นไม้และนำไปใช้ในกระบวนการกลั่นสุราพื้นบ้านของวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดแพร่ โรงอบแห้งไม้ที่ได้ทำการศึกษามีอุณหภูมิในห้องอบแห้งและความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดประมาณ 65.19°C และ 18.49%RH ที่เวลา 12.00 น. ไม้ที่ผ่านการลดความชื้นแล้วจะมีค่าความชื้นประมาณ 10.13%wb ที่ระยะเวลาการอบแห้งประมาณ 16 วัน อย่างไรก็ตามเมื่อไปวิเคราะห์ค่าความร้อนแล้วพบว่ามีค่าความร้อนสูงสุด 15.27 MJ/kg และ 17.51 MJ/kg ซึ่งสูงกว่าไม้สดก่อนที่จะนำไปลดความชื้น ดังนั้นโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์งานวิจัยนี้สามารถลดระยะเวลาในการอบแห้งเมื่อเทียบกับการตากโดยวิธีการทางธรรมชาติ และสามารถควบคุมอุณหภูมิและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องอบแห้งได้ดีกว่าการตากโดยวิธีการทางธรรมชาติ ซึ่งสามารถนำไปเผยแพร่ให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลั่นสุราพื้นบ้านของจังหวัดแพร่ เพื่อใช้เป็นแนวทางการเตรียมไม้เชื้อเพลิงในกระบวนการเพื่อช่วยลดการใช้พลังงานฟอสซิลและใช้พลังงานจากเศษไม้อย่างคุ้มค่า

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณแหล่งทุนสนับสนุนการทำวิจัยจากวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ภายใต้โครงการการผลิตและพัฒนาศักยภาพบัณฑิตทางด้านพลังงานทดแทนในประเทศอาเซียน ประจำปีงบประมาณ 2566 ห้องปฏิบัติการพลังงานสะอาดและเกษตรอัจฉริยะ และกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผลิตสุราพื้นบ้านจังหวัดแพร่

เอกสารอ้างอิง

อรพรรณ ปานขาว และสันติ สุขสะอาด. 2022. การผลิตและการตลาดของผลิตภัณฑ์ไม้สักในตำบลน้ำชำ อำเภอสูงเม่น จังหวัดแพร่. วารสารวนศาสตร์ไทย 33(1): 28–35. แหล่งข้อมูล: https://li01.tci-thaijo.org/index.php/tjf/article/view/255402. ค้นเมื่อ 16 ตุลาคม 2568.

Dzurenda, L., and Banski, A. 2017. Influence of moisture content of combusted wood on the thermal efficiency of a boiler. Archives of Thermodynamics. 38(1): 63–74. Available: https://doi.org/10.1515/aoter-2017-0004. Accessed Oct.18, 2025.

Lamrani, B., Bekkioui, N., Simo-Tagne, M., and Ndukwu, M. C. 2022. Recent progress in solar wood drying: An updated review. Drying Technology. 41(5): 605–627. Available: https://doi.org/10.1080/07373937.2022.2112048. Accessed Oct.17, 2025.

Simo-Tagne, M., Ndukwu, M. C., and Azese, M. N. 2020. Experimental Modelling of a Solar Dryer for Wood Fuel in Epinal (France). Modelling—International Open Access Journal of Modelling in Engineering Science. 1(1): 39–52. Available: https://doi.org/10.3390/modelling1010003. Accessed Oct.18, 2025.

Vijayan, S., Arjunan, T. V., & Kumar, A. 2016. Mathematical modeling and performance analysis of thin layer drying of bitter gourd in sensible storage based indirect solar dryer. Innovative Food Science & Emerging Technologies. 36: 59–67. Available: https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.05.014. Accessed Oct.25, 2025.

การออกแบบและพัฒนาเครื่องย่อยกระดาษแบบสองโหมดการควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

Design and Development of a Paper Shredder with Dual Control Modes Using a Microcontroller

สิทธิโชค ศิริบุญ[1] วีระพงศ์ ทองสา[1*] พีรวัฒน์ อาทิตย์ตั้ง[1] ศิลปชัย กลิ่นไกล[1] และ ภุมรินทร์ ทวิชศรี[1]

Sithichok Siribun[1] Wiraphong Thongsa[1*] Peerawat Artitthang[1] Sillapachai Klinklai[1] and Phummarin Thavitchasri[1]

[1]คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

1 หมู่ 20 ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 13180

[1]Faculty of Industrial Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage University.

1 M.20 ,Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 13180

***Corresponding author E-mail: wiraphong.thong@vru.ac.th**

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องย่อยกระดาษต้นแบบที่ควบคุมด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino โดยระบบถูกออกแบบให้รองรับการทำงานสองรูปแบบ ได้แก่ โหมดควบคุมด้วยตนเอง (Manual mode) และโหมดอัตโนมัติ (Automatic mode) โครงสร้างหลักประกอบด้วย ชุดใบมีดย่อย ชุดป้อนกระดาษ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และเซนเซอร์ตรวจจับกระดาษ ผลการทดสอบประสิทธิภาพการย่อยกระดาษปริมาณ 1–10 แผ่น พบว่าในโหมดควบคุมด้วยตนเอง ระบบสามารถย่อยกระดาษได้สูงสุด 8 แผ่นต่อครั้ง ในขณะที่โหมดอัตโนมัติสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในช่วง 1–3 แผ่น อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพในโหมดอัตโนมัติจะลดลงตามจำนวนกระดาษที่เพิ่มขึ้นและไม่สามารถทำงานได้เมื่อปริมาณกระดาษตั้งแต่ 7 แผ่นขึ้นไป เนื่องจากข้อจำกัดด้านแรงดึงของชุดป้อนกระดาษ จุดเด่นของเครื่องย่อยกระดาษที่พัฒนาขึ้นคือความสามารถในการย่อยกระดาษที่มีลวดเย็บติดมาด้วย เนื่องจากชุดใบมีดที่เลือกใช้มีความหนาและใช้เหล็กกล้าที่มีความแข็งแรงสูง ซึ่งแตกต่างจากเครื่องย่อยกระดาษทั่วไปในท้องตลาด เครื่องต้นแบบมีความโดดเด่นในด้านโครงสร้างที่เรียบง่าย ต้นทุนต่ำ และง่ายต่อการซ่อมบำรุง สำหรับงานวิจัยในอนาคต ควรมีการเพิ่มแรงบิดของมอเตอร์และปรับปรุงกลไกการป้อนกระดาษ เพื่อขยายขีดความสามารถของระบบอัตโนมัติให้รองรับปริมาณกระดาษได้มากขึ้น

คำสำคัญ : เครื่องย่อยกระดาษ, ไมโครคอนโทรลเลอร์อาร์ดูโน่, ระบบควบคุมอัตโนมัติ, การพัฒนาเครื่องต้นแบบ

Abstract

This research aims to design and develop a prototype paper shredder controlled by an Arduino microcontroller. The system is designed to support two operating modes: manual and automatic. The primary components consist of a shredding blade assembly, a feeding mechanism, a DC motor, and paper detection sensors. Performance evaluation conducted on 1–10 sheets of paper revealed that the manual mode achieved a maximum capacity of 8 sheets per cycle. In contrast, the automatic mode performed optimally within the range of 1–3 sheets; however, efficiency significantly declined as the number of sheets increased, becoming non-functional at 7 sheets or more due to tension limitations in the feeding mechanism. A key highlight of this developed shredder is its ability to process paper with staples, attributed to the use of thick, high-strength steel blades, which distinguishes it from conventional commercial models. The prototype is characterized by its simple structure, cost-effectiveness, and ease of maintenance. For future research, increasing motor torque and optimizing the feeding mechanism are recommended to enhance the automatic system's capacity to handle larger volumes of paper.

Keywords : Paper Shredder, Arduino Microcontroller, Automatic Control System, Prototype Development

บทนำ

การจัดการขยะเอกสารอย่างปลอดภัยเป็นประเด็นสำคัญทั้งในด้านการปกป้องข้อมูลส่วนบุคคลและการจัดการของเสียในองค์กร เนื่องจากกระดาษยังคงถูกใช้อย่างแพร่หลายในการทำงานประจำวัน แม้เทคโนโลยีการจัดเก็บข้อมูลแบบดิจิทัลจะเพิ่มมากขึ้นก็ตาม งานวิจัยด้านระบบอัตโนมัติที่ประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์และเซนเซอร์พบว่าสามารถเพิ่มความแม่นยำ ลดความผิดพลาด และเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการวัสดุได้ดีกว่าระบบที่อาศัยแรงงานมนุษย์เพียงอย่างเดียว ตัวอย่างเช่น ระบบคัดแยกและย่อยเอกสารอัตโนมัติที่ใช้ Arduino ควบคุมกลไกการทำงานสามารถตรวจจับสถานะและสั่งงานการตัดได้อย่างแม่นยำ (Alabado et al. 2024) รวมถึงงานวิจัยด้านระบบคัดแยกขยะอัจฉริยะที่ผสานเซนเซอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อลดข้อผิดพลาดจากการควบคุมแบบ Manual (Olodu et al. 2025) ในด้านเครื่องย่อยกระดาษโดยตรง มีการพัฒนาเครื่องย่อยแบบ cross-cut ที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมมอเตอร์และกลไกการตัด เพื่อเพิ่มความปลอดภัยและความเสถียรของระบบ (Ikuemonisan et al. 2023) ขณะเดียวกัน งานวิจัยด้านโครงสร้างเครื่องย่อยแบบเพลาเดี่ยวชี้ให้เห็นว่าการออกแบบกลไกการป้อนและโครงสร้างเครื่องมีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการทำงานโดยรวม (ยศอนันต์ โคตรเขื่อน และคณะ. 2560) นอกจากนี้ ยังมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไร้สาย เช่น Bluetooth ในการควบคุม

เครื่องย่อยกระดาษผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อเพิ่มความสะดวกและความยืดหยุ่นในการใช้งาน (Sumedh et al. 2025) อย่างไรก็ตาม จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่ายังขาดการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโหมดการควบคุมด้วยตนเองกับโหมดอัตโนมัติที่ใช้เซนเซอร์ตรวจจับการป้อนกระดาษภายในเครื่องเดียวกัน ภายใต้เงื่อนไขการใช้งานจริง เช่น ปริมาณกระดาษหรือการมีวัสดุแนบ ซึ่งเป็นประเด็นที่งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาเพิ่มเติม

ดังนั้น งานวิจัยนี้มุ่งพัฒนาเครื่องย่อยกระดาษที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยรองรับสองโหมดการทำงาน ได้แก่ การควบคุมด้วยตนเองผ่านปุ่มกดและการควบคุมแบบอัตโนมัติผ่านเซนเซอร์ตรวจจับการป้อนกระดาษ เพื่อประเมินและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละระบบควบคุมภายใต้สถานการณ์การใช้งานจริง

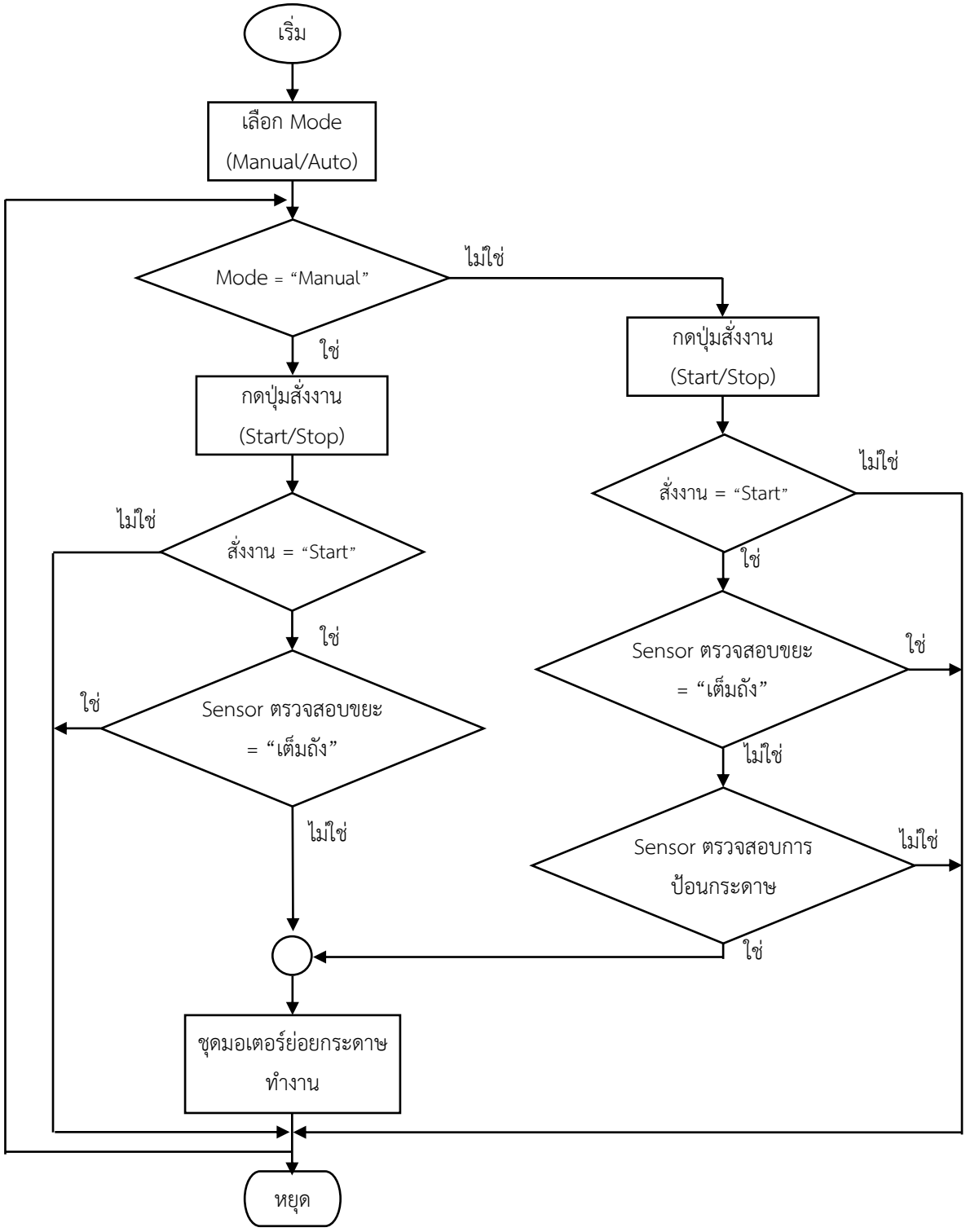
วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การออกแบบขั้นตอนการทำงานของระบบเครื่องย่อยกระดาษ

ระบบเครื่องย่อยกระดาษถูกออกแบบให้ทำงานภายใต้การควบคุมของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมีการเลือกโหมดการทำงานได้ 2 รูปแบบ คือ โหมดควบคุมด้วยตนเองและโหมดอัตโนมัติ ซึ่งมีลำดับการทำงานแสดงดังภาพที่ 1 เมื่อเปิดเครื่อง ระบบจะเข้าสู่สถานะ “เริ่มต้น (Start)” จากนั้นผู้ใช้งานต้องทำการเลือกโหมดการทำงาน (Manual/Auto) ผ่านสวิตช์หรือปุ่มเลือกโหมดที่กำหนดไว้ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะอ่านค่าการเลือกโหมดและกำหนดเส้นทางการทำงานของระบบตามโหมดที่เลือกดังนี้

1) โหมด “Manual” ระบบจะเข้าสู่กระบวนการทำงานแบบควบคุมโดยผู้ใช้งาน จากนั้นผู้ใช้งานกดปุ่มควบคุมการทำงาน Start/Stop ระบบจะตรวจสอบคำสั่งอีกครั้ง หากพบสั่งงาน “Stop” ระบบจะยังไม่เริ่มการทำงานและรอคำสั่งใหม่ แต่หากพบสั่งงาน “Start” ระบบจะเข้าสู่ขั้นตอนตรวจสอบความปลอดภัย โดยระบบจะอ่านค่าจากเซนเซอร์ตรวจสอบถังเก็บเศษกระดาษ ถ้าเซนเซอร์แจ้งสถานะขยะ “ถังเต็ม” ระบบจะ ไม่อนุญาตให้ทำงาน แต่ถ้า “ถังยังไม่เต็ม” ระบบจะเข้าสู่ขั้นตอนการย่อยกระดาษ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งให้มอเตอร์ชุดใบมีดย่อยกระดาษทำงาน และเมื่อผู้ใช้งานกดปุ่ม “Stop” ระบบจะหยุดการทำงานทั้งหมด

2) โหมด “Auto” ระบบจะควบคุมการเริ่มทำงานด้วยเซนเซอร์ตรวจจับกระดาษ เมื่อผู้ใช้งานกดปุ่ม Start/Stop เพื่อเปิดโหมดทำงานอัตโนมัติ ระบบจะตรวจสอบคำสั่งหากพบสั่งงาน “Stop” ระบบจะไม่ทำงาน แต่หากพบสั่งงาน “Start” ระบบจะเข้าสู่กระบวนการตรวจสอบเงื่อนไข ระบบจะตรวจสอบถังเก็บเศษกระดาษ ถ้า “ถังเต็ม” ระบบจะไม่เริ่มการทำงาน และรอจนกว่าจะนำเศษกระดาษออก แต่ถ้า “ถังไม่เต็ม” ขั้นตอนถัดไประบบจะตรวจสอบโดยใช้เซนเซอร์ตรวจจับการป้อนกระดาษ ถ้า “ไม่พบกระดาษ” ระบบจะยังไม่ทำงาน และวนกลับไปตรวจสอบใหม่ แต่ถ้า “พบกระดาษ” ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้มอเตอร์ใบมีดย่อยกระดาษและมอเตอร์ฟีดกระดาษเริ่มทำงาน พร้อมกัน เมื่อกระดาษหมดและเซนเซอร์ไม่ตรวจพบกระดาษ ระบบจะหยุดมอเตอร์และกลับสู่สถานะรอ หากผู้ใช้งานกดปุ่ม “Stop” ระหว่างการทำงาน ระบบจะหยุดการทำงานทั้งหมดทันที และเข้าสู่สถานะ “หยุดการทำงาน” เมื่อไม่มีคำสั่งทำงานหรือมีการกดปุ่ม “Stop” ระบบจะเข้าสู่สถานะหยุด (Stop) และรอการสั่งงานใหม่จากผู้ใช้งาน

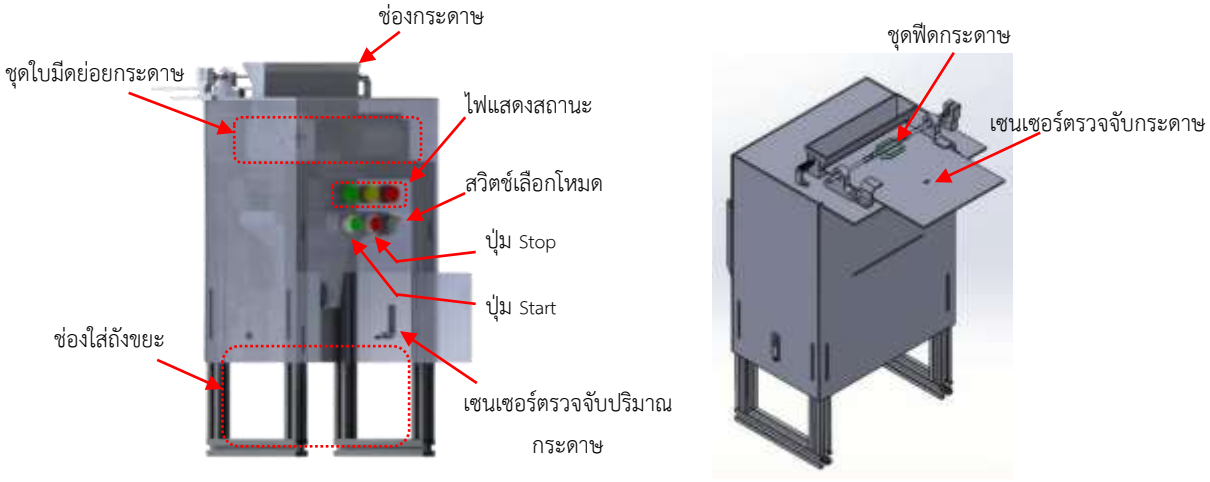


ภาพที่ 1 โฟลวชาร์ตการทำงานของเครื่องย่อยกระดาษ

2. การออกแบบเครื่องย่อยกระดาษ

การออกแบบเครื่องย่อยกระดาษแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1) การออกแบบโครงสร้างและกลไกของเครื่องต้นแบบถูกจัดวางพื้นที่ใช้งานอย่างเป็นระบบ โดยแบ่งเป็นส่วนบนสำหรับชุดกลไกป้อนและย่อยกระดาษ ส่วนกลางสำหรับอุปกรณ์ควบคุม และส่วนล่างสำหรับรองรับเศษกระดาษเพื่อความแข็งแรงและสะดวกต่อการบำรุงรักษา ดังแสดงรายละเอียดในภาพที่ 2 (ก) ซึ่งประกอบด้วยแผงควบคุมหลักที่มีสวิตช์เลือกโหมด ปุ่มสั่งงาน และไฟแสดงสถานะ พร้อมเซนเซอร์ตรวจจับระดับเศษกระดาษและช่องรองรับถังเก็บ ขณะที่ภาพที่ 2 (ข) แสดงส่วนหลังของเครื่องที่เป็นตำแหน่งติดตั้งชุดฟีดกระดาษและเซนเซอร์ตรวจจับการป้อนเพื่อควบคุมการทำงานในโหมดอัตโนมัติ ในด้านเทคนิคกลไกการย่อย (Shredding Mechanism) ถูกออกแบบให้มีความทนทานสูง (Robust Design) ซึ่งแตกต่างจากเครื่องทั่วไปในท้องตลาดที่มักใช้ใบมีดบางสำหรับตัดละเอียด (Cross-cut) จนเสี่ยงต่อการบิ่นเมื่อพบสิ่งแปลกปลอม โดยเครื่องต้นแบบนี้เลือกใช้ใบมีดเหล็กกล้าที่ผ่านการชุบแข็งเพื่อให้มีค่าความแข็ง (Hardness) สูงกว่าลวดเย็บกระดาษทั่วไป พร้อมทั้งกำหนดระยะห่างระหว่างใบมีด (Clearance) และความหนาของฟันที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มแรงตัดเฉือน (Shear Force) ส่งผลให้ระบบสามารถตัดลวดเย็บกระดาษให้ขาดได้โดยไม่เกิดการขัดตัว (Jamming) หรือความเสียหายต่อชุดใบมีด

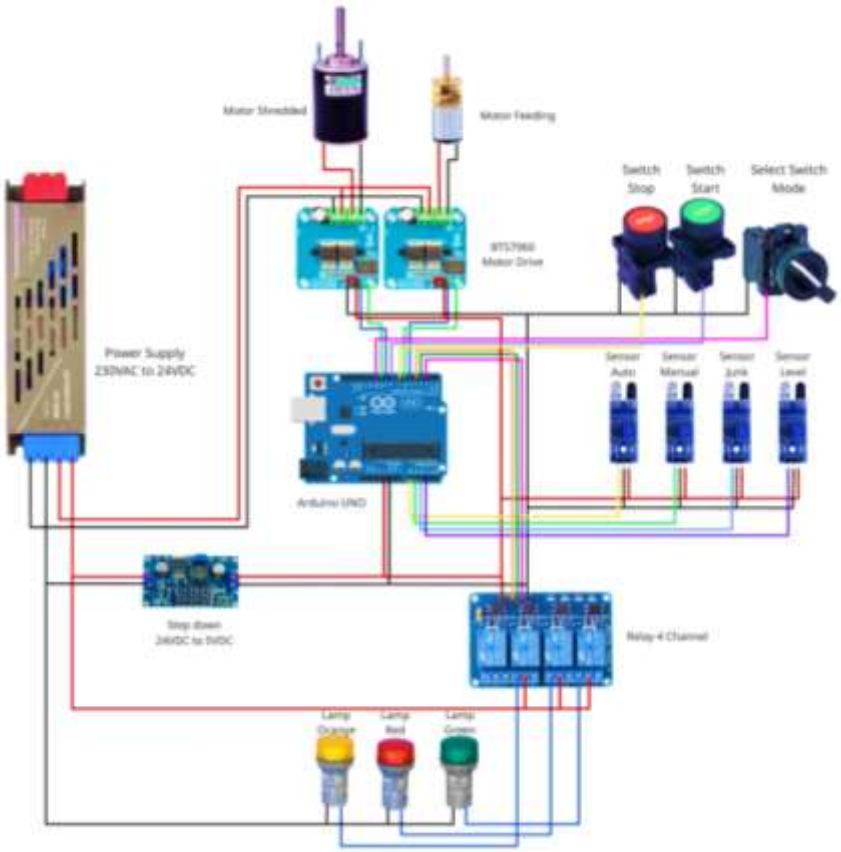


(ก) ด้านหน้า (ข) ด้านหลัง

ภาพที่ 2 การออกแบบโครงสร้างและกลไกของตัวเครื่อง

2) การออกแบบระบบวงจรไฟฟ้าและระบบควบคุมการทำงาน แสดงดังภาพที่ 3 วงจรควบคุมเครื่องย่อยกระดาษประกอบด้วยแหล่งจ่ายไฟ 220VAC แปลงเป็น 24VDC สำหรับมอเตอร์และไดรเวอร์ (Driver) พร้อมวงจรลดแรงดันเหลือ 5VDC สำหรับอุปกรณ์ควบคุม โดยมี Arduino Uno เป็นหน่วยประมวลผลหลักรับสัญญาณจากสวิตช์เลือกโหมด ปุ่มกด Start/Stop เซนเซอร์ตรวจจับกระดาษ และเซนเซอร์ตรวจสอบระดับเศษกระดาษในถัง จากนั้นสั่งงานมอเตอร์ชุดใบมีดย่อยและมอเตอร์ฟีดกระดาษผ่านชุดไดรเวอร์มอเตอร์ BTS7960 มีควบคุม

การเปิด–ปิดไฟแสดงสถานะผ่านโมดูลรีเลย์ 4 ช่องสัญญาณ และกำหนดลำดับการทำงานทั้งหมดให้เป็นไปตามเงื่อนไขความปลอดภัยของระบบ



ภาพที่ 3 การออกแบบระบบวงจรไฟฟ้าและระบบควบคุมการทำงาน

ผลการวิจัย

ผลการดำเนินงานภายหลังจากการออกแบบและพัฒนาเครื่องย่อยกระดาษแบบสองโหมดการควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมุ่งเน้นการแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องต้นแบบภายใต้เงื่อนไขการใช้งานที่กำหนด การทดสอบแบ่งออกเป็นการทำงานในโหมดควบคุมด้วยตนเองและโหมดอัตโนมัติ เพื่อประเมินความสามารถในการย่อยกระดาษ ความเสถียรของระบบฟีดกระดาษ และการตอบสนองของระบบควบคุม มีรายละเอียดดังนี้

1) ผลการทดลองในโหมดควบคุมด้วยตนเอง

การทดลองในโหมดนี้ดำเนินการโดยป้อนกระดาษจำนวน 1–10 แผ่น ตามลำดับ และทำการเก็บผลการทดสอบจำนวนละ 3 ครั้ง ผลการทดลองพบว่า เครื่องสามารถย่อยกระดาษได้อย่างสมบูรณ์ในช่วง 1–8 แผ่น โดยทุกครั้งของการทดลองให้ผลสำเร็จ อย่างไรก็ตาม เมื่อเพิ่มจำนวนกระดาษเป็น 9 และ 10 แผ่น เครื่องไม่สามารถย่อยได้ในทุกครั้งของการทดลอง ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 1 จากการสังเกตระหว่างการทดสอบ พบว่าสาเหตุหลักเกิดจากช่องป้อนกระดาษมีขนาดจำกัดทำให้กระดาษติดขัดก่อนเข้าสู่ชุดใบมีดย่อย ส่งผลให้มอเตอร์ไม่สามารถดึงกระดาษเข้าสู่กระบวนการตัดได้อย่างต่อเนื่อง

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการย่อยกระดาษของเครื่องในโหมดควบคุมด้วยตนเอง

จำนวนกระดาษ (แผ่น)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ผลสรุปการทดสอบ
1	สำเร็จ	สำเร็จ	สำเร็จ	ย่อยได้สมบูรณ์
2	สำเร็จ	สำเร็จ	สำเร็จ	ย่อยได้สมบูรณ์
3	สำเร็จ	สำเร็จ	สำเร็จ	ย่อยได้สมบูรณ์
4	สำเร็จ	สำเร็จ	สำเร็จ	ย่อยได้สมบูรณ์
5	สำเร็จ	สำเร็จ	สำเร็จ	ย่อยได้สมบูรณ์
6	สำเร็จ	สำเร็จ	สำเร็จ	ย่อยได้สมบูรณ์
7	สำเร็จ	สำเร็จ	สำเร็จ	ย่อยได้สมบูรณ์
8	สำเร็จ	สำเร็จ	สำเร็จ	ย่อยได้สมบูรณ์
9	ไม่สำเร็จ	ไม่สำเร็จ	ไม่สำเร็จ	ไม่สามารถย่อยได้
10	ไม่สำเร็จ	ไม่สำเร็จ	ไม่สำเร็จ	ไม่สามารถย่อยได้

2) ผลการทดลองในโหมดอัตโนมัติ

การทดลองในโหมดนี้ดำเนินการในเงื่อนไขเดียวกัน คือ ทดสอบกระดาษ 1–10 แผ่น ตามลำดับจำนวนละ 3 ครั้ง ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า เครื่องสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในช่วง 1–3 แผ่น โดยสามารถย่อยได้ครบทุกครั้งของการทดลอง สำหรับช่วง 4–6 แผ่น พบว่าผลการทำงานไม่สม่ำเสมอ บางครั้งสามารถย่อยได้ บางครั้งไม่สามารถย่อยได้ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 2 สาเหตุที่ทำให้ประสิทธิภาพลดลงในช่วงดังกล่าวเกิดจากน้ำหนักและความหนาของกระดาษที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ลูกกลิ้งฟีดกระดาษเกิดการลื่นไถล ทำให้แรงดึงกระดาษเข้าสู่ใบมีดลดลง จึงไม่สามารถป้อนกระดาษได้อย่างต่อเนื่อง ขณะที่ช่วง 7–10 แผ่น เครื่องไม่สามารถย่อยได้เลยในทุกการทดลอง เนื่องจากมอเตอร์ฟีดกระดาษที่ใช้มีความเร็วรอบสูง (ประมาณ 1000 รอบต่อนาที) แต่มีแรงบิดไม่เพียงพอในการดึงกระดาษจำนวนมากเข้าสู่ชุดใบมีด

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการย่อยกระดาษของเครื่องในโหมดอัตโนมัติ

จำนวนกระดาษ (แผ่น)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	จำนวนครั้งที่สำเร็จ (จาก 3 ครั้ง)	ผลการทดสอบโดยรวม
1	สำเร็จ	สำเร็จ	สำเร็จ	3	ย่อยได้สม่ำเสมอ
2	สำเร็จ	สำเร็จ	สำเร็จ	3	ย่อยได้สม่ำเสมอ
3	สำเร็จ	สำเร็จ	สำเร็จ	3	ย่อยได้สม่ำเสมอ
4	สำเร็จ	สำเร็จ	ไม่สำเร็จ	2	ย่อยได้บางครั้ง
5	ไม่สำเร็จ	สำเร็จ	สำเร็จ	2	ย่อยได้บางครั้ง
6	ไม่สำเร็จ	ไม่สำเร็จ	สำเร็จ	1	ย่อยได้ไม่สม่ำเสมอ

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการย่อยกระดาษของเครื่องในโหมดอัตโนมัติ (ต่อ)

จำนวนกระดาษ (แผ่น)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	จำนวนครั้งที่สำเร็จ (จาก 3 ครั้ง)	ผลการทดสอบโดยรวม
7	ไม่สำเร็จ	ไม่สำเร็จ	ไม่สำเร็จ	0	ไม่สามารถย่อยได้
8	ไม่สำเร็จ	ไม่สำเร็จ	ไม่สำเร็จ	0	ไม่สามารถย่อยได้
9	ไม่สำเร็จ	ไม่สำเร็จ	ไม่สำเร็จ	0	ไม่สามารถย่อยได้
10	ไม่สำเร็จ	ไม่สำเร็จ	ไม่สำเร็จ	0	ไม่สามารถย่อยได้

วิจารณ์ผล

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องย่อยกระดาษต้นแบบทั้งในโหมดควบคุมด้วยตนเอง และโหมดอัตโนมัติ พบความแตกต่างของสมรรถนะการทำงานอย่างชัดเจน โดยมีแนวโน้มสอดคล้องกับข้อมูลเชิงกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนกระดาษที่ป้อนกับความสามารถในการย่อยของเครื่อง

โหมดควบคุมด้วยตนเอง เครื่องสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องและมีเสถียรภาพตั้งแต่ 1–8 แผ่น คิดเป็นอัตราความสำเร็จร้อยละ 100 ของการทดลองทั้ง 3 ครั้งในทุกระดับดังกล่าว และมีค่าความสามารถสะสมสูงสุดที่ 24 แผ่น (8 แผ่น × 3 ครั้ง) ตามที่ปรากฏในกราฟภาพที่ 4 อย่างไรก็ตาม เมื่อเพิ่มจำนวนกระดาษเป็น 9 และ 10 แผ่น เครื่องไม่สามารถย่อยได้เลย (ร้อยละ 0) สะท้อนถึงขีดจำกัดของช่องป้อนกระดาษและแรงต้านเชิงกลที่เกินศักยภาพของระบบขับเคลื่อน แม้ว่าชุดใบมีดจะยังคงมีศักยภาพในการตัดทำลายกระดาษก็ตาม

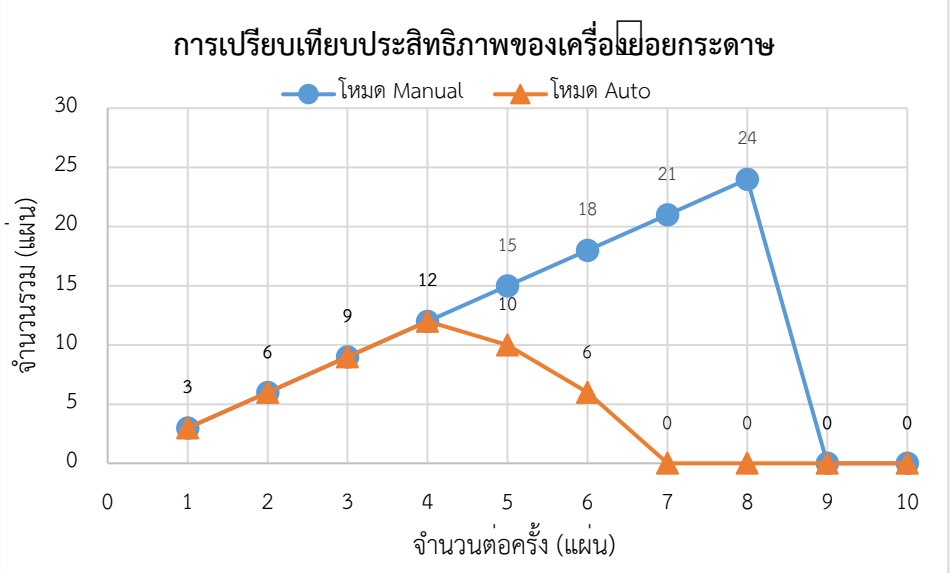
โหมดอัตโนมัติ ประสิทธิภาพของเครื่องมีแนวโน้มลดลงเร็วกว่าชัดเจน โดยสามารถย่อยกระดาษได้สมบูรณ์ในช่วง 1–3 แผ่น (ร้อยละ 100) และเริ่มลดลงที่ 4 แผ่น (ร้อยละ 67) และ 5 แผ่น (ร้อยละ 67) ก่อนจะลดลงเหลือร้อยละ 33 ที่ 6 แผ่น และไม่สามารถทำงานได้เลยตั้งแต่ 7 แผ่นขึ้นไป (ร้อยละ 0) ค่าความสามารถสะสมสูงสุดของโหมดอัตโนมัติอยู่ที่ 12 แผ่น (4 แผ่น × 3 ครั้ง) ซึ่งต่ำกว่าโหมดควบคุมด้วยตนเอง ถึงร้อยละ 50 แสดงให้เห็นว่าข้อจำกัดหลักไม่ได้อยู่ที่ระบบใบมีดย่อย แต่เกิดจากประสิทธิภาพของระบบป้อนกระดาษอัตโนมัติ

การเปรียบเทียบเส้นกราฟของทั้งสองโหมดแสดงให้เห็นลักษณะสำคัญ 2 ประการ ได้แก่

1) โหมดควบคุมด้วยตนเอง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นของความสามารถอย่างต่อเนื่องจนถึงจุดสูงสุดก่อนลดลงทันทีเมื่อเกินขีดจำกัดเชิงกล

2) โหมดอัตโนมัติ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเพียงช่วงต้นแล้วลดลงแบบค่อยเป็นค่อยไป สะท้อนข้อจำกัดด้านแรงเสียดทานของลูกกลิ้งฟีดและแรงบิดของมอเตอร์ฟีดที่ไม่เพียงพอเมื่อภาระโหลดเพิ่มขึ้น

ผลการวิจัยจึงชี้ให้เห็นว่า ปัจจัยกำหนดประสิทธิภาพหลักของเครื่องย่อยกระดาษระบบอัตโนมัติคือประสิทธิภาพของกลไกป้อนกระดาษ มากกว่าชุดใบมีด โดยแนวทางการพัฒนาในอนาคตควรมุ่งเพิ่มแรงบิดของมอเตอร์ฟีด ปรับปรุงวัสดุผิวลูกกลิ้งเพื่อเพิ่มแรงเสียดทาน และออกแบบช่องป้อนกระดาษให้เหมาะสมกับความหนาของชุดกระดาษ เพื่อให้ระบบอัตโนมัติมีสมรรถนะใกล้เคียงโหมดควบคุมด้วยตนเอง มากยิ่งขึ้น



ภาพที่ 4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องย่อยกระดาษในโหมด Manual และโหมด Auto

สรุปผล

งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จในการออกแบบและพัฒนาเครื่องย่อยกระดาษต้นแบบที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยระบบสามารถทำงานสอดคล้องกับเงื่อนไขที่กำหนดทั้งในโหมดควบคุมด้วยตนเองและโหมดอัตโนมัติ จากการทดสอบประสิทธิภาพพบว่า ในโหมดควบคุมด้วยตนเองเครื่องมีความเสถียรสูงที่สุดโดยรองรับการย่อยกระดาษได้สูงสุด 8 แผ่นต่อครั้ง (อัตราความสำเร็จร้อยละ 100) ขณะที่โหมดอัตโนมัติทำงานได้ดีที่สุดในช่วง 1–3 แผ่น โดยขีดความสามารถที่แตกต่างกันนี้บ่งชี้ถึงข้อจำกัดของแรงบิดในชุดมอเตอร์ป้อนกระดาษและกลไกการดึงกระดาษอัตโนมัติ

ในด้านความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ เครื่องต้นแบบนี้ใช้งบประมาณในการพัฒนาประมาณ 7,104 บาท แม้จะมีราคาสูงกว่าเครื่องย่อยกระดาษขนาดเล็กทั่วไปในท้องตลาด แต่เมื่อพิจารณาถึงความทนทานของชุดใบมีดเหล็กกล้าที่สามารถย่อยกระดาษพร้อมลวดเย็บได้ และความสามารถในการปรับแต่งระบบ (Customization) ถือว่ามีความคุ้มค่าสูงสำหรับผู้ที่สนใจในงานด้านวิศวกรรมแบบ DIY (Do It Yourself) เนื่องจากอุปกรณ์และวัสดุที่ใช้เป็นชิ้นส่วนมาตรฐาน (Off-the-shelf components) ที่หาได้ง่ายในปัจจุบัน ทำให้ง่ายต่อการสร้าง ซ่อมบำรุง และต่อยอดด้วยตนเอง

สรุปผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า เครื่องย่อยกระดาษต้นแบบนี้สามารถใช้งานได้จริงตามวัตถุประสงค์ สำหรับแนวทางการพัฒนาในอนาคต ควรพิจารณาการเพิ่มแรงบิดของชุดป้อนกระดาษและการปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของลูกกลิ้งฟีด เพื่อยกระดับประสิทธิภาพของระบบอัตโนมัติให้ทัดเทียมกับระบบควบคุมด้วยตนเอง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์จากหลายฝ่าย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ก้องเกียรติ โพธิ์ทอง, จักรพรรดิ ทองคำ และธวัชชัย ขันคำ เป็นอย่างสูง สำหรับการสนับสนุนด้านวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย ซึ่งมีส่วนสำคัญต่อการพัฒนาคุณภาพและความสมบูรณ์ของงานวิจัยฉบับนี้ นอกจากนี้ ขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ที่ได้สนับสนุนด้านทรัพยากร สถานที่ และสภาพแวดล้อมทางวิชาการ อันเอื้อต่อการดำเนินการวิจัยให้เป็นไปอย่างราบรื่นและบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

เอกสารอ้างอิง

ยศอนันต์ โคตรเขื่อน และฉัตรชัย เบญจปิยะพร. 2560. การศึกษาและพัฒนาเครื่องทำลายกระดาษแบบเพลาเดี่ยว. น. 352-361. ใน: การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยบัณฑิตศึกษา ระดับชาติและนานาชาติ 10 มีนาคม 2560. ณ อาคารพจน์ สารสิน มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

Ikuemonisan, V. O., & Ashiedu, F. I. 2023. Design and Construction of an Automated Paper Shredder with a Cross-Cut Pattern. Advances in Engineering Design Technology, 5(2): 33-47.

Alabado, R. M., Loquero, J., Demetillo, A. P., and Dagsa, L. M. 2024. Automated Sorting and Shredding System using Arduino Microcontrollers. 2024 4th International Conference on Advancement in Electronics & Communication Engineering (AECE) 22-23 November 2024. GHAZIABAD, India.

Olodu, D. D., Erameh, A. A., and Ihenyen, O. I. 2025. Design and Fabrication of a Low-Cost Automated Waste Sorting and Recycling System. International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies, 9(1): 30-41.

Sumedh, B., Spursh, K., and Parth, H. 2025. Bluetooth-Controlled Paper Shredder Using Arduino Uno and HC-05. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 12(9): 501-503.

การศึกษาคุณลักษณะทางไฟฟ้าและพฤติกรรมความร้อนของชุดขับเคลื่อนรถไฟฟ้าขนาดเล็กในสภาวะไร้ภาระ

Study of Electrical Characteristics and Thermal Behavior of a Small-Scale Electric Vehicle Drive System under No-Load Conditions

สุรสิทธิ์ ทองอ้ม[1] ,ธีรภัทร์ ดีสอน[1], ชินวัตร บุญขาว[1], สารัชต์ ตลับทอง[1] เกริกฤทธิ์ ภูพานเพชร[1] ,บุญยัง สิงห์เจริญ[1]

Surasit Thongom[1] , Teeraphat Deeson[1] , Chennawat Bunkhaw[1] , Sarach Talabthong[1] , Krerkrit Phuphanphet[1], Boonyang Singhcharoen[1]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ เลขที่ 145 ถนนสุรินทร์ – ปราสาท ตำบลนอกเมือง อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์ 32000

[1]Department of Electrical Technology, Faculty of Agriculture and Technology, Rajamangala University of Technology Isan, Surin Campus, 145 Surin–Prasat Road, Nok Mueang Subdistrict, Mueang Surin District, Surin 32000, Thailand

*Corresponding author E-mail: Surasit.th@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณลักษณะทางไฟฟ้าและพฤติกรรมความร้อนของชุดขับเคลื่อนสำหรับรถไฟฟ้าขนาดเล็กต้นแบบ โดยทำการทดสอบในสภาวะคงที่ภายใต้เงื่อนไขไร้ภาระ(No-load Conditions) เพื่อหาค่าพื้นฐานและขีดจำกัดการทำงานของอุปกรณ์ ชุดขับเคลื่อนประกอบด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่านขนาด 1,000 วัตต์ และแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนขนาด 48 โวลต์ 30 แอมแปร์-ชั่วโมง วิธีการทดสอบใช้วิธีการยกล้อขับเคลื่อนให้ลอยอิสระเพื่อขจัดแรงเสียดทานจากพื้นถนนและบันทึกผลต่อเนื่องเป็นเวลา 30 นาที ผลการทดสอบพบว่าในสภาวะไร้ภาระ กระแสไฟฟ้าที่ระบบดึงจากแบตเตอรี่มีความเสถียรสะท้อนถึงกำลังสูญเสียภายในระบบที่ต่ำ ในขณะที่การวิเคราะห์พฤติกรรมความร้อนพบว่าอุณหภูมิที่ตัวมอเตอร์และกล่องควบคุมมีอัตราการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 15 นาทีแรก และเริ่มมีแนวโน้มเข้าสู่สภาวะสมดุลเชิงความร้อนในช่วงท้ายของการทดสอบ โดยอุณหภูมิสูงสุดยังคงอยู่ในเกณฑ์ปลอดภัย ข้อมูลที่ได้นี้เป็นค่าอ้างอิงสำคัญในการออกแบบระบบระบายความร้อนและยืนยันเสถียรภาพของระบบขับเคลื่อนก่อนการทดสอบในสภาวะบรรทุกจริง

คำสำคัญ: รถไฟฟ้าขนาดเล็ก, สภาวะไร้ภาระ, คุณลักษณะทางไฟฟ้า, พฤติกรรมความร้อน, มอเตอร์ 1,000 วัตต์

Abstract

This research investigates the electrical characteristics and thermal behavior of a prototype small-scale electric vehicle drive system under static no-load conditions. The study aims to establish baseline performance and operational limits using a 1,000W brushless DC (BLDC) motor and a 48V 30Ah Lithium-ion battery pack. The experimental procedure involved elevating the drive wheels to eliminate ground friction while recording data continuously for 30 minutes. The results indicated that the system maintained a stable current draw, reflecting low internal losses under no-load conditions. Thermal analysis revealed a rapid temperature rise in the motor and controller during the first 15 minutes, followed by a stabilizing trend toward thermal equilibrium. The peak temperatures remained within safe operating limits. These characteristic data serve as a fundamental reference for thermal management design and validate the drive system's stability before proceeding to dynamic loaded testing.

Keywords : Small Electric Vehicle, No-load Condition, Electrical Characteristics, Thermal Behavior, 1,000W Motor

บทนำ

ในสภาวะปัจจุบันที่ทั่วโลกกำลังเผชิญกับวิกฤตการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความผันผวนของราคาน้ำมันเชื้อเพลิง ส่งผลให้เทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicles : EV) กลายเป็นทางเลือกหลักในการแก้ปัญหาความยั่งยืนด้านพลังงาน ยานยนต์ไฟฟ้าขนาดเล็ก (Small Electric Vehicles) จัดเป็นนวัตกรรมที่มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการขนส่งระยะสั้นและการใช้งานเฉพาะทางในพื้นที่จำกัด เนื่องจากมีความคล่องตัวสูง มีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่ำ และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนายานยนต์ไฟฟ้าที่มุ่งเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานจากระบบกักเก็บและชุดขับเคลื่อน

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง พบว่าการพัฒนายานยนต์ไฟฟ้าขนาดเล็กให้มีประสิทธิภาพนั้นจำเป็นต้องอาศัยการออกแบบและการวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงระบบที่แม่นยำ ปัญญากาย คมกริช (2557) ได้นำเสนอแนวทางการปรับปรุงรถพลังงานมนุษย์โดยใช้พลังงานไฟฟ้าเสริม ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการเลือกใช้ชุดขับเคลื่อนที่เหมาะสมมีผลโดยตรงต่อสมรรถนะการใช้งาน ขณะที่ พัสโก สมสงวนและคณะ(2560) ได้ดำเนินการออกแบบและพัฒนาสร้างรถไฟฟ้า RMU-Shuttle EV ซึ่งเน้นย้ำถึงความสำคัญของการทดสอบคุณลักษณะพื้นฐานก่อนการใช้งานจริงเพื่อให้เกิดความปลอดภัยสูงสุด นอกจากนี้ วีรยุทธ เติมสวัสดิ์(2562) ยังได้ศึกษาสมรรถนะของรถสามล้อไฟฟ้าเอนกประสงค์ พบว่าภาระในการบรรทุกและพฤติกรรมการจ่ายกระแสไฟฟ้าจากแหล่งกักเก็บเป็นตัวแปรสำคัญที่ส่งผลต่อความเชื่อถือได้ของยานพาหนะ

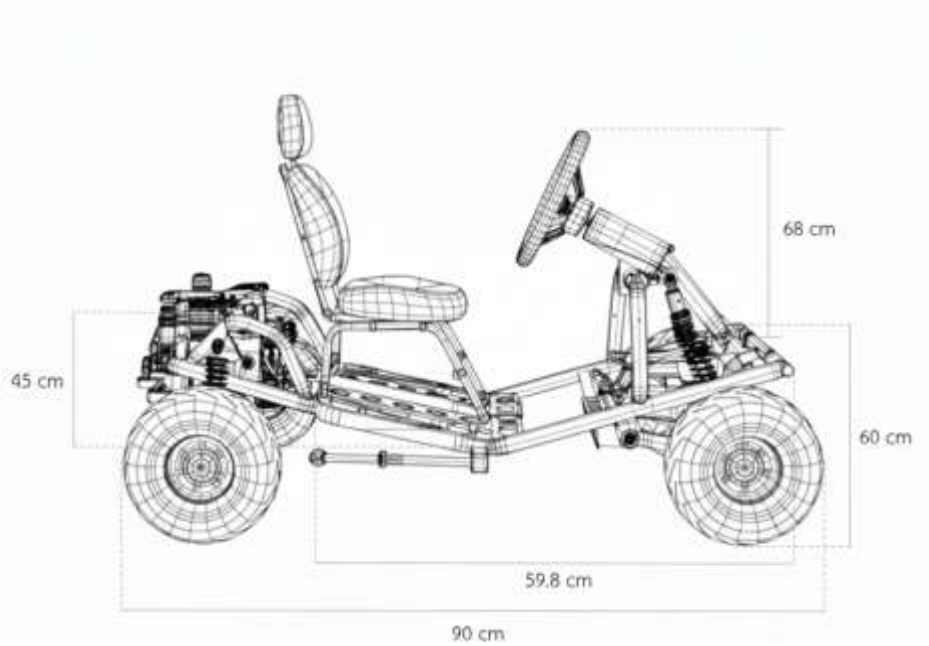
ประเด็นที่สำคัญยิ่งในการวิจัยด้านยานยนต์ไฟฟ้าคือการควบคุมและการจัดการความร้อน มลรัตน์ วงศ์เกษมและคณะ (2565) ได้ศึกษาการพัฒนาชุดควบคุมการขับเคลื่อนสำหรับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า และพบว่าชุดควบคุมที่มีประสิทธิภาพจะต้องสามารถจัดการสภาวะการทำงานภายใต้พิกัดกระแสที่แปรผันได้โดยไม่เกิดความร้อนสะสมที่เกินพิกัด สอดคล้องกับงานของ วิสุทธิธนารัตน์ อภิวัตน์และคณะ(2564) ที่ให้ความสำคัญกับการออกแบบโครงสร้างระบบขับเคลื่อนโดยใช้มอเตอร์ขับกลาง ซึ่งต้องคำนึงถึงความสัมพันธ์ระหว่างการใช้พลังงานไฟฟ้าและความร้อนที่เกิดขึ้นในขณะทำงาน เพื่อป้องกันความเสียหายของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำภายในกล่องควบคุมและขดลวดมอเตอร์

อย่างไรก็ตาม การทดสอบสมรรถนะส่วนใหญ่มักมุ่งเน้นไปที่การใช้งานในสภาวะที่มีภาระบรรทุก (Loaded Conditions) ทันที ซึ่งในบางครั้งอาจละเลยการทำความเข้าใจคุณลักษณะพื้นฐานในสภาวะไร้ภาระ (No-load Conditions) ซึ่งเป็นขั้นตอนวิกฤตในการระบุค่าสูญเสียภายในระบบ (Internal Losses) และขีดจำกัดด้านความร้อนสะสมตามธรรมชาติของชุดขับเคลื่อน ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การศึกษาคุณลักษณะทางไฟฟ้าและพฤติกรรมความร้อนของชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่านขนาด 1,000 วัตต์ ภายใต้เงื่อนไขไร้ภาระ เพื่อสร้างฐานข้อมูลอ้างอิงด้านความเสถียรเชิงระบบและประสิทธิภาพเชิงความร้อน ข้อมูลที่ได้จะเป็นพื้นฐานสำคัญในการพยากรณ์พฤติกรรมของยานยนต์ไฟฟ้าขนาดเล็กก่อนการพัฒนาไปสู่ขั้นการทดสอบในสภาวะบรรทุกหนักและการใช้งานจริงอย่างเป็นระบบต่อไป

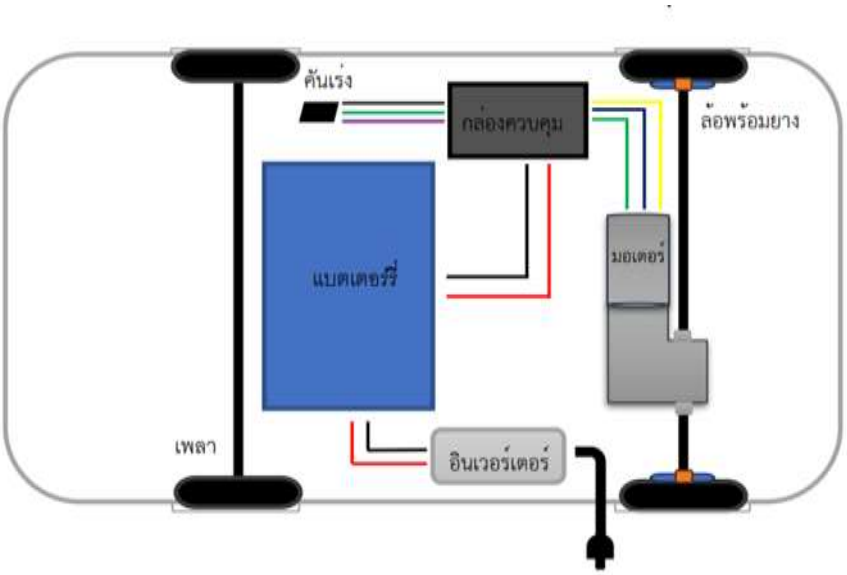
วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การพัฒนาโครงสร้างรถไฟฟ้าขนาดเล็ก

รถไฟฟ้าขนาดเล็ก หรือรถที่พัฒนามาจากรถไฟฟ้าผู้สูงอายุมีความยาวของตัวรถอยู่ที่ 90 เซนติเมตรมีความยาวจากเพลารถขึ้นไปหาพวงมาลัยรถอยู่ที่ 68 เซนติเมตร มีความสูงจากโครงรถขึ้นไปหาเบาะรถอยู่ที่ 45 เซนติเมตรและมีความกว้างของตัวรถอยู่ที่ 60 เซนติเมตร ส่วนประกอบหลักคือโครงรถที่ทำจากท่อเหล็กล้อ ทั้ง 4 ล้อ,จากเดิมเป็นแฮนรถผู้สูงอายุสำหรับบังคับทิศทางได้พัฒนามาเป็น พวงมาลัย สำหรับบังคับทิศทาง, เบาะที่นั่ง นอกจากนี้ยังมีแผ่นรองตัวรถและได้ใส่มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 48V 30A เพื่อให้มีประสิทธิ์ภาพมากขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 1



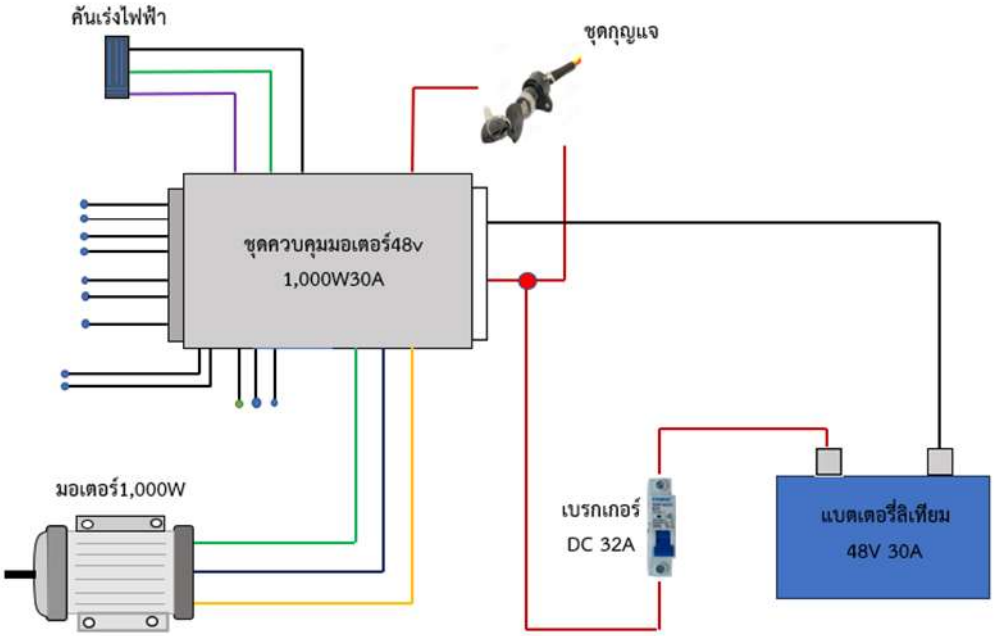
ภาพที่ 1 แนวคิดในการออกแบบ



ภาพที่ 2 แนวคิดในการออกแบบ

2. การออกแบบระบบควบคุมของรถไฟฟ้า

การเลือกระบบควบคุมและการขับเคลื่อนจากที่ได้เลือกกำลังมอเตอร์ ซึ่งได้กำลังวัตต์มอเตอร์ขนาด 1,000 วัตต์ที่แรงดัน 48 โวลต์ดังนั้นจึงเลือกระบบควบคุมที่มีกำลังมอเตอร์ขนาด 1,000 วัตต์เช่นเดียวกัน ส่วนประกอบของวงจรควบคุมที่นำมาต่อกับมอเตอร์ของ รถไฟฟ้าขนาดเล็ก ประกอบด้วย -ชุดควบคุมมอเตอร์ -ชุดคันเร่ง -เบรกเกอร์ -มอเตอร์ขับเคลื่อน -แบตเตอรี่ลิเธียม



ภาพที่ 3 ลักษณะโครงสร้างของตัวรถ

ผลการวิจัย

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของรถไฟฟ้าแบ่งวิธีการทดสอบออกเป็น 3 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

การทดสอบในสภาวะคงที่ (Static Test / Bench Test) เป็นการทดสอบเพื่อดูประสิทธิภาพของระบบขับเคลื่อน (Powertrain) โดยตรงก่อนนำไปวิ่งบนถนนจริง เพื่อลดปัจจัยภายนอกอย่างลมหรือสภาพถนน

วิธีดำเนินการ : เนื่องจากไม่มีชุดทดสอบ (Dyno) จึงใช้การยกล้อให้ลอยแล้วใช้เบรกสร้างโหลดเพื่อบันทึกข้อมูล แรงดันไฟฟ้า (V) กระแสไฟฟ้า (I) จากแบตเตอรี่ (P_{in} = V x I) ความร้อนที่เกิดขึ้นที่ตัวมอเตอร์ กล่องควบคุม และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม โดยทำการทดสอบโดยการรันมอเตอร์เป็นเวลา 30 นาที ทำการบันทึกค่าทุกๆ 1 นาที (ทดสอบในโหมดความเร็วระดับ 1) ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 1

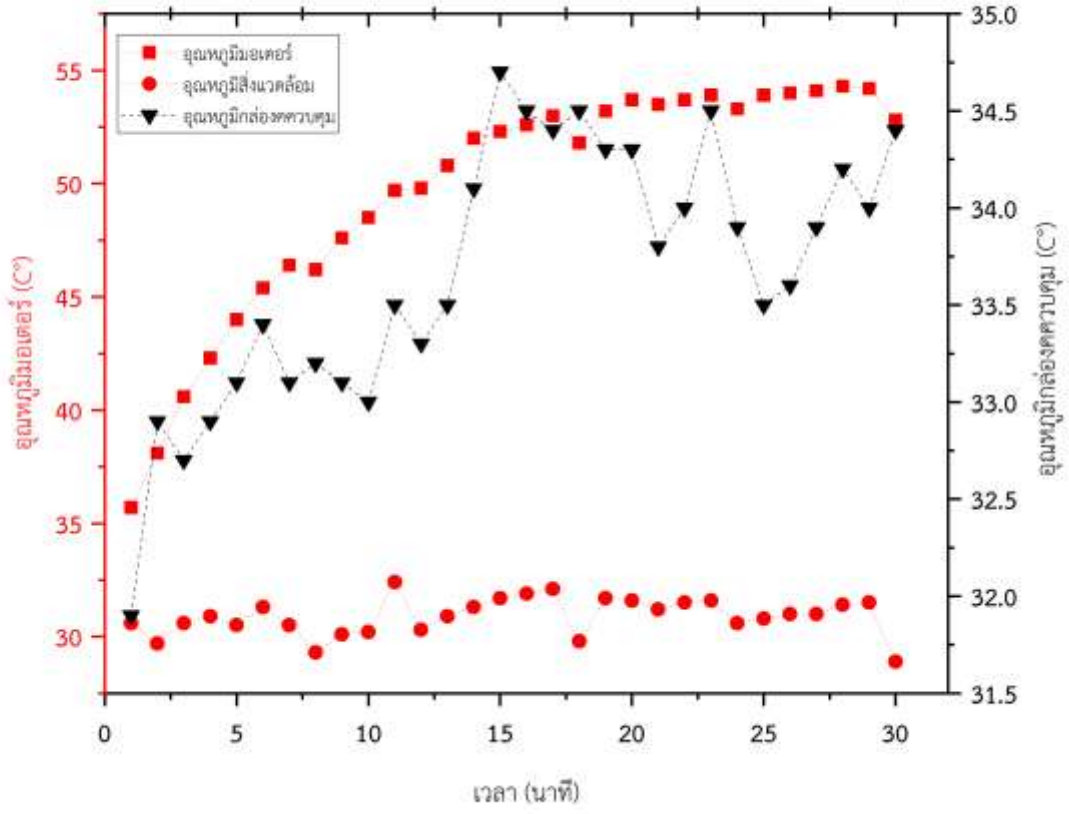
ตารางที่ 1 ผลการทดลองสภาวะคงที่ (Static Test Data Table)

เวลา (นาที)	แรงดันไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า ($I_{no-load}$)(A)	กำลังไฟฟ้า (P_{in})(W)	อุณหภูมิมอเตอร์ (C°)	อุณหภูมิกล่องควบคุม (C°)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (C°)
1	52.47	0.29	15.22	35.70	32.90	30.60
2	52.38	0.24	12.57	38.10	31.90	29.70
3	52.39	0.22	11.52	40.60	32.70	30.60
4	52.34	0.25	13.08	42.30	32.90	30.90

เวลา (นาที)	แรงดันไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า ($I_{no-load}$)(A)	กำลังไฟฟ้า (P_{in})(W)	อุณหภูมิมอเตอร์ (C°)	อุณหภูมิกล่องควบคุม (C°)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (C°)
5	52.30	0.82	42.88	44.00	33.10	30.50
6	52.34	0.77	40.30	45.40	33.40	31.30
7	52.34	0.8	41.87	46.40	33.10	30.50
8	52.35	0.82	42.92	46.20	33.20	29.30
9	52.36	0.76	39.79	47.60	33.10	30.10
10	52.37	0.77	40.32	48.50	33.00	30.20
11	52.39	0.82	42.95	49.70	33.50	32.40
12	52.39	0.83	43.48	49.80	33.30	30.30
13	52.39	0.91	47.67	50.80	33.50	30.90
14	52.39	0.87	45.57	52.00	34.10	31.30
15	52.40	0.87	45.58	52.30	34.70	31.70
16	52.40	0.87	45.58	52.60	34.50	31.90
17	52.40	0.9	47.16	53.00	34.40	32.10
18	52.41	0.87	45.59	51.80	34.50	29.80
19	52.43	0.82	42.99	53.20	34.30	31.70
20	52.44	0.86	45.09	53.70	34.30	31.60
21	52.43	0.86	45.08	53.50	33.80	31.20
22	52.44	0.81	42.47	53.70	34.00	31.50
23	52.43	0.84	44.04	53.90	34.50	31.60
24	52.44	0.81	42.47	53.30	33.90	30.60
25	52.43	0.82	42.99	53.90	33.50	30.80
26	52.44	0.82	43.00	54.00	33.60	31.00
27	52.43	0.87	45.61	54.10	33.90	31.00
28	52.45	0.8	41.96	54.30	34.20	31.40
29	52.46	0.8	41.96	54.20	34.00	31.50

เวลา (นาที)	แรงดันไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า ($I_{no-load}$)(A)	กำลังไฟฟ้า (P_{in})(W)	อุณหภูมิมอเตอร์ (C°)	อุณหภูมิกล่องควบคุม (C°)	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (C°)
30	52.44	0.8	41.95	52.80	34.40	28.90

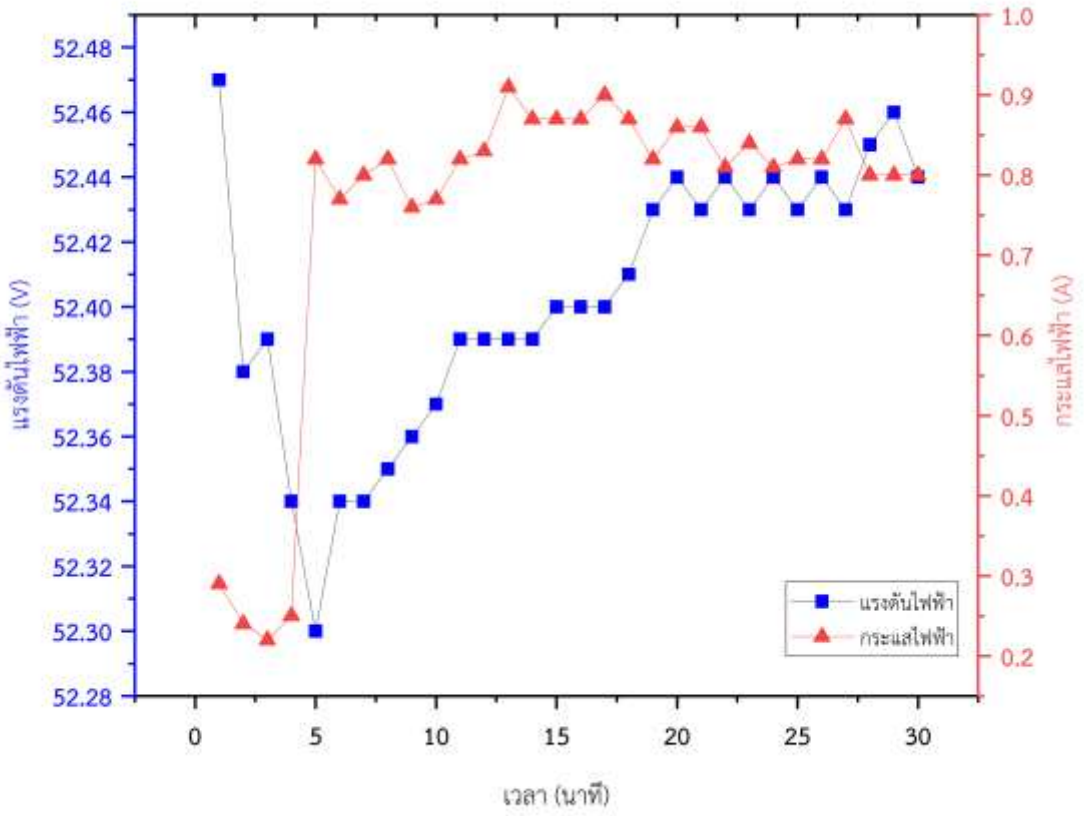
วิจารณ์ผลการวิจัย



ภาพที่ 4 แสดงพฤติกรรมความร้อนสะสม (Thermal Transient Curve)

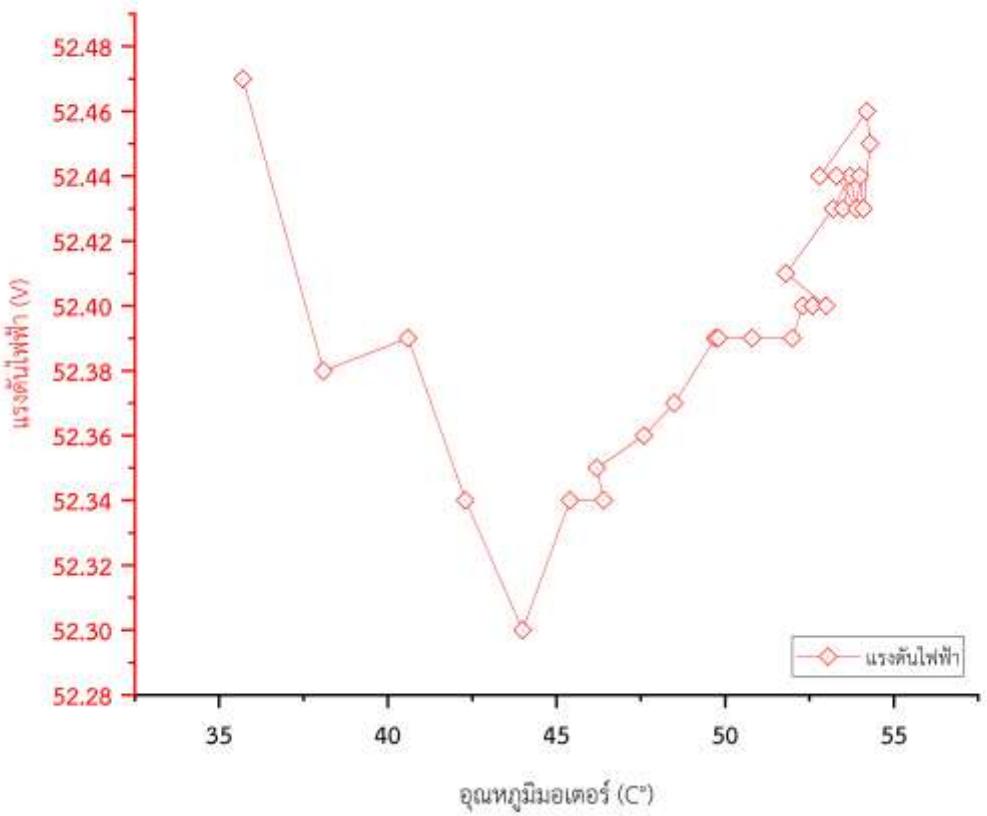
การวิเคราะห์พฤติกรรมความร้อน (Thermal Behavior Analysis) จากรูปที่ 1 แสดงผลการบันทึกอุณหภูมิในช่วง 30 นาทีแรกของการทำงาน พบว่าอุณหภูมิของมอเตอร์และกล่องควบคุมมีอัตราการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในช่วง 10 นาทีแรก อุณหภูมิพุ่งสูงขึ้นอย่างรวดเร็วเนื่องจากการสูญเสียพลังงานในขณะเริ่มต้น (Start-up Loss) และความต้านทานในขดลวด หลังจากนาทีที่ 20 เป็นต้นไป อัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเริ่มมีลักษณะคงที่ (Slope ลดลง) โดยอุณหภูมิสูงสุดที่วัดได้ไม่เกิน 55°C ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวัสดุและการออกแบบ

โครงสร้างของชุดขับเคลื่อนมีความสามารถในการทนทานต่อความร้อนสะสมในสภาวะการทำงานต่อเนื่องได้เป็นอย่างดี แม้จะไม่มีการระบายความร้อนก็ตาม



ภาพที่ 5 แสดงคุณลักษณะการใช้พลังงาน (Energy Consumption Profile)

คุณลักษณะทางไฟฟ้าและการจ่ายพลังงาน (Energy Consumption Profile) รูปที่ 2 แสดงคุณลักษณะทางไฟฟ้าในสภาวะไร้ภาระ พบว่ากระแสไฟฟ้าที่ระบบดึงจากแบตเตอรี่มีค่าค่อนข้างนิ่งอยู่ที่ประมาณ 0.9 แอมแปร์ ตลอดช่วงเวลา 30 นาที ซึ่งสะท้อนถึงค่าความเสียดทานภายใน (Internal Friction) และกำลังสูญเสียขณะไม่มีโหลดที่ต่ำ ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่มีการลดลงเพียงเล็กน้อยในลักษณะเส้นตรง (Linear Decay) ผลการทดลองนี้ยืนยันถึงความเสถียรของระบบควบคุมกระแสไฟฟ้าและการจัดการพลังงานของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนที่สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้อย่างสม่ำเสมอในสภาวะเตรียมความพร้อม



ภาพที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันตกคร่อมและอุณหภูมิ (Voltage Drop vs. Temperature)

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันตกคร่อมและอุณหภูมิในรูปที่ 3 พบว่าอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นมีความสัมพันธ์เชิงผกผันกับการลดลงของแรงดันไฟฟ้าอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการทดสอบอยู่ในสภาวะไร้ภาระซึ่งมีการดึงกระแสไฟฟ้าต่ำ ส่งผลให้แรงดันตกคร่อมที่เกิดจากความร้อน (Thermal-induced Voltage Drop) มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่น้อยมาก ข้อมูลนี้ชี้ให้เห็นว่าชุดขับเคลื่อน 1,000 วัตต์นี้มีการสูญเสียพลังงานในรูปความร้อนที่ต่ำในสภาวะเริ่มต้น ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ดีในการรักษาประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Energy Efficiency) ของรถไฟฟ้าต้นแบบก่อนที่จะเข้าสู่สภาวะที่มีภาระบรรทุกจริง

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาคุณลักษณะทางไฟฟ้าและพฤติกรรมความร้อนของชุดขับเคลื่อนรถไฟฟ้าขนาดเล็กในสภาวะไร้ภาระเป็นเวลา 30 นาที สามารถสรุปผลได้ดังนี้ ด้านคุณลักษณะทางไฟฟ้า ในสภาวะไร้ภาระ ระบบขับเคลื่อนมีการดึงกระแสไฟฟ้าที่ค่อนข้างคงที่ ซึ่งแสดงถึงความเสถียรของกล่องควบคุมและความสูญเสียทางกลที่

ต่ำภายในตัวมอเตอร์ 1,000 วัตต์ ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่มีการลดลงอย่างสม่ำเสมอตามลักษณะการคายประจุปกติ ด้านพฤติกรรมความร้อน อุณหภูมิของมอเตอร์และกล่องควบคุมมีการตอบสนองต่อการทำงานอย่างชัดเจน โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นของความร้อนสูงในช่วงเริ่มต้นและเริ่มคงที่ในช่วงนาทีที่ 20-30 ซึ่งอุณหภูมิสูงสุดที่วัดได้ยืนยันว่าระบบระบายความร้อนแบบพาความร้อนตามธรรมชาติมีความเพียงพอสำหรับสภาวะเตรียมความพร้อม เสถียรภาพของระบบ ความสัมพันธ์เชิงผกผันระหว่างแรงดันไฟฟ้าและอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในระดับต่ำชี้ให้เห็นว่าระบบขับเคลื่อนมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่ดีและมีความพร้อมสูงในการรองรับการทดสอบในสภาวะที่มีภาระบรรทุก (Loaded Conditions) ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ ที่อนุเคราะห์ให้ใช้สถานที่ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

เอกสารอ้างอิง

จินดา มนตรี, มโนสิทธิ์ วงษ์คำ, และ ปณิธาน พีรพงศ์. (2561). การออกแบบและสร้างชุดควบคุมมอเตอร์ BLDC สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าขนาดเล็ก. คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

ปัญญากาย คมกริช. (2557). การปรับปรุงรถปั่นพลังงานมนุษย์โดยใช้พลังงานไฟฟ้า [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์]. คลังปัญญา มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. http://ethesisarchive.library.tu.ac.th/thesis/2014/TU_2014_5610037557_821_1057.pdf

พัสโก สมสงวน, และคณะ. (2560). การออกแบบและพัฒนาสร้างรถไฟฟ้า RMU – Shuttle EV. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

มลรัตน์ วงศ์เกษม, กวินพัฒน์ กวินพัชรานนท์, และ ปรเมศวร์ ยูระยา. (2565). การพัฒนาชุดควบคุมการขับเคลื่อนสำหรับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า. วารสารวิชาการ มทร. กรุงเทพ, 16(1), 12-25.

วีรยุทธ เติมสวัสดิ์. (2562). การพัฒนารถสามล้อไฟฟ้าเอนกประสงค์. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

วิสุทธิธนารัตน์ อภิวัฒน์, และคณะ. (2564). การออกแบบและพัฒนารถสามล้อไฟฟ้าระบบมอเตอร์ขับกลาง. วารสารวิจัยและนวัตกรรม สถาบันการอาชีวศึกษากรุงเทพมหานคร, 4(2), 45-58. https://doi.org/10.14456/ivib.2021.15

สถาบันยานยนต์. (2561). โครงการศึกษาวิจัยถอดแบบชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า (EV Reverse Engineering). กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม.

สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สอวช.). (2552). การพัฒนาและออกแบบระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง. TSRI e-Library.

สุบรรณพงษ์ วรพจน์, และคณะ. (2563). การออกแบบและพัฒนาต้นแบบยานยนต์อเนกประสงค์ไฟฟ้า. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 47(3), 320-329. https://doi.org/10.14456/kuej.2020.32

อรัญนาถ วุฒิกร, และคณะ. (2563). การศึกษาสมรรถนะของยานยนต์ไฟฟ้าขนาดเล็กในสภาวะการขับขี่จริง. วารสารเทคโนโลยีภาคใต้, 13(2), 110-120.

H Sem Motor. (2566). รายละเอียดคุณลักษณะรถไฟฟ้า รุ่น Star 1000. https://www.hsemmotor.com/star-1000-2/

การออกแบบระบบติดตามพลังงานแสงอาทิตย์แบบแกนเดียวเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 1 kW

Design of a Single-Axis Solar Tracking System to Enhance the Efficiency of a 1 kW Photovoltaic Power Generation System

กันตภณ ทรงราษ[1*] บุญยัง สิงห์เจริญ[2] ชนาภา ศรีสุข[3] นารี ดำเนินงาม[4] เกริกฤทธิ์ ภูพานเพชร[5] สรายุตร์ สวัสดิ์วงษ์ชัย[6]และ ชวลิต ทองดี[7]

Kuntaphon Songrasee[1*] Boonyung Singjaroen[2] Chanapa Srisuk[3] Naree Damnernngam[4] Krerkrit Phuphanphe[5] Sarayut Sawatdiwonkchai[6] and Chawalit Thongdee[7]

[1]สาขาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์

*Corresponding author E-mail:boonyungya@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบ และพัฒนาระบบติดตามพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Tracking System) แบบแกนเดียว สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 1 kW เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้า เมื่อเปรียบเทียบกับระบบติดตั้งแผงแบบมุมคงที่ ระบบที่พัฒนาขึ้นเป็นระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบแกนเดียว โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับเซนเซอร์ตรวจวัดความเข้มแสง เพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์หันเข้าหาดวงอาทิตย์ตลอดช่วงเวลาที่มีแสงอาทิตย์ ระบบต้นแบบประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 440 W จำนวน 3 แผง รวมกำลังการผลิต 1,320 W โครงสร้างรองรับแบบเคลื่อนที่ได้ ชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแกนชักสำหรับปรับมุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และชุดควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ (PLC) จะรับข้อมูลจากเซนเซอร์วัดความเข้มแสงซึ่งติดตั้งบริเวณหัวท้ายของโครงสร้างรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อนำมาประมวลผล และสั่งงานชุดขับเคลื่อนทำงานเมื่อค่าความเข้มแสงที่ตรวจวัดได้มีความแตกต่างกัน การทดสอบภาคสนามพบว่าระบบติดตามพลังงานแสงอาทิตย์สามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติ ผลการทดสอบวัดค่าความเข้มแสงในช่วงเวลา 08.00–17.00 น.พบว่าระหว่างระบบที่นำเสนอเปรียบเทียบกับระบบติดตั้งแผงแบบมุมคงที่มีค่าความเข้มแสงเฉลี่ย 609 W/m^2 และ 515 W/m^2 ตามลำดับ แสดงให้เห็นได้ว่าต้นแบบการออกแบบ และพัฒนาระบบติดตามพลังงานแสงอาทิตย์แบบแกนเดียวสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 15.5 %

คำสำคัญ: ระบบติดตามพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ ประสิทธิภาพพลังงาน พีแอลซี

Abstract

This article aims to design and develop a single-axis solar tracking system for a 1 kW photovoltaic (PV) power generation system in order to enhance electrical energy production efficiency compared with a fixed-tilt PV installation. The developed system is a single-axis solar tracking system that utilizes a microcontroller in conjunction with light intensity sensors to control the operation of an electric motor, allowing the PV panels to continuously orient toward the sun during daylight hours.The prototype system consists of three 440-watt photovoltaic panels with a total installed capacity of 1,320 watts, a movable supporting structure, a DC linear actuator motor for adjusting the tilt angle of the PV panels, and a control unit based on a programmable logic controller (PLC). The PLC receives light intensity data from sensors installed at both ends of the PV panel structure, processes the input signals, and activates the drive mechanism when a significant difference in measured light intensity is detected.Field testing demonstrated that the proposed solar tracking system operates automatically and effectively. Experimental results obtained between 07:00 - 17:00 showed that the average solar irradiance measured by the proposed tracking system and the fixed-tilt system was 609 W/m² and 515 W/m², respectively. These results indicate that the developed single-axis solar tracking system prototype can increase the average electrical energy generation efficiency by approximately 15.5%.

Keywords: Solar tracking system ; Photovoltaic system; Energy efficiency ; PLC

บทนำ

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาที่ยั่งยืน เนื่องจากเป็นพลังงานสะอาด ไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม และช่วยลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิลซึ่งมีปริมาณจำกัด (Messenger & Ventre, 2010) ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อน และได้รับพลังงานแสงอาทิตย์ในระดับสูงตลอดทั้งปี ส่งผลให้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบโฟโตโวลตาอิก (Photovoltaic: PV) ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทั้งในภาคครัวเรือน ภาคอุตสาหกรรม และภาคการศึกษา (Duffie & Beckman, 2013) อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขึ้นอยู่กับมุมตกกระทบของแสงอาทิตย์ต่อแผงเซลล์

แสงอาทิตย์เป็นสำคัญ ระบบติดตั้งแผงแบบมุมคงที่ซึ่งใช้กันทั่วไปไม่สามารถปรับมุมให้สอดคล้องกับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาในแต่ละวัน และฤดูกาลได้ ส่งผลให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถรับพลังงานแสงอาทิตย์ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพตลอดช่วงเวลาการผลิตไฟฟ้า (Kalogirou, 2009) เพื่อลดข้อจำกัดดังกล่าว จึงได้มีการพัฒนาระบบติดตามพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Tracking System) ซึ่งเป็นระบบที่สามารถปรับทิศทางของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้หันเข้าหาดวงอาทิตย์อย่างเหมาะสมตลอดช่วงเวลาที่มีแสงอาทิตย์ งานวิจัยหลายฉบับพบว่าระบบติดตามดวงอาทิตย์สามารถเพิ่มปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้มากกว่าระบบติดตั้งแบบมุมคงที่ โดยระบบติดตามแบบแกนเดียวสามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้ประมาณร้อยละ 20–30 ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศและตำแหน่งที่ติดตั้ง (Chowdhury et al., 2013)

ดังนั้นบทความนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบ และพัฒนาระบบติดตามพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 1 kW โดยใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบแกนเดียว ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับเซนเซอร์ตรวจวัดความเข้มแสง เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าระหว่างระบบติดตามและระบบติดตั้งแผงแบบมุมคงที่ ผลการศึกษาที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กถึงขนาดกลาง และเป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอนและงานวิจัยด้านพลังงานทดแทนในระดับอุดมศึกษา

วิธีการดำเนินการวิจัย

บทความนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบ พัฒนา และทดสอบระบบติดตามพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 1 kW ทำการการศึกษา และรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องทำการศึกษาทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบแกนเดียว เทคโนโลยีไมโครคอนโทรลเลอร์ เซนเซอร์วัดความเข้มแสง และอุปกรณ์ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนาระบบต้นแบบ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

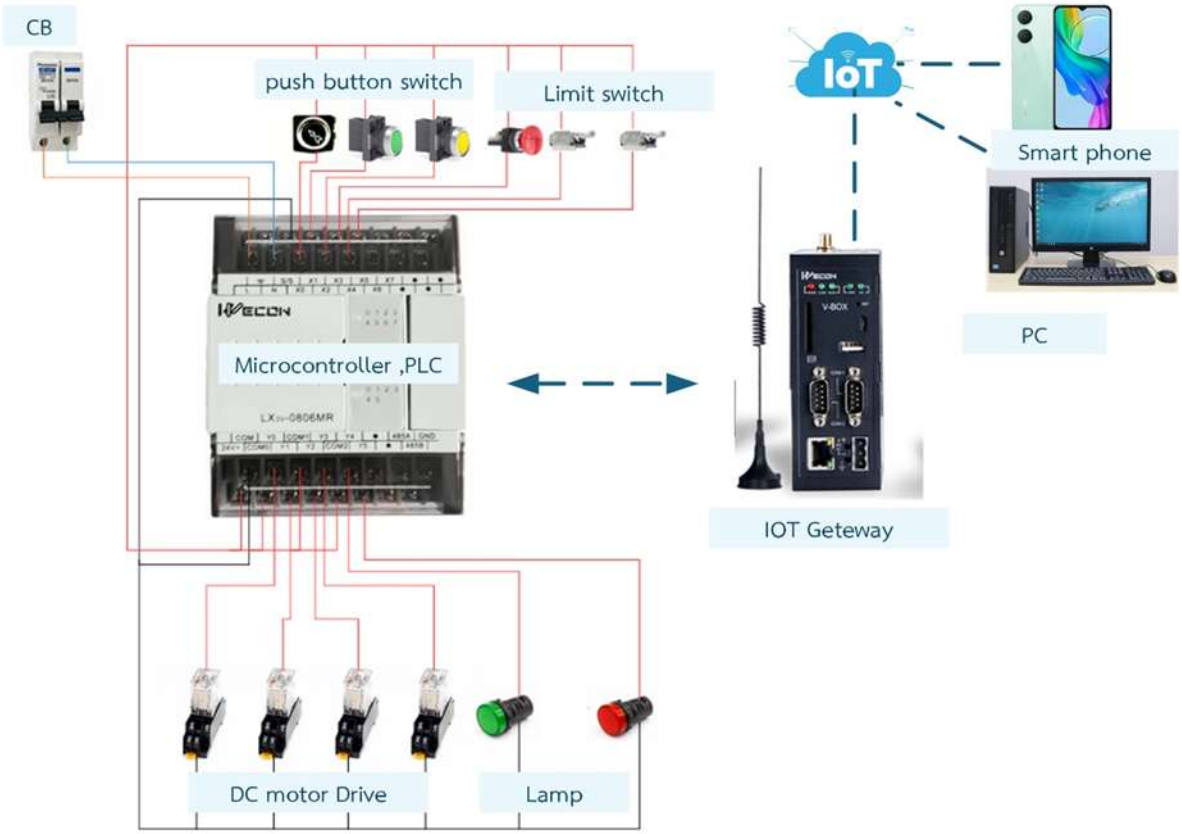
การออกแบบระบบโดยรวม ระบบติดตามพลังงานแสงอาทิตย์ที่พัฒนาขึ้นเป็นระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบแกนเดียว (Single-Axis Solar Tracking System) ซึ่งออกแบบให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถหมุนตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ในแนวตะวันออก – ตะวันตก โดยระบบประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดรวม 1 kW โครงสร้างรองรับแบบเคลื่อนที่ได้ ชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ ระบบส่งกำลัง และชุดควบคุมการทำงาน การเลือกใช้ระบบติดตามแบบแกนเดียวเนื่องจากมีโครงสร้างไม่ซับซ้อน ใช้พลังงานในการขับเคลื่อนต่ำ และมีต้นทุน

การติดตั้ง และบำรุงรักษาน้อยกว่าระบบติดตามแบบสองแกน แต่ยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีนัยสำคัญ

การออกแบบฮาร์ดแวร์ การออกแบบฮาร์ดแวร์ประกอบด้วยส่วนสำคัญ ได้แก่ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอนผลึกขนาด 440W จำนวน 3 แผง กำลังไฟฟ้ารวม 1.32kW วางบนโครงสร้างรองรับแบบเคลื่อนที่ได้ พร้อมติดตั้งชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแกนชักทำหน้าที่ปรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ตามแนวแกนเดียว ดังแสดงในภาพที่ 1 ทำการติดตั้งเซนเซอร์ตรวจวัดความเข้มแสง (Light Intensity Sensor) รุ่น VEML 7700 จำนวน 2 ตัว บริเวณหัวท้ายของโครงสร้างรองรับแผง ทำหน้าที่วัดค่าความเข้มแสงจากดวงอาทิตย์เพื่อ ส่งค่าข้อมูลให้ชุดควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ เลือกใช้ PLC รุ่น Wecon 1208MR-A ซึ่งทำหน้าที่ประมวลผลนำมาค่าความเข้มแสงจากเซนเซอร์นำมาเปรียบเทียบ และสั่งงานมอเตอร์ทำงานเมื่อค่าความเข้มแสงที่ตรวจวัดได้มีค่าความแตกต่างกัน และจะหยุดทำงานเมื่อค่าความเข้มแสงทั้งสองค่ามีค่าใกล้เคียงกันที่กำหนดไว้ อีกทั้งระบบยังติดตั้งอุปกรณ์เกตเวย์อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things Gateway) ทำหน้าที่รวบรวม บันทึก และส่งข้อมูลค่าความเข้มแสง และค่าอุณหภูมิความชื้นบริเวณสภาพแวดล้อมบริเวณติดตั้งจากอุปกรณ์ภาคสนามไปยังระบบคลาวด์ เลือกใช้รุ่น V-BOX WF อุปกรณ์ทั้งหมดถูกออกแบบให้ทำงานร่วมกันอย่างเป็นระบบ ดังแสดงในภาพที่ 2 เพื่อให้การติดตามตำแหน่งดวงอาทิตย์เป็นไปอย่างต่อเนื่อง และแม่นยำ

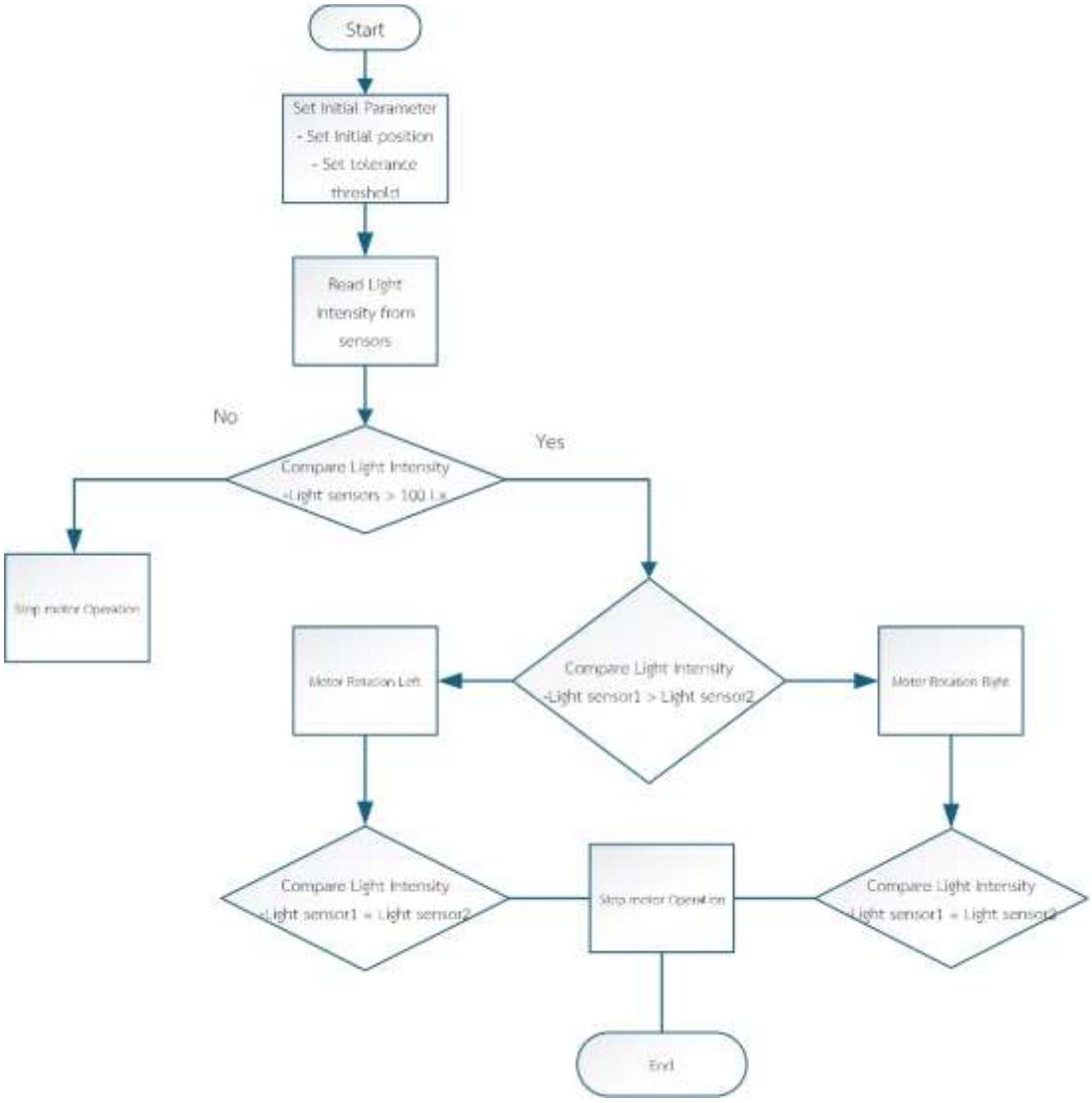


ภาพที่ 1 ต้นแบบโครงสร้างรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์



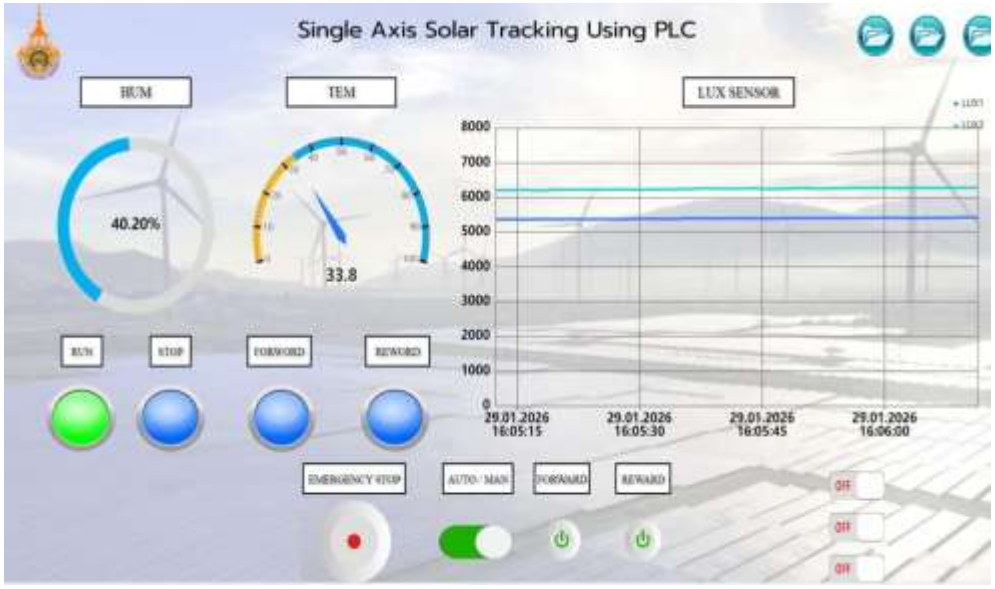
ภาพที่ 2 ส่วนประกอบอุปกรณ์ระบบติดตามพลังงานแสงอาทิตย์

การออกแบบระบบควบคุม โดยเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบติดตามพลังงานแสงอาทิตย์บนไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยกำหนดเงื่อนไขการทำงานให้ระบบอ่านค่าความเข้มแสงจากเซนเซอร์ทั้ง 2 ตำแหน่ง บริเวณหัวท้ายของโครงสร้างรองรับแผง และนำมาเปรียบเทียบค่าที่ได้ หากค่าความเข้มแสงมีค่าต่ำกว่า 100 Lux ระบบจะไม่ทำงาน แต่ถ้าหากค่าความเข้มแสงมีมากกว่า100 Lux ระบบจะทำงานตามเงื่อนไขโดยการตรวจสอบความแตกต่างของความเข้มแสงระหว่างเซนเซอร์ทั้ง 2 เกินค่าที่กำหนด ระบบจะสั่งงานมอเตอร์ทำงานเพื่อปรับมุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสมจนกว่าค่าความเข้มแสงจะอยู่ในสภาวะสมดุลระบบควบคุมจะสั่งมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงให้หยุดทำงาน ขั้นตอนการออกแบบการทำงานของระบบควบคุม ดังแสดงภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การออกแบบระบบควบคุมการทำงาน

การส่งข้อมูลผ่านระบบ IOT ข้อมูลต่างๆ ที่ระบบควบคุมประมวลถูกส่งผ่านขึ้นระบบอินเตอร์เน็ต เพื่อดูค่าความเข้มแสงจากเซนเซอร์ทั้ง 2 ตำแหน่ง และค่าอุณหภูมิความชื้นบริเวณสภาพแวดล้อมบริเวณติดตั้งจากอุปกรณ์ภาคสนาม รวมทั้งยังสามารถเก็บบันทึกข้อมูลไว้ในระบบคลาวด์ได้อีกด้วย ตัวอย่างการแสดงผลข้อมูล ดังแสดงในภาพที่ 4



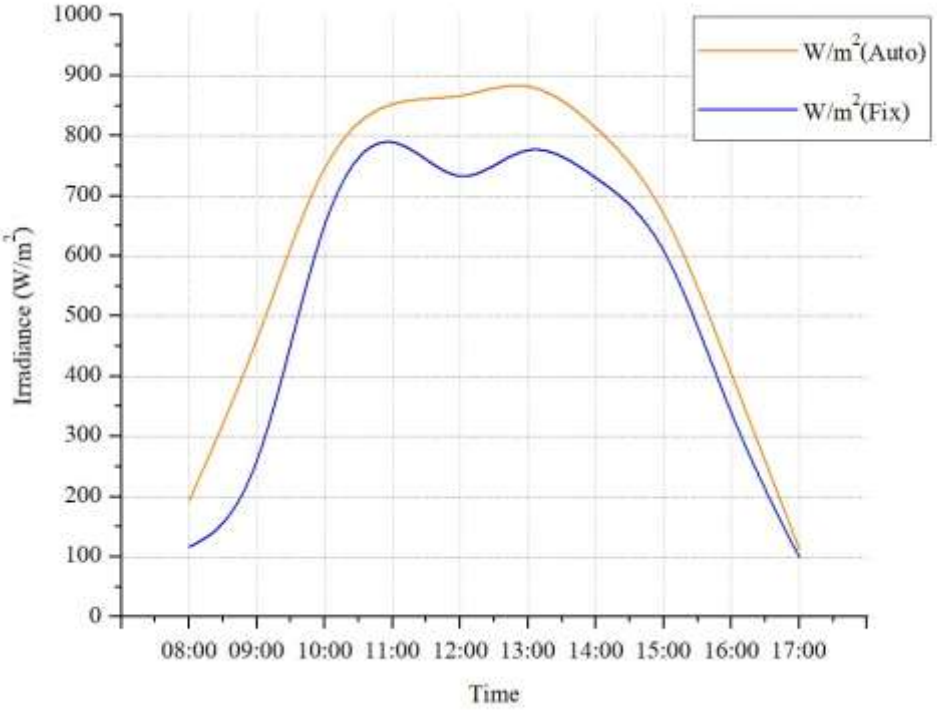
ภาพที่ 4 การแสดงผลข้อมูลในระบบคลาวด์

ผลการวิจัย

การออกแบบระบบติดตามพลังงานแสงอาทิตย์แบบแกนเดียวเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 1 kW โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับเซนเซอร์วัดความเข้มแสง เพื่อควบคุมการปรับมุมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยทำการวัดค่าวัดความเข้มแสงในแต่ละช่วงเวลาระหว่างระบบที่นำเสนอเปรียบเทียบกับระบบติดตั้งแผงแบบมุมคงที่ที่มีการติดตั้งแผงหันทางทิศใต้ที่มุม 10 องศา แสดงภาพที่ 5



ภาพที่ 5 การทดสอบวัดค่าความเข้มแสง



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับเวลา

ผลการทดสอบระบบติดตามพลังงานแสงอาทิตย์แบบแกนเดียวเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 1 kW พบว่าระบบสามารถทำงานปรับมุมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้อย่างอัตโนมัติ การทดสอบนี้เพื่อวัดหาค่าความเข้มแสงที่ตกกระทบบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในแต่ละช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ ดังภาพที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ค่าความเข้มแสงเทียบกับเวลาในช่วงเวลา 08.00–17.00 น. ระหว่างระบบที่นำเสนอเปรียบเทียบกับระบบติดตั้งแผงแบบมุมคงที่ทำการเก็บผลข้อมูลจำนวน 7 วัน ของเดือน มกราคม 2569 พบว่ามีค่าความเข้มแสงเฉลี่ย 609 W/m^2 และ 515 W/m^2 ตามลำดับ และจะมีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 13.00น. เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่มีค่ารังสีดวงอาทิตย์มาก แสดงให้เห็นได้ว่าต้นแบบการออกแบบ และพัฒนาระบบติดตามพลังงานแสงอาทิตย์แบบแกนเดียวสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 15.5 %

วิจารณ์ผลการวิจัย

การออกแบบระบบติดตามพลังงานแสงอาทิตย์แบบแกนเดียวเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 1 kW ผลการทดสอบภาคสนามพบว่าสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องในช่วงเวลา 07.00–17.00 น. และมีศักยภาพในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าเมื่อเปรียบเทียบกับระบบติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบมุมคงที่ ผลลัพธ์ดังกล่าวสอดคล้องกับหลักการทางทฤษฎีที่ระบุว่าการปรับมุมของแผงให้ตั้งฉากกับทิศทางรังสีดวงอาทิตย์จะช่วยเพิ่มปริมาณรังสีที่ตกกระทบบนผิวแผง และส่งผลให้กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้เพิ่มขึ้น (Duffie & Beckman, 2013) เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบแกนเดียวสามารถเพิ่มพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ประมาณร้อยละ 10 –30 เมื่อเทียบกับระบบติดตั้งแบบมุมคงที่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและลักษณะรังสีดวงอาทิตย์ในพื้นที่ติดตั้ง (Mousazadeh et al., 2009; Kalogirou, 2014) (จิระศักดิ์ สินสุขอุดมชัย,2557) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในงานวิจัย ณัฐชัย ถิระเลิศพานิชย์และคณะ ที่ได้ออกแบบระบบติดตามดวงอาทิตย์ แบบ 2 แนวแกนหมุนโดยใช้โปรแกรมควบคุมแบบตรรกะ (PLC) ในการประมวลและควบคุมการเคลื่อนที่ให้มีความแม่นร่วมกับเซนเซอร์วัดแสงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ได้มากกว่าการแผงเซลล์แสงอาทิตย์อยู่กับที่

สรุปผลการวิจัย

บทความนี้นำเสนอการออกแบบระบบติดตามพลังงานแสงอาทิตย์แบบแกนเดียวเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 1 kW โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับเซนเซอร์ตรวจวัดความเข้มแสงเพื่อควบคุมการปรับมุมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้หันเข้าหาดวงอาทิตย์อย่างเหมาะสมตลอดช่วงเวลาที่มีแสงอาทิตย์ ระบบต้นแบบประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 440 วัตต์ จำนวน 3 แผง โครงสร้างรองรับแบบเคลื่อนที่ได้ ชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแกนชัก และชุดควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วย

PLC ผลการทดสอบภาคสนามในสภาพแวดล้อมจริงพบว่าระบบติดตามพลังงานแสงอาทิตย์สามารถทำงานได้อย่างมีเสถียรภาพในช่วงเวลา 08.00–17.00 น. โดยระบบสามารถปรับมุมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้อย่างอัตโนมัติตามค่าความเข้มแสงที่ตรวจวัดจากเซนเซอร์ทั้งสองตำแหน่ง เมื่อเปรียบเทียบกับระบบติดตั้งแผงแบบมุมคงที่ พบว่าระบบติดตามสามารถรับค่าความเข้มแสงได้สูงกว่าในทุกช่วงเวลาที่มีแสงอาทิตย์ ส่งผลให้มีศักยภาพในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 15.5 % จากผลการศึกษาสรุปได้ว่าระบบติดตามพลังงานแสงอาทิตย์แบบแกนเดียวที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้ในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กถึงขนาดกลาง อีกทั้งยังสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบติดตามพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นในอนาคต ทั้งในด้านการประยุกต์ใช้งานเชิงพาณิชย์และการวิจัยด้านพลังงานทดแทน

กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินการงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจสอบ แก้ไข และให้ข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งตลอดระยะเวลาการดำเนินงานวิจัยผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาเทคโนโลยีไฟฟ้าที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านข้อมูล เครื่องมือ และสถานที่ในการดำเนินการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

จิระศักดิ์ สินสุขอุดมชัย. 2557. เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์แต่ละชนิด. วารสารวิชาการโรงเรียนนายเรือด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 1(1), 37 - 45. 5 มิถุนายน 2568.

ณัฐชัย ถิระเลิศพานิชย์ และคณะ.(2558). ระบบตามดวงอาทิตย์แบบ 2 แนวแกนหมุน. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. ชลบุรี:

Chowdhury, M. A., Rahman, M. T., and Islam, M. S. 2013. Design and implementation of an automatic solar tracking system. International Journal of Engineering Research & Technology, 2(4): 1–5.

Duffie, J. A., and Beckman, W. A. 2013. Solar engineering of thermal processes (4th ed.). John Wiley & Sons.

Kalogirou, S. A. 2009. Solar energy engineering: Processes and systems. Academic Press.

Messenger, R. A., and Ventre, J. 2010. Photovoltaic systems engineering (3rd ed.). CRC Press.

Kalogirou, S. A. 2014. Solar energy engineering: Processes and systems (2nd ed.). Academic Press.

Mousazadeh, H., Keyhani, A., Javadi, A., Mobli, H., Abrinia, K., and Sharifi, A. 2009. A review of principle and sun-tracking methods for maximizing solar systems output. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 13(8): 1800–1818.

WECON PLC. (2568). LX3V Series PLC programming manual. แหล่งข้อมูล: https://ftp.we-con.com.cn/Download/WIKI/LX3V%20PLC/Manual/WECON%20PLC%20programming%20manual%20V1.0.3.pdf. ค้นเมื่อ 24 ธันวามคม 2568.

การประยุกต์ใช้ Generalized Additive Model ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบไม่เชิงเส้นของ $PM_{2.5}$ กับมลพิษร่วมและปัจจัยอุตุนิยมวิทยา : กรณีศึกษาจังหวัดพิษณุโลก

Application of Generalized Additive Model for Analyzing Nonlinear Relationships between $PM_{2.5}$, Co-pollutants, and Meteorological Factors : A Case Study of Phitsanulok Province

จันทิรา ฉิมเลิศ[1] ศรัณย์พร เกิดเกาะ[2] และ ธนพล เพ็ญรัตน์[1*]

Jantira Chimlert[1], Saranporn Kirdkoh[2] and Tanapon Phenrat[1*]

[1] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก ประเทศไทย 65000

[2] วิทยาลัยนานาชาติ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก ประเทศไทย 65000

*Corresponding author E-mail: pomphenrat@gmail.com

บทคัดย่อ

ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ($PM_{2.5}$) เป็นปัญหาสำคัญด้านสิ่งแวดล้อมและสาธารณสุขของประเทศไทย การศึกษานี้ใช้แบบจำลองการบวกทั่วไป (Generalized Additive Model; GAM) เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง $PM_{2.5}$ กับมลพิษร่วมและปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา โดยใช้ข้อมูลรายชั่วโมงจากจังหวัดพิษณุโลกระหว่างวันที่ 1-22 ธันวาคม พ.ศ. 2568 (n = 477) ประสิทธิภาพของแบบจำลอง GAM ถูกประเมินโดยเปรียบเทียบกับแบบจำลองเชิงเส้นทั่วไป (Generalized Linear Model; GLM) โดยใช้ Akaike Information Criterion (AIC) RMSE และความแปรปรวนที่อธิบายได้ ผลการศึกษาพบว่า GAM มีประสิทธิภาพเหนือกว่า GLM อย่างชัดเจน (AIC: 3454.49 เทียบกับ 3671.94; RMSE: 8.55 เทียบกับ 11.19 $\mu g/m^3$; ความแปรปรวนที่อธิบายได้: 55.9% เทียบกับ 24.4%) โดยมีค่า adjusted R^2 เท่ากับ 0.538 โดย NO_2 (edf = 3.75, $p < 0.001$) และความกดอากาศ (edf = 1, $p < 0.001$) มีความสัมพันธ์แบบไม่เชิงเส้นกับความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ อย่างมีนัยสำคัญ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงความสามารถของ GAM ในการจับภาพกระบวนการทางบรรยากาศที่ซับซ้อน และสร้างรากฐานทางระเบียบวิธีวิจัยสำหรับการบูรณาการปัจจัยสิ่งแวดล้อมแบบไม่เชิงเส้นในอนาคต

คำสำคัญ: $PM_{2.5}$, แบบจำลองการบวกทั่วไป, ผลกระทบแบบไม่เชิงเส้น, ปัจจัยอุตุนิยมวิทยา, คุณภาพอากาศ

Abstract

Fine particulate matter with diameter ≤2.5 μm ($PM_{2.5}$) poses significant environmental and public health challenges in Thailand. This study employed GAM to investigate relationships between $PM_{2.5}$ and co-pollutants and meteorological factors using hourly monitoring data from Phitsanulok Province during December 1 - 22, 2025 (n = 477). GAM performance was evaluated against GLM using Akaike Information Criterion (AIC), RMSE, and deviance explained. GAM consistently outperformed GLM (AIC: 3454.49 vs. 3671.94; RMSE: 8.55 vs. 11.19 μg/m³; deviance explained: 55.9% vs. 24.4%), achieving an adjusted R^2 of 0.538. NO_2 (edf = 3.75, $p < 0.001$) and atmospheric pressure (edf = 1.00, $p < 0.001$) showed significant nonlinear relationships with $PM_{2.5}$, reflecting threshold-dependent photochemical processes and synoptic-scale atmospheric dynamics. These findings demonstrate GAM's capability to capture complex atmospheric processes and establish a methodological foundation for integrating nonlinear environmental factors in future research.

Keywords: $PM_{2.5}$, generalized additive models, nonlinear effects, meteorological factors, air quality

บทนำ

ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) เป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมและสาธารณสุขที่สำคัญของประเทศไทย โดยเฉพาะในภาคเหนือซึ่งการเผาชีวมวลตามฤดูกาลทำให้ความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ ในบรรยากาศเพิ่มสูงขึ้นอย่างมากในช่วงฤดูแล้ง (Amnuaylojaroen et al., 2020; Sirithian & Thanatrakolsri, 2022) โดยจังหวัดพิษณุโลกตั้งอยู่ในเขตรอยต่อระหว่างภาคเหนือตอนบนและที่ราบภาคกลาง ทำให้ได้รับอิทธิพลจากทั้งการพัดพามลพิษระดับภูมิภาคและแหล่งกำเนิดในท้องถิ่น จึงมีสภาพบรรยากาศที่ซับซ้อน แต่ยังคงมีการศึกษาเกี่ยวกับ $PM_{2.5}$ ในพื้นที่นี้ค่อนข้างน้อย

การทำความเข้าใจความแปรปรวนของ $PM_{2.5}$ จำเป็นต้องศึกษาปฏิสัมพันธ์กับมลพิษร่วมและปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา โดยมลพิษร่วมมีบทบาทสำคัญในกระบวนการทางเคมีในบรรยากาศที่นำไปสู่การก่อตัวของอนุภาคทุติยภูมิ ขณะที่ปัจจัยอุตุนิยมวิทยา เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความกดอากาศ และปริมาณน้ำฝน มีอิทธิพลต่อการสะสม การกระจายตัว และการชะล้างมลพิษในบรรยากาศ (Chaiprakarn et al., 2025) อย่างไรก็ตาม

ผลกระทบของปัจจัยเหล่านี้มักมีลักษณะไม่เชิงเส้น (nonlinear) ซึ่งสะท้อนถึงพฤติกรรมแบบเกณฑ์ (threshold behavior) และอิทธิพลของระบบอากาศในระดับซินอปติก (Pearce et al., 2011)

ความซับซ้อนดังกล่าวก่อให้เกิดข้อจำกัดต่อการประยุกต์ใช้แบบจำลองเชิงเส้นทั่วไป (GLM) ซึ่งตั้งอยู่บนสมมติฐานของความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรตอบสนองและตัวแปรพยากรณ์ สมมติฐานนี้อาจไม่เหมาะสมสำหรับการอธิบายกระบวนการทางบรรยากาศที่ควบคุมการก่อตัว การสะสม และการกระจายตัวของ $PM_{2.5}$ ที่มีพลวัตไม่เชิงเส้นโดยธรรมชาติ ในบริบทนี้ แบบจำลองการบวกทั่วไป (GAM) ได้รับการเสนอเป็นกรอบแนวคิดทางสถิติที่มีความยืดหยุ่นสูง สามารถจับรูปแบบความสัมพันธ์เชิงไม่เชิงเส้นของตัวแปรอิสระได้ ขณะเดียวกันยังคงรักษาความสามารถในการตีความผลลัพธ์เชิงกายภาพ (Hastie & Tibshirani, 1990; Simon N Wood, 2017) ซึ่งเอื้อต่อการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการพยากรณ์ความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ ระหว่างแบบจำลองเชิงเส้นและไม่เชิงเส้นได้อย่างเป็นระบบ

นอกจากนี้ความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ ยังแสดงรูปแบบการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลาของวัน (diurnal pattern) อย่างเด่นชัด อันเป็นผลจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การคมนาคมและการเผาไหม้ กับกระบวนการทางบรรยากาศ เช่น การพัฒนาและการยุบตัวของชั้นผสมอากาศ การวิเคราะห์รูปแบบเชิงวัฏจักรดังกล่าวจึงต้องอาศัยเครื่องมือทางสถิติที่สามารถจำลองความสัมพันธ์ตามเวลาได้อย่างเหมาะสม

ดังนั้น การศึกษานี้มุ่งประเมินศักยภาพของแบบจำลองการบวกทั่วไป (GAM) ในการอธิบายและพยากรณ์ความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ ภายใต้บริบทของความสัมพันธ์ทั้งเชิงเส้นและไม่เชิงเส้นของมลพิษร่วมและปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ควบคู่กับการวิเคราะห์รูปแบบการเปลี่ยนแปลงรายวันของ $PM_{2.5}$ เพื่อเสริมสร้างความเข้าใจเชิงกลไกของกระบวนการที่ควบคุมพลวัตของฝุ่นละอองในบรรยากาศ และสนับสนุนการพัฒนาแนวทางการจัดการมลพิษทางอากาศในระดับพื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพ โดยกรอบแนวคิดและระเบียบวิธีการวิเคราะห์ที่นำเสนอในงานวิจัยนี้สามารถต่อยอดไปสู่การบูรณาการข้อมูลไอออนอากาศประจุลบ (Negative Air Ions; NAI) จากพื้นที่สีเขียว เพื่อการพัฒนาแบบจำลองการกำจัด $PM_{2.5}$ ในการศึกษาเชิงประยุกต์ในอนาคต

วิธีการดำเนินการวิจัย

พื้นที่ศึกษาและการเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษานี้ใช้ข้อมูลการตรวจวัดคุณภาพอากาศจากจังหวัดพิษณุโลก ประเทศไทย (16.82°N, 100.26°E) โดยได้รับข้อมูลทุติยภูมิจากสถานีตรวจวัดของกรมควบคุมมลพิษ (รหัสสถานี: 86t สวนชมน่านเฉลิมพระเกียรติ) ระหว่างวันที่ 1-22 ธันวาคม พ.ศ. 2568 เป็นข้อมูลรายชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 477 รายการ ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วยความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$) เป็นตัวแปรตอบสนอง (response variable) และตัวแปร

พยากรณ์ (predictor variables) ซึ่งแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ มลพิษร่วม ประกอบด้วย PM_{10} ($\mu g/m^3$), CO (ppm) และ NO_2 (ppb) และปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ประกอบด้วย อุณหภูมิ (°C) ความชื้นสัมพัทธ์ (%) ความกดอากาศ (hPa) เหตุการณ์ฝนตก และชั่วโมงของวัน

การเตรียมข้อมูลและการควบคุมคุณภาพข้อมูล

ข้อมูลความกดอากาศถูกแปลงจากหน่วยมิลลิเมตรปรอท (mmHg) เป็นเฮกโตปาสคาล (hPa) ข้อมูลปริมาณน้ำฝนมีลักษณะเป็นศูนย์จำนวนมาก (ร้อยละ 99) จึงจัดการในรูปแบบตัวแปรบ่งชี้เหตุการณ์ฝนตก (rain event) ข้อมูลความเร็วลมและทิศทางลมถูกตัดออกจากการวิเคราะห์เนื่องจากมีปัญหาด้านคุณภาพของข้อมูล ปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นร่วมถูกประเมินด้วยค่า Variance Inflation Factor (VIF) โดยกำหนด VIF < 5 เป็นเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (Hair, 2011)

การสร้างและเปรียบเทียบแบบจำลองทางสถิติ

แบบจำลองเชิงเส้นทั่วไป (GLM):

$$E[PM_{2.5}] = \beta_0 + \beta_1(NO_2) + \beta_2(Temp) + \beta_3(RH) + \beta_4(P) + \beta_5(Rain\ event) + \varepsilon$$

โดยที่ $PM_{2.5}$ คือความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็ก NO_2 คือมลพิษร่วมหลัก Temp คืออุณหภูมิอากาศ RH คือความชื้นสัมพัทธ์ P คือความกดอากาศ และ Rain event เป็นตัวแปรทวิภาคที่แทนเหตุการณ์ฝน

แบบจำลองการบวกทั่วไป (GAM):

$$E[PM_{2.5}] = \beta_0 + s(NO_2) + s(Temp) + s(RH) + s(P) + Rain\ event + s(hour) + \varepsilon$$

โดยที่ s(·) แทนฟังก์ชันเรียบแบบ penalized thin plate regression splines และตัวแปรชั่วโมงของวัน (hour) ถูกกำหนดเป็นฟังก์ชันเรียบแบบ cyclic cubic spline (bs = "cc") เพื่อสะท้อนลักษณะเชิงวัฏจักรของการเปลี่ยนแปลงรายวันอย่างต่อเนื่อง

มิติพื้นฐานของฟังก์ชันเรียบ (k) ถูกกำหนดล่วงหน้าเพื่อควบคุมความซับซ้อนของแบบจำลอง ได้แก่ NO_2 (k = 6), อุณหภูมิ (k = 5), ความชื้นสัมพัทธ์ (k = 6), ความกดอากาศ (k = 3) และชั่วโมงของวัน (k = 24)

การประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง GAM ใช้วิธี Restricted Maximum Likelihood (REML) ซึ่งช่วยให้การประมาณค่า smoothing parameters มีเสถียรภาพ โดยดำเนินการผ่านแพ็กเกจ mgcv ในโปรแกรม R เวอร์ชัน 4.4.1 (R Core Team, 2024)

แม้ CO และ PM_{10} จะเป็นมลพิษที่พบร่วมกับ $PM_{2.5}$ แต่ไม่ได้ถูกบรรจุในแบบจำลอง เนื่องจาก $PM_{2.5}$ เป็นองค์ประกอบย่อยของ PM_{10} ซึ่งอาจก่อให้เกิดความซ้ำซ้อนเชิงโครงสร้างและส่งผลต่อการตีความเชิงสาเหตุ

ขณะที่ CO ไม่มีบทบาทโดยตรงในกระบวนการเกิดฝุ่นละอองทุติยภูมิเมื่อเทียบกับ NO_2 ดังนั้นในการศึกษานี้จึงเลือกใช้ NO_2 เพื่อเพิ่มความชัดเจนเชิงกลไกและความสามารถในการตีความแบบจำลอง

ตัวแปรเหตุการณ์ฝนถูกกำหนดให้เป็นพจน์เชิงเส้นในแบบจำลอง GAM เนื่องจากเป็นตัวแปรทวิภาคที่ไม่เหมาะสมต่อการประมาณด้วยฟังก์ชันเรียบ ขณะที่ตัวแปรชั่วโมงของวันถูกนำมาใช้เฉพาะในแบบจำลอง GAM เนื่องจากมีลักษณะเชิงวัฏจักร ซึ่งไม่สามารถอธิบายได้อย่างเหมาะสมภายใต้สมมติฐานความเป็นเชิงเส้นของแบบจำลอง GLM

การสร้างและเปรียบเทียบแบบจำลองทางสถิติ

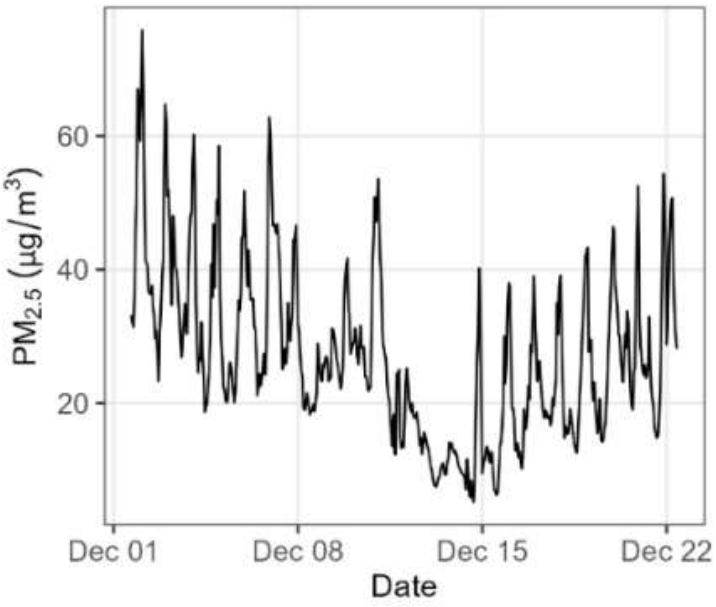
แบบจำลอง GAM ถูกเปรียบเทียบกับ GLM เพื่อประเมินประโยชน์ของการจับความสัมพันธ์แบบไม่เชิงเส้น โดย GLM สมมติความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่าง $PM_{2.5}$ กับตัวแปรพยากรณ์ ในขณะที่ GAM จะรวม smooth functions เพื่ออนุญาตให้มีความสัมพันธ์แบบไม่เชิงเส้น ทั้งสองแบบจำลองถูกสร้างด้วย R 4.4.1 โดยทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองด้วย AIC, RMSE, MAE, adjusted R^2 และ deviance explained การทดสอบทางสถิติใช้ ANOVA with chi-square test โดยแบบจำลองที่มีค่า AIC ต่ำสุดและความคลาดเคลื่อนต่ำสุดถูกเลือกเป็นแบบจำลองที่เหมาะสม แล้วทำการวินิจฉัยแบบจำลองดังกล่าวต่อไป

ผลการวิจัย

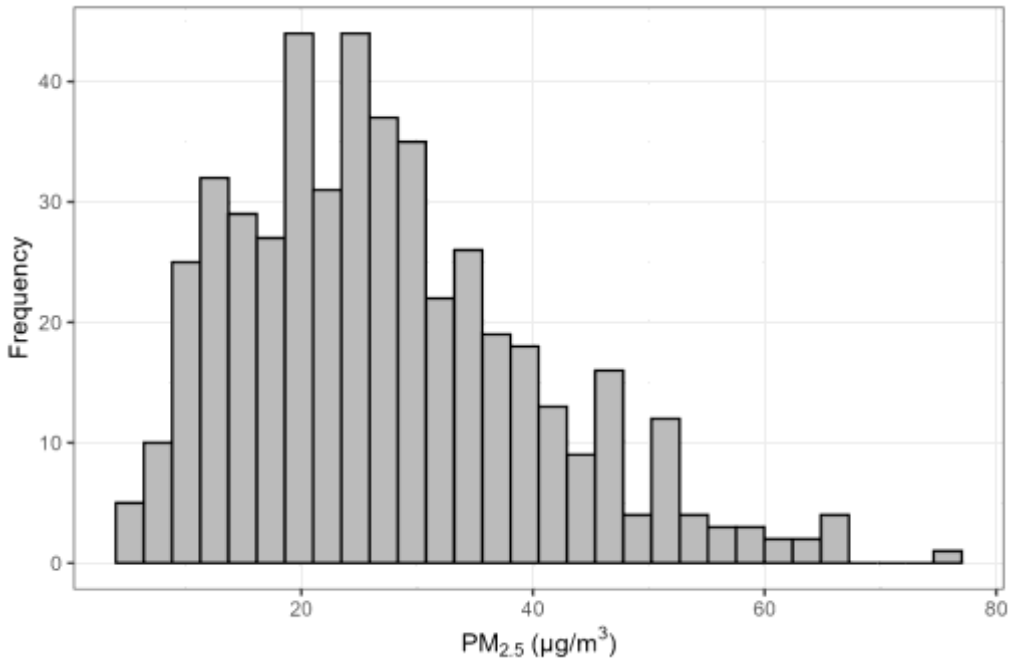
ลักษณะข้อมูลและสถิติเชิงพรรณนา

ในช่วงวันที่ 1 - 22 ธันวาคม พ.ศ. 2568 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ รายชั่วโมงอยู่ที่ 27.20 ± 12.89 μg/m³ (ช่วงพิสัย: 5.2 - 75.8 μg/m³) โดยมีข้อมูล 15.3% ที่เกินมาตรฐาน 24 ชั่วโมงของประเทศไทยที่ 37.5 μg/m³ (Pollution Control Department, 2023) ค่าเฉลี่ยของ PM_{10} อยู่ที่ 44.67 ± 18.12 μg/m³ (ช่วงพิสัย: 13.0 - 107.0 μg/m³) การกระจายแบบเบ้ขวา (รูปที่ 2) และความแปรผันตามเวลาที่มีหลายจุดสูงสุด (รูปที่ 1) แสดงถึงเหตุการณ์มลพิษที่เกิดขึ้นเป็นช่วงๆ ซึ่งเป็นลักษณะทั่วไปของฤดูแล้ง (Sirithian & Thanatrakolsri, 2022)

สารมลพิษในรูปแก๊สแสดงค่า CO ที่ 0.88 ± 0.19 ppm (ช่วงพิสัย: 0.59 - 1.70 ppm) และ NO_2 ที่ 11.55 ± 8.76 ppb (ช่วงพิสัย: 3 - 44 ppb) ซึ่งทั้งสองค่าอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 24.10 ± 3.07°C (ช่วงพิสัย: 18 - 31°C) ความชื้นสัมพัทธ์ 66.40 ± 15.98% (ช่วงพิสัย: 32 - 96%) และความกดอากาศอยู่ที่ 1000.55 ± 1.66 hPa (ช่วงพิสัย: 995.9 - 1003.9 hPa) ปริมาณฝนที่น้อยมาก (0.02 ± 0.20 mm; ช่วงพิสัย: 0 - 3 mm) สะท้อนถึงลักษณะของฤดูแล้ง (ตารางที่ 1)



รูปที่ 1 ความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ รายชั่วโมง ($\mu g/m^3$)



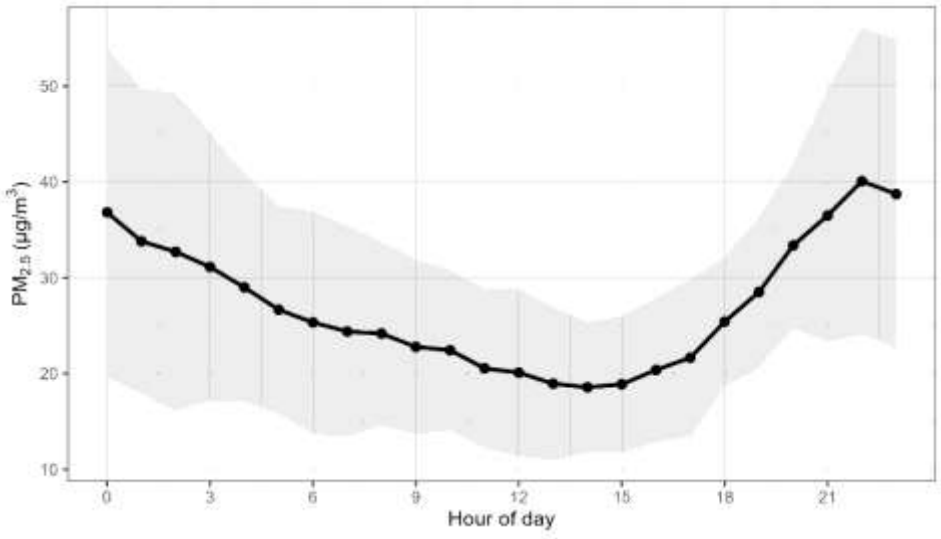
รูปที่ 2 ฮิสโตแกรมแสดงการกระจายของความเข้มข้น $PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$)

ตารางที่ 1 สถิติเชิงพรรณนาของตัวแปรคุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา

ตัวแปร	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
$PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$)	27.20	12.89	5.2	75.8
PM_{10} ($\mu g/m^3$)	44.67	18.12	13	107
CO (ppm)	0.88	0.19	0.59	1.70
NO_2 (ppb)	11.55	8.76	3	44
Temperature (°C)	24.10	3.07	18	31
Relative Humidity (%)	66.40	15.98	32	96
Pressure (hPa)	1000.55	1.66	995.9	1003.9
Rainfall (mm)	0.02	0.20	0	3

รูปแบบการเปลี่ยนแปลงรายวันของ $PM_{2.5}$

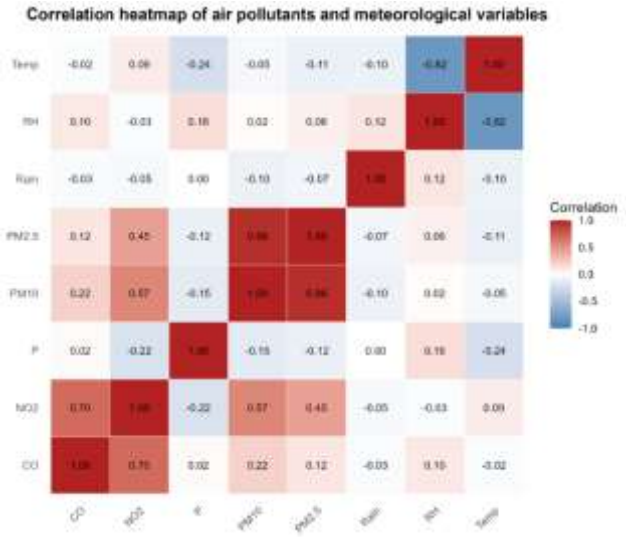
การวิเคราะห์รูปแบบการเปลี่ยนแปลงรายวันของ $PM_{2.5}$ (รูปที่ 3) พบว่าความเข้มข้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงกลางคืนถึงเช้ามืด และลดลงในช่วงกลางวัน ซึ่งสะท้อนอิทธิพลของกิจกรรมมนุษย์ (เช่น การจราจรในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน) และสภาพบรรยากาศ (เช่น ความสูงของชั้นผสม) ที่เปลี่ยนแปลงตามรอบวัน รูปแบบดังกล่าวสนับสนุนการเลือกใช้ตัวแปรชั่วโมงในรูปแบบ cyclic smooth ในแบบจำลอง GAM



รูปที่ 3 รูปแบบการเปลี่ยนแปลงรายวันของ $PM_{2.5}$ (ค่าเฉลี่ยรายชั่วโมง ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและการประเมินปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นร่วม

ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันแสดงให้เห็นว่า $PM_{2.5}$ (รูปที่ 4) มีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงกับ PM_{10} (r = 0.96) ซึ่งบ่งชี้ถึงแหล่งกำเนิดมลพิษร่วมกัน ความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูงระหว่างอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (r = -0.82) สะท้อนถึงความสัมพันธ์ทางกายภาพระหว่างตัวแปรทั้งสอง และจากการประเมินปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นร่วมด้วยค่า VIF พบว่าตัวแปรทั้งหมดมีค่า VIF ต่ำกว่า 5 โดย NO_2 มีค่า VIF ต่ำสุดที่ 1.06 ตามด้วยเหตุการณ์ฝนตก (1.02) และความกดอากาศ (1.11) ในขณะที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์มีค่า VIF ปานกลางที่ 3.24 และ 3.15 ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ค่า VIF ที่ต่ำกว่า 5 แสดงว่าปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นร่วมอยู่ในระดับที่ยอมรับได้สำหรับการสร้างแบบจำลอง (Hair, 2011)



รูปที่ 4 Correlation heatmap ของตัวแปรคุณภาพอากาศและตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยา

ตารางที่ 2 ค่า VIF ของตัวแปรพยากรณ์ที่ใช้ในแบบจำลอง

ตัวแปร	**VIF**
NO_2	1.06
Temperature (Temp)	3.24
Relative Humidity (RH)	3.15
Atmospheric Pressure (P)	1.11
Rain event	1.02

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่าง GLM และ GAM

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่าง GLM และ GAM แสดงในตารางที่ 3 แบบจำลอง GAM แสดงประสิทธิภาพที่เหนือกว่า GLM ในทุกตัวชี้วัด โดย GAM มีค่า AIC ต่ำกว่า (3454.49 เทียบกับ 3671.94) ค่า RMSE ต่ำกว่า (8.55 เทียบกับ 11.19 $\mu g/m^3$) และค่า MAE ต่ำกว่า (6.77 เทียบกับ 8.85 $\mu g/m^3$) นอกจากนี้ GAM มีค่า adjusted R^2 สูงกว่า (0.538 เทียบกับ 0.235) และสามารถอธิบายความแปรปรวนได้มากกว่า (55.9% เทียบกับ 24.4%) การทดสอบด้วย ANOVA แสดงให้เห็นว่า GAM แตกต่างจาก GLM อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (χ^2 = 24911, df = 17.27, $p < 0.001$) ดังนั้น GAM ถูกเลือกเป็นแบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง $PM_{2.5}$ กับตัวแปรพยากรณ์

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่าง GLM และ GAM

แบบจำลอง	AIC	RMSE ($\mu g/m^3$)	MAE ($\mu g/m^3$)	Adjusted R^2	Deviance Explained (%)
GLM	3617.94	11.19	8.85	0.235	24.42
GAM	3454.49	8.55	6.77	0.538	55.92

ผลของตัวแปรพยากรณ์จากแบบจำลอง GAM

แบบจำลอง GAM สามารถอธิบายความแปรปรวนของ $PM_{2.5}$ ได้ร้อยละ 55.92 โดยมีค่า adjusted R^2 เท่ากับ 0.538 (n = 477) ค่าคงที่ (intercept) ของแบบจำลองมีค่า 27.18 $\mu g/m^3$ (SE = 0.37, t = 72.76, $p < 0.001$) ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าตัวแปรพยากรณ์ส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์แบบไม่เชิงเส้นกับความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4) สำหรับตัวแปรคุณภาพอากาศ NO_2 แสดงความสัมพันธ์แบบไม่เชิงเส้นที่มีนัยสำคัญสูงสุดในบรรดาตัวแปรทั้งหมด (edf = 3.75, F = 18.91, $p < 0.001$) โดยมีค่า F-statistic สูงที่สุด สำหรับตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยา อุณหภูมิแสดงความสัมพันธ์แบบไม่เชิงเส้น (edf = 3.66, F = 15.27, $p < 0.001$) ความชื้นสัมพัทธ์แสดงความสัมพันธ์แบบไม่เชิงเส้นอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน (edf = 3.9, F = 6.42, $p < 0.001$) โดยมีค่า edf สูงสุดในบรรดาตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยา ความกดอากาศแสดงความสัมพันธ์แบบไม่เชิงเส้นปานกลาง (edf = 1, F = 17.82, $p < 0.001$) ตัวแปรชั่วโมง (hour) แสดงรูปแบบความแปรผันตามเวลาที่ซับซ้อนอย่างมีนัยสำคัญสูง (edf = 8.92, F = 7.84, $p < 0.001$) โดยมีค่า edf สูงสุดในบรรดาตัวแปรทั้งหมด สำหรับตัวแปรเหตุการณ์ฝนตก (rain event) ไม่แสดงนัยสำคัญทางสถิติ (β = 4.81, SE = 5.03, t = 0.96, p = 0.339) เมื่อควบคุมอิทธิพลของตัวแปรอื่นในแบบจำลอง

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ตัวแปรในแบบจำลอง GAM สำหรับ $PM_{2.5}$

สัมประสิทธิ์เชิงพารามิเตอร์

ตัวแปร	Estimate	Std. Error	t-value	p-value
ค่าคงที่ (Intercept)	27.16	0.4	67.31	<0.001
Rain event	4.81	5.03	0.96	0.339

ฟังก์ชันเรียบ

ตัวแปร	edf	Ref.df	F	p-value
s(NO_2)	3.75	4.35	18.91	<0.001
s(Temp)	3.66	3.92	15.27	<0.001
s(RH)	3.9	4.51	6.42	<0.001
s(P)	1	1	17.82	<0.001
s(hour)	8.95	22	7.84	<0.001

สถิติของแบบจำลอง: Adjusted R^2 = 0.538; ความแปรปรวนที่อธิบายได้ = 55.92%; n = 477

หมายเหตุ: edf = องศาอิสระประสิทธิผล (effective degrees of freedom); ค่า edf > 1 บ่งชี้ความสัมพันธ์แบบไม่เชิงเส้น

การวินิจฉัยแบบจำลอง

ผลการตรวจสอบแบบจำลอง GAM แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองมีเสถียรภาพที่ดี โดยการประมาณค่าลู่เข้าอย่างสมบูรณ์ภายใน 8 iterations Hessian matrix เป็น positive definite (eigenvalue range: 1.78×10^{-5} - 235.61) และ model rank = 40/40 ค่า edf ของทุกตัวแปรต่ำกว่า k' อย่างมีนัยสำคัญ (NO_2: 3.75 vs. 5.00; อุณหภูมิ: 3.66 vs. 4.00; ความชื้นสัมพัทธ์: 3.90 vs. 5.00; ความกดอากาศ: 1.00 vs. 2.00; ชั่วโมง: 8.95 vs. 22.00) แม้ค่า k-index จะต่ำกว่า 1 สำหรับทุกตัวแปร (0.26-0.67, $p < 0.001$) ซึ่งเป็นลักษณะทั่วไปในข้อมูลอนุกรมเวลา แต่เนื่องจากค่า edf ห่างไกลจาก k' และใช้วิธี REML ป้องกันการปรับเรียบเกินไป แบบจำลองจึงเหมาะสมสำหรับการตีความผล ค่าคลาดเคลื่อนมีการเบี่ยงเบนจากการแจกแจงปกติ (Shapiro-Wilk W = 0.985, $p < 0.001$) และความแปรปรวนไม่คงที่ (Breusch-Pagan BP = 36.33, $p < 0.001$) ตามลักษณะทั่วไปของข้อมูลอนุกรมเวลา แต่ GAM มีความทนทานต่อการละเมิดสมมติฐานดังกล่าวเมื่อ n มีขนาดใหญ่ (n = 477) การตรวจสอบ concurvity พบความสัมพันธ์เชิงเส้นร่วมในระดับปานกลาง (worst-case: 0.69-0.85; observed: 0.38-0.77) ซึ่งไม่ส่งผลกระทบต่อการตีความผล

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า GAM มีประสิทธิภาพเหนือกว่า GLM อย่างชัดเจน โดยอธิบายความแปรปรวนของ $PM_{2.5}$ ได้ร้อยละ 55.92 เทียบกับ GLM ที่อธิบายได้เพียงร้อยละ 24.42 ความแตกต่างมากกว่าสองเท่านี้สะท้อนถึงความสัมพันธ์แบบไม่เชิงเส้นที่ซับซ้อน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pearce et al. (2011) และ Wood (2017) ที่ยืนยันความเหมาะสมของ GAM ในการวิเคราะห์คุณภาพอากาศ อย่างไรก็ตาม ค่า adjusted R^2 ที่ 0.538 บ่งชี้ว่ายังมีความแปรปรวนเกือบร้อยละ 50 ที่ไม่สามารถอธิบายได้ ซึ่งอาจเกิดจากปัจจัยที่ไม่ได้รวมในการศึกษา เช่น ข้อมูลลม แหล่งกำเนิดมลพิษเฉพาะที่ หรือมลพิษร่วมอื่น ๆ

ตัวแปรพยากรณ์แสดงความสัมพันธ์แบบไม่เชิงเส้นที่มีนัยสำคัญ โดย NO_2 (edf = 3.75, F = 18.91, $p < 0.001$) มีบทบาทสำคัญในการก่อตัวของอนุภาคทุติยภูมิผ่านกระบวนการออกซิเดชันที่ขึ้นอยู่กับระดับความเข้มข้น ซึ่งสอดคล้องกับ Wang et al. (2019) สำหรับปัจจัยอุตุนิยมวิทยา อุณหภูมิ (edf = 3.66, $p < 0.001$) มีอิทธิพลผ่านความสูงของชั้นผสมและอัตราปฏิกิริยาเคมี ความชื้นสัมพัทธ์ (edf = 3.90, $p < 0.001$) ส่งผลผ่านกระบวนการดูดซับน้ำและการก่อตัวของอนุภาคทุติยภูมิ ความกดอากาศ (edf = 1.00, F = 17.82, $p < 0.001$) แสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นที่เกี่ยวข้องกับสภาพอากาศเสถียรและการสะสมมลพิษ ซึ่งสอดคล้องกับ Chaiprakarn et al. (2025) ฝนตกไม่มีนัยสำคัญ ($p = 0.339$) เนื่องจากความแปรปรวนต่ำในฤดูแล้ง ชั่วโมง (edf = 8.95, F = 7.84, $p < 0.001$) มีค่า edf สูงสุด ยืนยันรูปแบบการเปลี่ยนแปลงรายวันที่ซับซ้อนจากอิทธิพลของการจราจร ความสูงของชั้นผสม และการผกผันของอุณหภูมิ

การศึกษามีข้อจำกัด ได้แก่ ระยะเวลาสั้น (22 วัน) การศึกษาเฉพาะฤดูแล้ง การขาดข้อมูลลม ซึ่งจำกัดความสามารถในการประเมินแหล่งกำเนิดมลพิษ และการใช้ข้อมูลจากสถานีเดียว กรอบแนวคิด GAM ที่สร้างขึ้นเป็นพื้นฐานทางระเบียบวิธีสำหรับการศึกษาผลกระทบของไอออนลบในอากาศ (NAI) จากพื้นที่สีเขียวต่อการกำจัด $PM_{2.5}$ ซึ่งคาดว่าจะมีการตอบสนองแบบไม่เชิงเส้นในลักษณะเดียวกัน การศึกษาในอนาคตควรขยายระยะเวลาให้ครอบคลุมอย่างน้อยหนึ่งปี รวมตัวแปรลมและขยายไปยังหลายสถานี และพัฒนาแบบจำลองเพื่อการพยากรณ์ล่วงหน้า

สรุปผลการวิจัย

แบบจำลอง GAM แสดงประสิทธิภาพในการอธิบายความแปรปรวนของ $PM_{2.5}$ สูงกว่า GLM อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (adjusted $R^2 = 0.538$ เทียบกับ 0.235; deviance explained = 55.9% เทียบกับ 24.4%; ANOVA $\chi^2 = 24911$, $p < 0.001$) อีกทั้งสามารถระบุความสัมพันธ์แบบไม่เชิงเส้นที่มีนัยสำคัญของตัวแปร

พยากรณ์ทุกตัวยกเว้นปริมาณฝน ผลการวิเคราะห์บ่งชี้ว่า NO_2 มีบทบาทสำคัญในกระบวนการก่อตัวของอนุภาคทุติยภูมิ ในขณะที่ปัจจัยอุตุนิยมวิทยาส่งผลกระทบผ่านกลไกความสูงของชั้นผสมและกระบวนการดูดซับความชื้น นอกจากนี้ ตัวแปรชั่วโมงแสดงรูปแบบความแปรปรวนรายวันที่มีความซับซ้อนสูง (edf = 8.95) ซึ่งแบบจำลอง GLM ไม่สามารถตรวจจับได้ อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้มีข้อจำกัดบางประการ ได้แก่ ระยะเวลาการเก็บข้อมูลที่ค่อนข้างสั้นและจำกัดเฉพาะฤดูแล้ง การขาดข้อมูลความเร็วและทิศทางลม ตลอดจนการใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดเพียงแห่งเดียว แม้มีข้อจำกัดดังกล่าว กรอบแนวคิดเชิงระเบียบวิธีของ GAM ที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้เป็นรากฐานสำหรับการศึกษาผลกระทบของไอออนลบในบรรยากาศจากพื้นที่สีเขียวต่อกระบวนการกำจัด $PM_{2.5}$ ในระยะต่อไป ทั้งนี้ การศึกษาในอนาคตควรขยายระยะเวลาการเก็บข้อมูลให้ครอบคลุมรอบปีสมบูรณ์ บูรณาการตัวแปรลม และขยายขอบเขตพื้นที่ศึกษาให้ครอบคลุมหลายสถานี รวมถึงพัฒนาแบบจำลองให้มีศักยภาพในการพยากรณ์เชิงคาดการณ์ล่วงหน้า

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร สำหรับการมอบทุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา และกรมฝนหลวงและการบินเกษตรสำหรับการอนุญาตให้ลาศึกษาต่อ ขอขอบคุณกรมควบคุมมลพิษสำหรับการจัดหาข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

Amnuaylojaroen, T., Inkom, J., Janta, R., & Surapipith, V. (2020). Long range transport of Southeast Asian $PM_{2.5}$ pollution to Northern Thailand during high biomass burning episodes. *Sustainability, 12*(23), 10049. https://doi.org/10.3390/su122310049

Chaiprakarn, S., Kheawseema, P., Suten, U., & Saengseedam, P. (2025). The influences of meteorological parameters on $PM_{2.5}$ and PM_{10} values in Rayong's pollution control zone, Thailand. *Ecological Engineering & Environmental Technology, 26*(12), 90-102. https://doi.org/10.12912/27197050/213680

Chen, Y., Wang, X., Peng, H., Li, J., Wang, Y., Wang, G., . . . Liu, L. (2021). Hygroscopicity of Water-Soluble PM2.5 in Rural Northwest China: Contrasting Contributors Between Summer and Winter. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 126*(15), e2021JD034977. doi:https://doi.org/10.1029/2021JD034977

Hair, J. F. (2011). Multivariate data analysis: An overview. *International encyclopedia of statistical science*, 904-907.

Hastie, T., & Tibshirani, R. (1990). Generalized Additive Models 1990 London Chapman and Hall: CRC Press.

Nussbaumer, C. M., & Cohen, R. C. (2021). Impact of OA on the Temperature Dependence of $PM_{2.5}$ in the Los Angeles Basin. *Environmental Science & Technology*, *55*(6). doi:https://doi.org/10.1021/acs.est.0c07144

Pearce, J. L., Beringer, J., Nicholls, N., Hyndman, R. J., & Tapper, N. J. (2011). Quantifying the influence of local meteorology on air quality using generalized additive models. *Atmospheric Environment, 45*(6), 1328-1336. https://doi.org/10.1016/ j.atmosenv.2010.11.051

Pollution Control Department (2023). *Thailand's Ambient Air Quality Standards*. Retrieved from Bangkok, Thailand: https://www.pcd.go.th/

R Core Team (2024). R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Retrieved from https://www.R-project.org/

Sirithian, D., & Thanatrakolsri, P. (2022). Relationships between meteorological and particulate matter concentrations ($PM_{2.5}$ and PM_{10}) during the haze period in urban and rural areas, Northern Thailand. *Air, Soil and Water Research, 15*, 11786221221117264. https://doi.org/10.1177/11786221221117264

Wang, Y. L., Song, W., Yang, W., Sun, X. C., Tong, Y. D., Wang, X. M., . . . Liu, X. Y. (2019). Influences of atmospheric pollution on the contributions of major oxidation pathways to $PM_{2.5}$ nitrate formation in Beijing. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 124*(7), 4174-4185. https://doi.org/10.1029/2019JD030284

Wood, S. N. (2010). Fast Stable Restricted Maximum Likelihood and Marginal Likelihood Estimation of Semiparametric Generalized Linear Models. *Journal of the Royal Statistical Society Series B: Statistical Methodology, 73*(1), 3-36. doi:10.1111/j.1467-9868.2010.00749.x

Wood, S. N. (2017). *Generalized additive models: an introduction with R*: chapman and hall/C

การพยากรณ์พลังงานไฟฟ้าของโซลาร์รูฟท็อปด้วยอนุกรมเวลา

Electric Energy Prediction of Solar Rooftop Using Time Series

ภาพัท รัตนกลางเมือง[1], สิทธิโชค ผูกพันธุ์[2], จิรวดี ผลประเสริฐ[1] และ สมพร เรืองสินชัยวานิช[1]*

Phaphat Rattanaklangmueang[1], Sittichoke Pookpunt[2], Jirawadee Polprasert[1], and Somporn Ruangsinchaiwanich[1]*

[1]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
99 หมู่ 9 ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก รหัสไปรษณีย์ 65000

[2]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
99 หมู่ 9 ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก รหัสไปรษณีย์ 65000

[1]Department of Electrical and Computer Engineering, Faculty of Engineering, Naresuan University,
99 Moo 9, Tha Poe, Muang, Phitsanulok, 65000, Thailand

[2]Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Naresuan University,
99 Moo 9, Tha Poe, Muang, Phitsanulok, 65000, Thailand

*Corresponding author E-mail: Phaphatr67@nu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพยากรณ์พลังงานไฟฟ้าของระบบโซลาร์รูฟท็อปโดยประยุกต์ใช้วิธีอนุกรมเวลา (Time Series) ซึ่งใช้ข้อมูลการผลิตไฟฟ้าจริงจากระบบพิกัดติดตั้ง 308.1 kWp ในพื้นที่จังหวัดพิษณุโลก งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการรวบรวมและคัดกรองข้อมูลเพื่อขจัดสัญญาณรบกวนในช่วงเวลาที่ไม่มีการผลิตไฟฟ้าและเลือกใช้แบบจำลอง ARIMA (Auto-Regressive Integrated Moving Average) ในการสร้างแบบจำลองเพื่อการพยากรณ์ โดยประเมินประสิทธิภาพความแม่นยำด้วยเกณฑ์ค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAPE)

ผลการศึกษาพบว่า ระบบมีศักยภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้ารวม 143.71 MWh ต่อปี หรือคิดเป็นค่าเฉลี่ย 394 kWh ต่อวัน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การผลิตไฟฟ้า (Capacity Factor) เฉลี่ยร้อยละ 12.99 จากการเปรียบเทียบผลการพยากรณ์จำแนกตามฤดูกาล พบว่าช่วงฤดูหนาวมีความแม่นยำสูงสุดโดยมีค่า MAPE เท่ากับร้อยละ 34.23 รองลงมาคือฤดูฝนร้อยละ 50.24 และฤดูร้อนร้อยละ 56.80 ตามลำดับ ในขณะที่การพยากรณ์ภาพรวมตลอดทั้งปีมีค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 68.28 งานวิจัยนี้สรุปได้ว่าความผันผวนของฤดูกาลมีผลต่อประสิทธิภาพของแบบจำลองอนุกรมเวลา และเสนอแนะแนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) เพื่อลดความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ในอนาคต

คำสำคัญ : พลังงานไฟฟ้า โซลาร์รูฟท็อป อนุกรมเวลา การพยากรณ์

Abstract

This paper aims to forecast the electric energy generation of a 308.1 kWp solar rooftop system using Time Series analysis. The research utilized real-world power generation data collected from a system installed in Phitsanulok, Thailand. The methodology involved data collection and pre-processing to eliminate noise during non-generating periods, employing the ARIMA (Auto-Regressive Integrated Moving Average) model for forecasting. The model's accuracy was evaluated using the Mean Absolute Percentage Error (MAPE) criterion.

The results indicate a total annual energy generation of 143.71 MWh, averaging 394 kWh per day, with a mean Capacity Factor of 12.99%. Analysis of the system's Performance Ratio (PR) and daily solar irradiance revealed significant correlations with power output fluctuations. A seasonal comparison of forecasting accuracy showed that Winter yielded the highest accuracy with a MAPE of 34.23%, followed by the Rainy season at 50.24% and Summer at 56.80%. The overall annual prediction resulted in a MAPE of 68.28%. The study concludes that seasonal variations and intermittent solar irradiance significantly impact the efficiency of the time series model, and suggests the integration of Artificial Intelligence (AI) to enhance forecasting precision in future research.

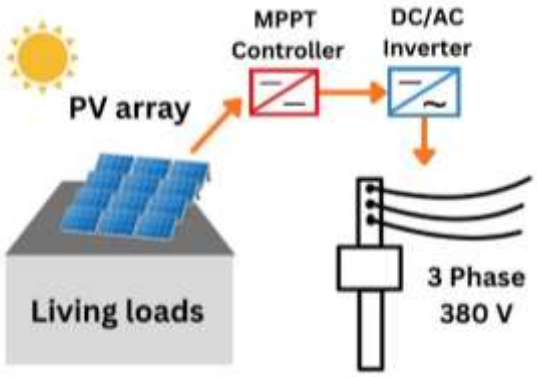
Keywords : Electric Energy, Solar Rooftop, Time Series, Prediction

บทนำ

ปัจจุบันการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์เป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายในประเทศไทย ด้วยศักยภาพสูงด้านภูมิศาสตร์ ประกอบกับการพัฒนาเทคโนโลยีที่ส่งผลให้ต้นทุนมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนในระยะยาว การประยุกต์ใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อช่วยผลิตพลังงานไฟฟ้าจึงพบเห็นได้ทั่วไป ได้แก่ อาคารสำนักงาน อาคารบ้านเรือน หรือแม้แต่ในพื้นที่เกษตรกรรม เนื่องจากระยะเวลาคืนทุนที่น่าสนใจ รวมถึงขั้นตอนการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ที่ทำได้ง่ายและสะดวกยิ่งขึ้น นอกจากนี้ พลังงานแสงอาทิตย์ยังเป็นพลังงานสะอาดและเป็นทางเลือกสำหรับผู้ที่ใส่ใจในการอนุรักษ์พลังงาน อีกทั้งด้านภาครัฐยังได้ออกมาตรการจูงใจแก่ผู้ที่ต้องการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ อาทิ มาตรการลดหย่อนภาษีสำหรับบุคคลธรรมดา (ไม่เกิน 10 kW) สูงสุด 200,000 บาท ในปี 2568 (การลดหย่อนภาษี, 2568)

ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา (Solar PV Rooftop) ส่วนใหญ่ติดตั้งแบบเชื่อมต่อระบบจำหน่าย (Grid Connected System) ซึ่งมีข้อดีคือการลงทุนไม่สูงมากเพราะไม่ต้องใช้แบตเตอรี่ สามารถผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์แล้วจำหน่ายเข้าระบบได้ทันที จึงเป็นที่นิยมอย่างมากตามอาคารและบ้านเรือนที่ต้องการลดภาระค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 1 ประเด็นอายุการใช้งานของแผงโซลาร์เซลล์ถือเป็นข้อสงสัย

ที่สำคัญสำหรับผู้ใช้งาน โดยทั่วไปจะอยู่ที่ประมาณ 25-30 ปี (ขึ้นอยู่กับวัสดุและมาตรฐานกระบวนการผลิต) ในทางปฏิบัติแผงโซลาร์เซลล์จะยังสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าออกมาได้แม้ระยะเวลาจะผ่านไปนานกว่า 25 ปี เพียงแต่พลังงานไฟฟ้าที่ได้จะลดลงเรื่อย ๆ ตามอายุการใช้งานของแผง



รูปที่ 1 ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบ On Grid

การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ (Photovoltaic, PV) ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยหลัก ซึ่งแบ่งได้เป็นปัจจัยด้านแสงอาทิตย์, ตัวแผง, สภาพแวดล้อม และระบบไฟฟ้า ผู้ลงทุนจำเป็นต้องมีข้อมูลเพื่อช่วยพิจารณาความคุ้มค่าในการลงทุน (Return on Investment, ROI) โดยต้องมีการวางแผนและประเมินหลายด้าน การพยากรณ์พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ดีจะช่วยให้สามารถบริหารจัดการระบบไฟฟ้าให้มั่นคง ลดต้นทุนค่าไฟฟ้าสำรอง ลดความผันผวนและความเสี่ยงจากการผลิตไฟฟ้าที่ไม่แน่นอน โดยเฉพาะกลุ่มผู้ต้องการติดตั้งระบบขนาดใหญ่ ที่ผ่านมา มีนักวิจัยทั้งในต่างประเทศและในประเทศไทยได้นำเสนอวิธีการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ตัวอย่างเช่น Idris Khan และคณะ (Idris et al., 2017) ได้ศึกษาการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์ขนาด 3 kW แบบสุ่มเวลาทุก ๆ 15 นาที ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม โดยตัวแปรอินพุตที่นำมาใช้ประกอบด้วย รังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วลม ซึ่งตัวแปรเหล่านี้ยังแบ่งตามสภาพของภูมิอากาศ ได้แก่ ช่วงอากาศแจ่มใส ช่วงอากาศมีหมอกปกคลุม และช่วงฝนตก โดยใช้ข้อมูลจาก North China Electric Power University ในกรุงปักกิ่ง ประเทศจีน ผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยรากที่สองของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (RMSE) ของวันที่ 1 และ 2 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 มีค่าเท่ากับ 0.180 kW และ 0.428 kW ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสองของวันที่ 1 และ 2 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 มีค่าเท่ากับ 0.103 kW และ 0.178 kW ตามลำดับ ส่วนในประเทศไทย ชานนท์ ชูพงษ์ และคณะ (Charnon et al., 2011) ได้ทำการพยากรณ์กำลังไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุตของโครงข่ายโซลาร์เซลล์ที่เชื่อมต่อเข้ากับระบบไฟฟ้าโดยไม่ใช้การวัดความเข้มแสงอาทิตย์ แต่ใช้วิธีโครงข่ายประสาทเทียมในการพยากรณ์ และใช้ข้อมูลอินพุต ได้แก่ ค่าอุณหภูมิสูงสุด ค่าอุณหภูมิต่ำสุด และดัชนีปริมาณเมฆ ระบบเซลล์แสงอาทิตย์มีขนาด 1 kW ค่าสถิติที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ ค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error, MAPE) ผลจากการศึกษาพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนได้ผลประมาณ 16.83%

ปัจจุบัน อนุกรมเวลา (Time Series) เป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในการประยุกต์ใช้ด้านการพยากรณ์ เช่น การพยากรณ์ความต้องการ การวิเคราะห์ทางการเงิน และวิเคราะห์แนวโน้มด้านราคาหุ้น คุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของอัลกอริทึมอนุกรมเวลาคือ ความสามารถในการคาดการณ์รูปแบบนอกเหนือจากขอบเขตของข้อมูลฝึกฝน วิธีอนุกรมเวลาสามารถใช้ข้อมูลในอดีตเพื่อวิเคราะห์แนวโน้ม (Trend) และรูปแบบตามฤดูกาล (Seasonal) ของข้อมูล ซึ่งช่วยให้สามารถพยากรณ์ค่าในอนาคตได้แม่นยำยิ่งขึ้น ดังงานของอังคณา สุขเหล็ก (2563) ที่ได้ศึกษาเทคนิคการพยากรณ์การหากำไรในอนาคตของบริษัทในตลาดหลักทรัพย์ด้วยการประยุกต์ใช้อนุกรมเวลา ผลการศึกษาพบค่าความคลาดเคลื่อนที่น้อยที่สุดประมาณ 31 เปอร์เซ็นต์ในการประยุกต์การพยากรณ์แบบนาอีฟ หรือการศึกษาของ วราพร งามสุข (2555) เรื่องการพยากรณ์ด้วยการประยุกต์ใช้อนุกรมเวลา กรณีศึกษาจำนวนการเกิดอุบัติเหตุในประเทศไทย เพื่อเปรียบเทียบการพยากรณ์อนุกรมเวลาโดยวิธีดั้งเดิมและวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ โดยใช้ข้อมูลสถิติการเกิดอุบัติเหตุรายเดือนระหว่างเดือนมกราคม พ.ศ. 2545 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2554 จากการศึกษาพบว่าการพยากรณ์โดยวิธีดั้งเดิมมีความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) เท่ากับ 229.58 และวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ เท่ากับ 55.59

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการประยุกต์ใช้การพยากรณ์ด้วยอนุกรมเวลา (Time Series Forecasting) ซึ่งมีความโดดเด่นในการคาดการณ์ข้อมูลที่มีความไม่เป็นเชิงเส้น (Non-linearity) และเป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับว่ามีค่าผิดพลาดน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่น ๆ เช่น วิธีการปรับเรียบแบบเอ็กซ์โพแนนเชียล และวิธีถดถอยเชิงพหุ เป็นต้น

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้ดำเนินการวิจัยได้กำหนดระเบียบวิธีวิจัยและขั้นตอนการดำเนินงานอย่างเป็นระบบ เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และขอบเขตของงานวิจัยที่กำหนดไว้ ดังแสดงในรูปที่ 2 ดังนี้

1. การรวบรวมข้อมูล (Data Collection) จากระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจริงของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ในพื้นที่จังหวัดพิษณุโลก โดยใช้ค่าพลังงานไฟฟ้า (E_{At}) โดยผ่านกระบวนการคัดกรองข้อมูล ในวันที่ไม่มีการผลิตพลังงานไฟฟ้าออกจากข้อมูล พบได้ในฤดูฝนบางวันหรือในวันที่ระบบเก็บข้อมูลไม่มีการบันทึกค่า เพื่อลดสัญญาณรบกวนก่อนนำไปวิเคราะห์

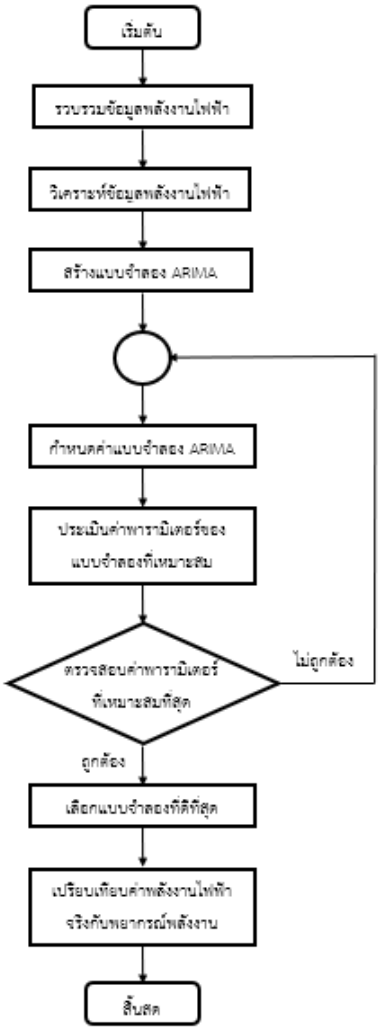
2. การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis) นำข้อมูลมาตรวจสอบและทำความเข้าใจข้อมูลอนุกรมเวลา ได้แก่ การวิเคราะห์แนวโน้ม (Trends) และรูปแบบการเปลี่ยนแปลงฤดูกาล (Seasonality) ของการผลิตไฟฟ้า

3. การเลือกเทคนิคการพยากรณ์ (Model Selection) กำหนดเลือกใช้เทคนิคการพยากรณ์แบบ ARIMA (Auto-Regressive Integrated Moving Average) เนื่องจากเป็นวิธีที่เหมาะกับลักษณะของข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีรูปแบบความสัมพันธ์เชิงเส้น

4 การสร้างแบบจำลอง (Model Building) สร้างแบบจำลองจากข้อมูลในอดีต โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์และค่าสัมประสิทธิ์ที่เหมาะสม เพื่อให้แบบจำลองมีความคลาดเคลื่อนจากข้อมูลจริงน้อยที่สุด

5 การเลือกโมเดล (Model Selection) ทำการเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ (Forecasting) จากค่าความคลาดเคลื่อนและความแม่นยำของแบบจำลอง

6 เปรียบเทียบผลการพยากรณ์ที่กับข้อมูลพลังงานไฟฟ้าจริง เพื่อประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองและสรุปผลการดำเนินงานวิจัย

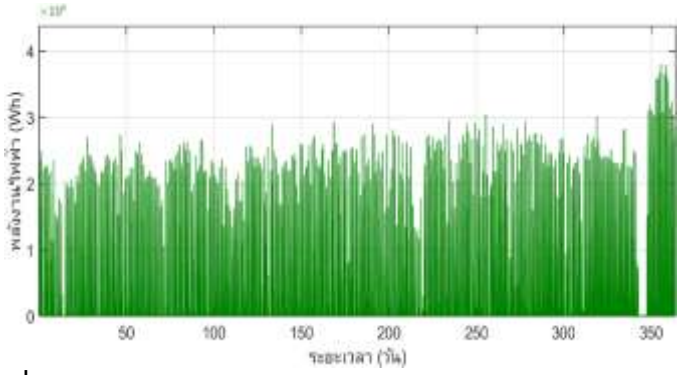


รูปที่ 2 ผังงานของการดำเนินงาน

ผลการวิจัย

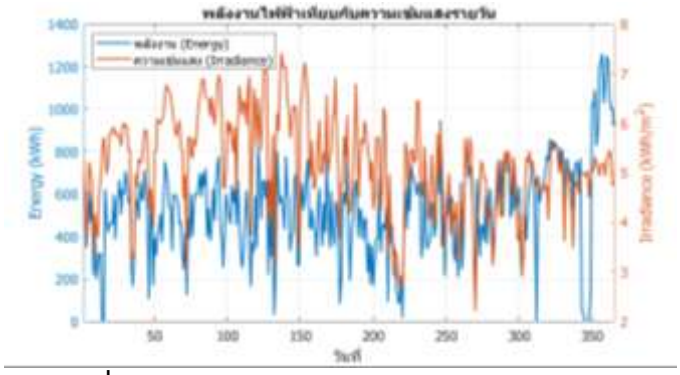
จากการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติและอนุกรมเวลาของระบบผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยมีรายละเอียดผลการศึกษาดังนี้

สถิติการผลิตพลังงานไฟฟ้า จากการวิเคราะห์พบว่า ระบบโซลาร์รูฟท็อปที่ติดตั้งในพื้นที่จังหวัดพิษณุโลกมีศักยภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้ารวมทั้งสิ้น 143.71 MWh ต่อปีหรือคิดเป็นค่าเฉลี่ยการผลิตรายวัน 394 kWh/วัน โดยระบบมีค่าสัมประสิทธิ์การผลิตไฟฟ้า (Capacity Factor) เฉลี่ยร้อยละ 12.99 ดังรูปที่ 3



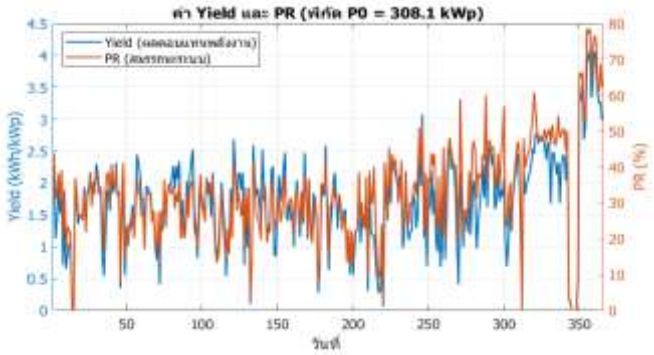
รูปที่ 3 กราฟข้อมูลพลังงานไฟฟ้าตลอดปี (ผลรวม 143.44 MWh)

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้และความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ (Irradiance) ในพื้นที่ติดตั้งจังหวัดพิษณุโลก พบว่าปริมาณการผลิตไฟฟ้ามีความผันแปรตามความเข้มแสงอย่างชัดเจน โดยในช่วงที่มีความเข้มแสงสูงมากกว่า 6 kWh/m^2 ต่อวัน ระบบจะสามารถผลิตพลังงานได้สูงสุด อย่างไรก็ตาม พบการลดลงของพลังงานอย่างฉับพลันในบางช่วงเวลา ซึ่งสอดคล้องกับสภาวะเมฆบดบังหรือฝนตก ปัจจัยความผันผวนของความเข้มแสงตามสภาพอากาศเป็นตัวแปรสำคัญที่ส่งผลต่อค่าความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ด้วยแบบจำลองอนุกรมเวลา



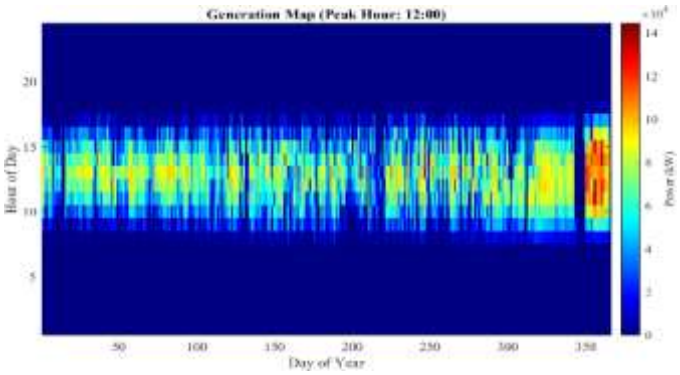
รูปที่ 4 พลังงานไฟฟ้าเทียบกับความเข้มแสงรายวัน

นอกจากนี้ทำการวิเคราะห์สมรรถนะของระบบผ่านค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพ ได้แก่ ค่า Yield และ Performance Ratio (PR) ของระบบที่มีพิกัดติดตั้ง 308.1 kWp โดยผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าระบบมีค่าสัมประสิทธิ์การผลิตไฟฟ้า (Capacity Factor) เฉลี่ยร้อยละ 12.99 ซึ่งเมื่อพิจารณาค่า PR จะพบว่ามีความเสถียรอยู่ในช่วงที่เหมาะสม แต่จะมีค่าลดลงในวันที่สภาพอากาศปิดหรือมีการสะสมของความร้อนในแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ข้อมูลสมรรถนะเหล่านี้ช่วยยืนยันถึงศักยภาพของระบบโซลาร์รูฟท็อปในสภาวะการใช้งานจริงก่อนนำข้อมูลไปเข้ากระบวนการพยากรณ์ แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 5 ค่า Yield และ PR

พฤติกรรมการผลิตรายช่วงเวลา เมื่อพิจารณาพฤติกรรมการผลิตจากแผนภาพความร้อน (Heatmap) พบว่า ระบบมีศักยภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลา 8:00 - 18:00 น. โดยแถบสีแดงเข้มมีความสอดคล้องกับช่วงเวลาที่มีการผลิตพลังงานสูงสุดหรือระหว่างช่วงเวลา 11:00 - 13:00 น. อย่างไรก็ตาม พบว่าแถบสีมีความไม่ต่อเนื่องและขาดหายไปเป็นช่วง ๆ แสดงให้เห็นความไม่เสถียรของระบบการผลิตไฟฟ้าที่เกิดจากสภาวะเมฆบดบังแสงอาทิตย์หรือฝนตก ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 แผนภาพแสดงความหนาแน่นของกำลังการผลิตไฟฟ้าตามช่วงเวลา

วิจารณ์ผล

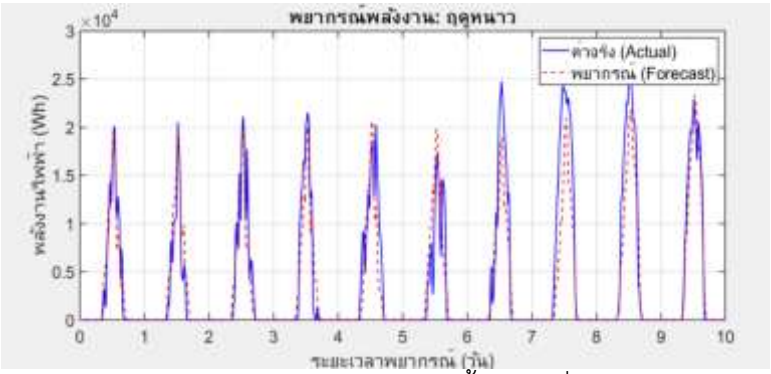
ในการวัดความแม่นยำของแบบจำลองการพยากรณ์ งานวิจัยนี้ได้เลือกเกณฑ์ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error, MAPE) ซึ่งเป็นการคำนวณความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าที่เกิดขึ้นจริงกับค่าที่ได้จากการพยากรณ์ในรูปแบบร้อยละ โดยพิจารณาค่าสัมบูรณ์ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1 ดังนี้

$$\text{MAPE} = \frac{100}{n}\sum_{t=1}^{n}\left|\frac{A_t - F_t}{A_t}\right| \quad (1)$$

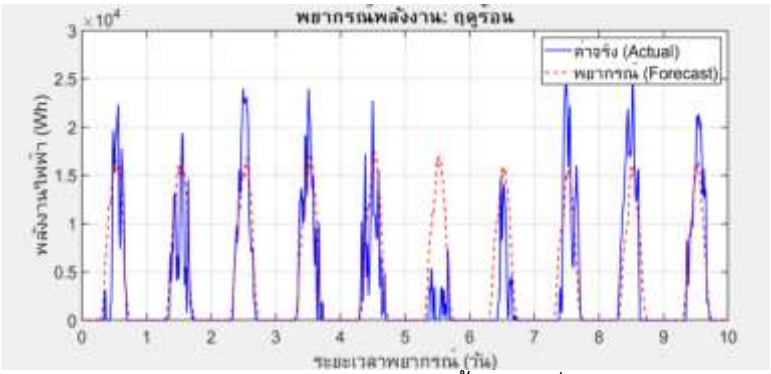
โดยที่

A_t = ค่าพลังงานไฟฟ้าจริง (Actual Value), F_t = ค่าพยากรณ์พลังงานไฟฟ้า (Forecast Value) และ n = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

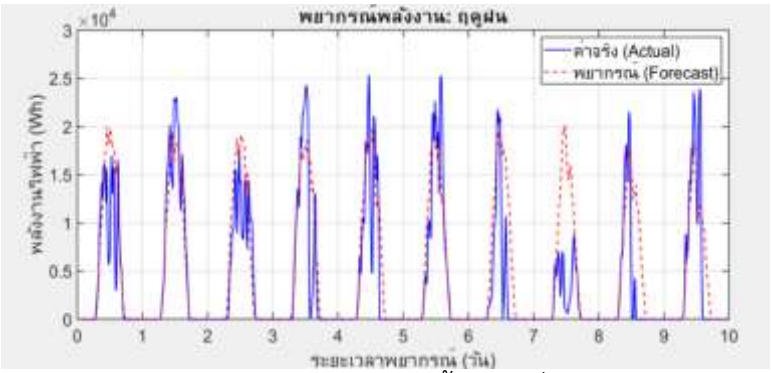
สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลอง ดำเนินการโดยเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าที่วัดได้จริงกับค่าที่ได้จากการพยากรณ์ โดยจำแนกการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็นรายฤดูกาล ได้แก่ ฤดูหนาว ฤดูร้อน ฤดูฝน และตลอดทั้งปี ดังแสดงในรูปที่ 7 – 10 ทั้งนี้ในรูปที่ 7 – 9 ได้ทำการคัดเลือกช่วงข้อมูลตัวอย่างจำนวน 10 วัน เพื่อให้เห็นความชัดเจนของค่ากำลังการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้จากการวัดจริงกับค่าพยากรณ์ดังนี้



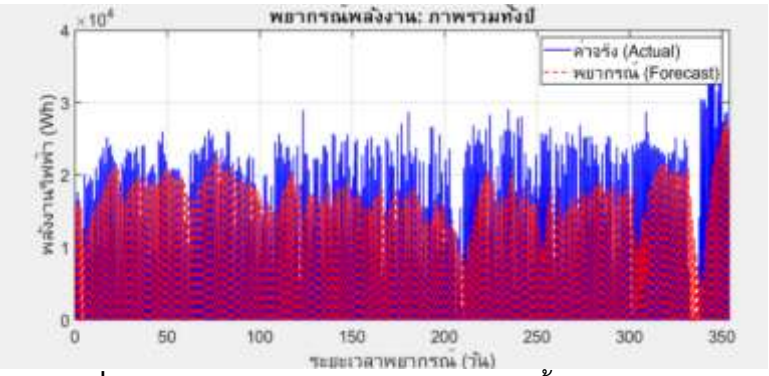
รูปที่ 7 การพยากรณ์พลังงานไฟฟ้าในช่วงฤดูหนาว ตั้งแต่วันที่ 1–10 มกราคม พ.ศ. 2565



รูปที่ 8 การพยากรณ์พลังงานไฟฟ้าในช่วงฤดูร้อน ตั้งแต่วันที่ 1–10 เมษายน พ.ศ. 2565



รูปที่ 9 การพยากรณ์พลังงานไฟฟ้าในช่วงฤดูฝน ตั้งแต่วันที่ 1–10 กรกฎาคม พ.ศ. 2565



รูปที่ 10 การพยากรณ์พลังงานไฟฟ้า ตลอดทั้งปี พ.ศ. 2565

การพยากรณ์ด้วยแบบจำลอง ARIMA พบว่าความแม่นยำมีความผันแปรตามฤดูกาลอย่างมีนัยสำคัญ โดยฤดูหนาวให้ผลแม่นยำที่สุดเนื่องจากสภาพอากาศมีความเสถียรและมีความเข้มแสงสม่ำเสมอ ในขณะที่ฤดูร้อนมีค่า MAPE สูงสุดถึงร้อยละ 56.80 ซึ่งเกิดปัจจัยที่มาจากอุณหภูมิแผงที่สูงขึ้นซึ่งส่งผลต่อค่า PR ของระบบให้ลดลง และความผันผวนของเมฆในช่วงรอยต่อฤดูกาล แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์

ช่วงเวลา	MAPE (เปอร์เซ็นต์)
ฤดูหนาว	34.23
ฤดูร้อน	56.80
ฤดูฝน	50.24
ตลอดทั้งปี	68.28

สรุปผล

งานวิจัยนี้สรุปผลการศึกษาศักยภาพและการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้าของระบบโซลาร์รูฟท็อปขนาดพิกัด 308.1 kWp ในจังหวัดพิษณุโลก โดยพบว่าระบบมีศักยภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้ารวม 143.71 MWh ต่อปี หรือเฉลี่ย 394 kWh ต่อวัน และมีค่าสัมประสิทธิ์การผลิตไฟฟ้า (Capacity Factor) เฉลี่ยร้อยละ 12.99 ซึ่งปริมาณการผลิตมีความผันแปรตามความเข้มรังสีดวงอาทิตย์และสภาวะทางอุตุนิยมวิทยาอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับประสิทธิภาพของแบบจำลอง ARIMA พบว่าความแม่นยำมีความผันแปรตามฤดูกาล โดยช่วงฤดูหนาวมีความแม่นยำสูงสุดด้วยค่า MAPE ร้อยละ 34.23 รองลงมาคือฤดูฝนร้อยละ 50.24 และฤดูร้อนร้อยละ 56.80 ตามลำดับ ในขณะที่ภาพรวมรายปีมีความคลาดเคลื่อนร้อยละ 68.28 อันเนื่องมาจากปัจจัยความไม่แน่นอนของสภาพอากาศ เมฆบดบัง และการสะสมความร้อนในแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ดังนั้นการพัฒนาในอนาคตควรพิจารณาการใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) ร่วมกับการเพิ่มตัวแปรนำเข้าด้านอุณหภูมิและความเข้มแสงเพื่อยกระดับความแม่นยำในการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

เอกสารอ้างอิง

การลดหย่อนภาษี ปี 2568 (การลดหย่อนภาษี, 2568), กรมสรรพากร
https://rd.go.th/fileadmin/user_upload/lorkhor/newsbanner/2025/11/solar.pdf

Idris Khan, Honglu Zhu, Danish Khana and Manoj Kumar Panjwanib. (2017). Photovoltaic Power prediction by Cascade forward artificial neural network. In 2017 International Conference on Information and Communication Technologies (ICICT) (pp.145-149). Karachi, Pakistan.

Charnon Chupong and Boonyang Plangklang. (2011). Forecasting power output of PV grid connected system in Thailand without using solar radiation measurement. Energy Procedia, 9(2011), pp.230-237.

อังคณา สุขเหล็ก (2563). การศึกษาเทคนิคการพยากรณ์รูปแบบอนุกรมเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการหากำไรในอนาคต สำหรับบริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย กลุ่มธุรกิจที่เกี่ยวกับอาหาร 4 หมวดธุรกิจ . มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์/กรุงเทพฯ.

วราพร งามสุข (2555). การพยากรณ์อนุกรมเวลาโดยการเปรียบเทียบวิธีแบบฉบับและวิธีบอกซ์-เจนกินส์ กรณีศึกษาจำนวนการเกิดอุบัติเหตุในประเทศไทย. มหาวิทยาลัยบูรพา/ชลบุรี

การพยากรณ์การใช้ไฟฟ้าของโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง โดยใช้พารามิเตอร์ทางธรรมชาติ

FORECASTING OF ELECTRICITY QUANTITY USED IN ANGTONG SPORTS SCHOOL BY NATURAL PARAMETER

กฤตย์วิพุธ ผอบแก้ว[1] และ ภัทรศักดิ์ ผอบแก้ว[2]

Kritwiput Phaobkaew[1] and Pattarasak Phaobkaew[2]

[1] คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตอ่างทอง

[2]แผนกคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยเทคนิคลพบุรี

[1] Faculty of Sports Science and Sports Science and Health, Thailand National Sport University, Angthong Campus

[2] Department of Business computer and Design computer Technology, Lopburi Technical College

*corresponding author e-mail: kimkrit1919@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพยากรณ์การใช้ไฟฟ้าของโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง โดยใช้พารามิเตอร์ทางธรรมชาติ ประกอบด้วย อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ความเร็วลม ความเข้มของแสงอาทิตย์ และความกดอากาศ ปี พ.ศ. 2565 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสำรวจปริมาณการใช้ไฟฟ้าและข้อมูลสภาพอากาศ มีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.95 การพยากรณ์การใช้ไฟฟ้าของโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง โดยใช้พารามิเตอร์ทางธรรมชาติ ประกอบด้วย อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ความเร็วลม ความกดอากาศ และความเข้มของแสงอาทิตย์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าเฉลี่ย สมการโพลิโนเมียล สมการถดถอยพหุคูณ และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ สมการทางคณิตศาสตร์สำหรับใช้พยากรณ์การใช้ไฟฟ้าของโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง โดยใช้พารามิเตอร์ทางธรรมชาติ ซึ่งประกอบด้วย อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ความเร็วลม ความกดอากาศ และความเข้มของแสงอาทิตย์ ได้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ เท่ากับ 0.51

คำสำคัญ: การพยากรณ์ การใช้ไฟฟ้า พารามิเตอร์ทางธรรมชาติ

Abstract

This research aimed to study forecasting of electricity quantity consumption in Angtong Sports School by natural parameters such as temperature, rainfall, relative humidity, wind speed,

irradiation and air pressure in year 2022. The research instrument was a questionnaire about electricity quantity consumption and weather information with a total confidence value of 0.95

Forecasting of electricity quantity consumption in Angtong sports schoolby natural parameters was created by mathematic model relative about high temperature, low temperature, relative humidity, wind speed, air pressure and irradiation. The statistics in this research consists of polynomial equation, multiple linear regression and R-square. The best mathematical model of high temperature, low temperature, relative humidity, wind speed and irradiation were R-square 0.51

Keywords: Forecasting, Electricity quantity used, Natural Paramete

บทนำ

พลังงานไฟฟ้าถือเป็นพลังงานรูปหนึ่งที่มีความจำเป็นมากในปัจจุบัน และเป็นรากฐานสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม การศึกษา การกีฬา และความเป็นอยู่ต่างๆของมนุษย์ จึงส่งผลให้ความต้องการในการใช้ไฟฟ้าเพิ่มปริมาณสูงขึ้นทุกๆปี โรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง เป็นสถาบันการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาเปิดสอบตั้งแต่ชั้นมัธยมศึกษาที่ 1-6 โดยนักเรียนทุกคนต้องพักอยู่ในโรงเรียน เพื่อการพัฒนาการศึกษาในระดับชั้นมัธยมศึกษา พัฒนาวงการกีฬาทั้งระดับท้องถิ่น ระดับชาติ และระดับนานาชาติ ส่งเสริมการการออกกำลังกายและพัฒนาสุขภาพของชุมชนจะเห็นได้ว่าภารกิจของโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง มีมากมายจึงส่งผลทำให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก โรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทองมีอาคารสำหรับพัฒนาการเรียนการสอน จำนวน 3 อาคาร อาคารสำนักงานของข้าราชการครูและบุคลากรทางการศึกษา 1 อาคาร หอพักของนักเรียน 2 อาคาร อาคารประกอบสำหรับการพัฒนากีฬา วิทยาศาสตร์การกีฬา พลศึกษาและนันทนาการ มีอยู่อีกจำนวนหลายอาคาร อีกทั้งยังมีสนามกีฬาในร่มและกลางแจ้งอีกหลายสนาม รวมทั้งมีอาคารที่พักของข้าราชการ พนักงาน และบุคลากรของโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทองเป็นจำนวนมาก จากกิจกรรมที่หลากหลายและจำนวนพื้นที่ที่ต้องมีการใช้พลังงานไฟฟ้าจึงส่งผลให้โรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง มีการใช้พลังงานไฟฟ้าปีละเกือบ 700,000 กิโลวัตต์ ซึ่งถือว่าเป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าในปริมาณค่อนข้างมาก และมีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นในทุกๆปี อาจเกิดจากจำนวนนักเรียนที่เพิ่มมากขึ้น

จำนวนอาคารสำหรับการเรียนการสอนและการดำเนินกิจกรรมต่างๆของทางโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทองที่เพิ่มมากขึ้น และสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วหรือที่เราเรียกกันว่า สภาวะโลกร้อนอาจจะอีกสาเหตุหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า ทำให้ส่งผลกระทบต่อการกำหนดนโยบายการบริหารงานด้านการประหยัดพลังงานตามที่ทางรัฐบาลกำหนด และยังส่งผลกระทบโดยตรงต่อการกำหนดนโยบายทางด้านงบประมาณของโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทองอีกด้วย อีกทั้งยังมีการเปลี่ยนแปลงของสภาพ

ภูมิอากาศอย่างรุนแรงตลอดเวลา มีทั้งอุณหภูมิที่ร้อนเพิ่มขึ้นทุกๆปี ปริมาณน้ำฝนที่บางช่วงน้อยมากจนพื้นดินแตกระแหงหรือบางช่วงที่มีปริมาณของน้ำจำนวนมากจนท่วมบ้านเรือนและพื้นที่ทางการเกษตรเสียหายเป็นจำนวนมาก ความแปรปรวนของสภาพอากาศมีการให้คำนิยามกับสภาวะอากาศแบบนี้ว่า สภาวะโลกร้อน หรือ Greenhouse effect โรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทองเป็นหน่วยงานที่จัดการศึกษาและบริการด้านการกีฬาแก่ประชาชนทั่วไป ผู้วิจัยสังเกตเห็นว่าเมื่อสภาพอากาศเกิดการเปลี่ยนแปลงตลอดปี ส่งผลกระทบให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทองเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะเมื่อต้องทำการเรียนการสอนหรือบริการประชาชนในสภาพอากาศที่ร้อนจัด

ทางโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทองจำเป็นจะต้องเปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทเครื่องปรับอากาศ แสงสว่าง รวมถึงปั๊มน้ำที่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก มีการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการใช้พลังงานชีวมวลในภาคใต้ โดยเก็บข้อมูลจากโรงงานแปรรูปไม้ยางพาราและโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ จากการศึกษาพบว่า ปริมาณผลผลิตของอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์มดิบ (X1) และปริมาณของอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ยางพารา (X6) เป็นตัวแปรที่มีผลต่อปริมาณการใช้ชีวมวลของอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มดิบ (Y1) และของอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ยางพารา (Y2) ตามลำดับ ดังนั้นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับปริมาณการใช้ ชีวมวลในอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์มดิบ คือ Y1 =0.164X1+6.786 โดยแบบจำลองนี้มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.81 และ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับปริมาณการใช้ชีวมวลในอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ยางพารา คือ Y2 =0.833X6+2.832 โดยแบบจำลองนี้มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.89 (พจณีย์ จันทร์ศิริ, 2551) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้นำมาใช้ประเมินคุณภาพอากาศ อันเนื่องมาจากการจราจรในพื้นที่เกาะรัตนโกสินทร์ กรุงเทพมหานคร โดยศึกษาข้อมูลความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ ปริมาณและความเร็วรถมีความสัมพันธ์ของก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ อนุภาคฝุ่น และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือ R^2 เท่ากับ 0.91 0.62 และ 0.54 ตามลำดับ ซึ่งถือว่าสามารถนำไปใช้ในการประเมินคุณภาพอากาศได้ (ศิวพันธุ์ ชูอินทร์, 2551) การพยากรณ์ปริมาณน้ำประปา โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่ พ.ศ. 2547 ถึง พ.ศ. 2560 จำนวน 168 ข้อมูล เพื่อมาพยากรณ์การใช้น้ำประปาในปี พ.ศ. 2561 ได้ใช้วิธีพยากรณ์ 3 วิธี ประกอบด้วย วิธีบอกซ์เจนกินส์โครงข่ายประสาทเทียม และแบบจำลองต้นไม้เอ็มไฟว์พี ซึ่งวิธีการพยากรณ์ด้วยวิธีการพยากรณ์ด้วยแบบจำลองต้นไม้เอ็มไฟว์พีเป็นวิธีที่ได้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด โดยมีค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 19,227.46 และเกณฑ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย 2.19

แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองต้นไม้เอ็มไฟว์พีที่มีความสามารถในการพยากรณ์ได้แม่นยำที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วีรศักดิ์, วรปภา และเผด็จ (2560) ซึ่งได้ศึกษาการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ระหว่างวิธีโครงข่ายประสาทเทียม วิธีแบบจำลองต้นไม้เอ็มไฟว์พี พบว่า แบบจำลองต้นไม้เอ็มไฟว์พีมีความแม่นยำกว่าวิธีโครงข่ายประสาทเทียม (เฉลิมวุฒิ คำเมือง, 2563) และวิธีเครือข่ายประสาทเทียมแบบย้อนกลับมาใช้ในการทำนายภาระการใช้พลังงานของอาคาร โดยอาศัยข้อมูลต่างๆ ในการคำนวณ เช่น ข้อมูลการพยากรณ์อากาศ ภาระการใช้พลังงานในเวลาปัจจุบัน จำนวนชั่วโมงที่ดวงอาทิตย์อยู่บนท้องฟ้าในวันนั้น และอื่นๆ (Gonzalez & Zamarreo, 2005) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ยังได้ทำการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า โดยแบ่งการ

พยากรณ์ออกเป็น การพยากรณ์แบบระยะยาว (Long-term Load Forecasting) และการพยากรณ์แบบระยะสั้น (Short-term Load Forecasting) สำหรับการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าแบบระยะนั้นเคยมีการใช้เทคนิคแบบรีเกรสชันเข้ามาช่วยในการพยากรณ์ โดยใช้เทคนิคแบบรีเกรสชันและโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) (Mathieu et al, 2011)

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความประสงค์ที่จะเพื่อพยากรณ์การใช้ไฟฟ้าของโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง โดยใช้พารามิเตอร์ทางธรรมชาติ เพื่อพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าและเป็นแนวทางในการกำหนดนโยบายทางด้านการบริหารงาน รวมทั้งการกำหนดงบประมาณรายจ่ายสำหรับค่าพลังงานไฟฟ้าได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมต่อไป โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยคือ เพื่อพยากรณ์การใช้ไฟฟ้าของโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง โดยใช้พารามิเตอร์ทางธรรมชาติ

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาถึงการพยากรณ์การใช้ไฟฟ้าของโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง โดยใช้พารามิเตอร์ทางธรรมชาติเป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey research) มีวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างสมการพยากรณ์การใช้ไฟฟ้าของโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง ได้แก่

1.1 ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง ย้อนหลัง 1 ปี (พ.ศ. 2565)

1.2 ข้อมูลสภาพภาพอากาศ บริเวณโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง ย้อนหลัง 1 ปี (พ.ศ. 2565) ประกอบด้วย อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ความเร็วลม ความเข้มของแสงอาทิตย์ และความกดอากาศ

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นแบบสำรวจ แบ่งออกเป็น 2 ชุด ดังนี้

ชุดที่ 1 เป็นแบบสำรวจข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าของโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง ย้อนหลัง 1 ปี (พ.ศ. 2565)

ชุดที่ 2 เป็นแบบสำรวจข้อมูลสภาพภาพอากาศ บริเวณโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง ย้อนหลัง 1 ปี (พ.ศ. 2565) ประกอบด้วย อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ความเร็วลม ความเข้มของแสงอาทิตย์ และความกดอากาศ

3. การหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในกาวิจัย

การตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา (Content Validity) โดยผู้วิจัยนำข้อคำถามที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67–1.00 ในส่วนค่าเที่ยงแบบสอบถามภายใน วิเคราะห์โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach) มีค่าเท่ากับ 0.95

4. การสร้างสมการพยากรณ์การใช้ไฟฟ้าของโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง

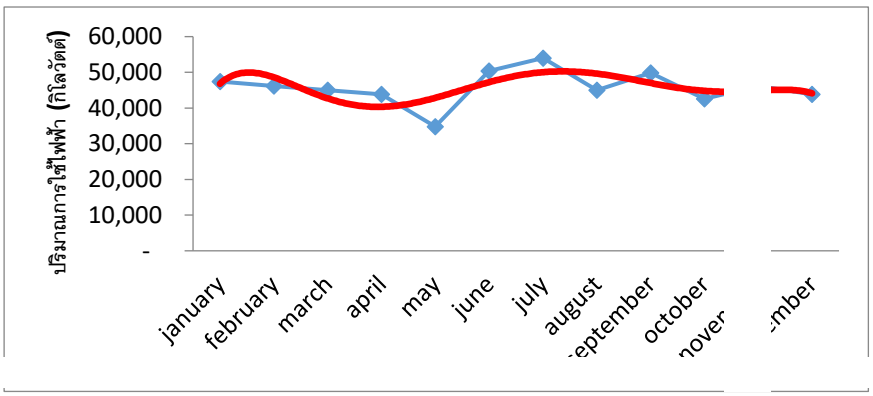
ในการสร้างสมการพยากรณ์การใช้ไฟฟ้าของโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง จะใช้พารามิเตอร์ทางธรรมชาติที่วิเคราะห์สมการถดถอยเชิงเส้นด้วยวิธี Backward สำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของสมการที่ใช้ในการพยากรณ์ โดยวิเคราะห์จากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้ ส่วนแรกเป็นการวิเคราะห์ค่าของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง ย้อนหลัง 1 ปี (พ.ศ. 2565) ส่วนที่สองเป็นการวิเคราะห์ค่าของพารามิเตอร์ทางธรรมชาติ ซึ่งประกอบด้วย อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ความเร็วลม ความเข้มของแสงอาทิตย์ และความกดอากาศบริเวณใกล้เคียงโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง เป็นเวลาย้อนหลัง 1 ปี (พ.ศ. 2565) และส่วนที่สามเป็นการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อพยากรณ์การใช้ไฟฟ้าของโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง โดยใช้พารามิเตอร์ทางธรรมชาติมีดังนี้

ส่วนที่ 1 การวิเคราะห์ค่าของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง ย้อนหลัง 1 ปี (พ.ศ. 2565) จากการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง ช่วงเวลาการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยจำแนกเป็นรายเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคมมีแนวโน้มการใช้ปริมาณไฟฟ้าสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง สามารถวิเคราะห์ผลได้ดังนี้ ช่วงเวลาที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงที่สุด คือ เดือนกรกฎาคมมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 54,000 กิโลวัตต์ และเดือนพฤษภาคม มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยที่สุดประมาณ 34,800 กิโลวัตต์ ค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง โดยจำแนกเป็นรายเดือนประมาณ 45,750 กิโลวัตต์ เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อสร้างสมการทางคณิตศาสตร์โดยใช้สมการโพลิโนเมียลจะได้สมการดังนี้

$y=-2.222x6+92.57x^5-1488x^4+11513x^3-43367x^2+70875x-9200$ และสมการนี้สามารถพยากรณ์ค่าได้ $^2=0.39$ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าและสมการวิเคราะห์แนวโน้มการใช้ไฟฟ้า

ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์ค่าของพารามิเตอร์ทางธรรมชาติ ซึ่งประกอบด้วย อุณหภูมิปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศความเร็วลม ความเข้มของแสงอาทิตย์ และความกดอากาศบริเวณใกล้เคียงโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง เป็นเวลาย้อนหลัง 1 ปี (พ.ศ. 2565)

2.1 อุณหภูมิ จากข้อมูลเมื่อนำมาวิเคราะห์อุณหภูมิต่ำสุดในบริเวณโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2565 จะมีความแปรปรวนไปตามฤดูกาล สามารถวิเคราะห์ผลได้ดังนี้ เดือนที่มีอุณหภูมิต่ำที่สุดอันดับหนึ่ง เมื่อเปรียบเทียบกันตลอดปี พ.ศ. 2565 คือ เดือนธันวาคม มีอุณหภูมิประมาณ 21.50 องศาเซลเซียส และเดือนที่มีอุณหภูมิต่ำที่สุดอันดับสุดท้ายคือ เดือนกรกฎาคมมีอุณหภูมิประมาณ 26.10 องศาเซลเซียส ดังนั้น อุณหภูมิต่ำสุดโดยเฉลี่ยบริเวณโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง ประมาณ 24.59 องศาเซลเซียส

2.2 ปริมาณน้ำฝน เมื่อนำข้อมูลปริมาณน้ำฝนโดยรอบโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง ที่มีความแปรเปลี่ยนไปตามฤดูกาลมาวิเคราะห์ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2565 สามารถวิเคราะห์ผลได้ดังนี้ เดือนที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุด คือเดือนสิงหาคม มีปริมาณน้ำฝนตลอดทั้งเดือนเท่ากับ 101.20 มิลลิเมตร แต่สำหรับเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยที่สุด คือ เดือนธันวาคม มีปริมาณน้ำฝนตลอดทั้งเดือนเท่ากับ 2.10 มิลลิเมตร ดังนั้น ปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ยบริเวณโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง ประมาณ 34.74 มิลลิเมตร

2.3 ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเมื่อนำข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศโดยรอบโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทองที่มีความแปรเปลี่ยนไปตามฤดูกาลมาวิเคราะห์ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงธันวาคม พ.ศ. 2565 สามารถวิเคราะห์ผลได้ดังนี้ เดือนที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศมากที่สุด คือเดือนกันยายน มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศตลอดทั้งเดือนเท่ากับ 84.71 เปอร์เซ็นต์ แต่สำหรับเดือนที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศน้อยที่สุด คือเดือนเมษายน มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศตลอดทั้งเดือนเท่ากับ 63.81 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศโดยเฉลี่ยบริเวณโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง ประมาณ 72.80 เปอร์เซ็นต์

2.4 ความเร็วลมเมื่อนำข้อมูลความเร็วลมโดยรอบโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทองที่มีความแปรเปลี่ยนไปตามฤดูกาลมาวิเคราะห์ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2565 สามารถวิเคราะห์ผลได้ดังนี้ เดือนที่มีความเร็วลมมากที่สุด คือเดือนธันวาคม มีความเร็วลมเฉลี่ยตลอดทั้งเดือนเท่ากับ 14.2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แต่สำหรับเดือนที่มีความเร็วลมเฉลี่ยน้อยที่สุด คือเดือนกันยายน มีความเร็วลมตลอดทั้งเดือนเท่ากับ 10.9 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ดังนั้นความเร็วลมโดยเฉลี่ยบริเวณโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทองประมาณ 12.69 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

2.5 ความเข้มของแสงอาทิตย์ เมื่อนำข้อมูลความเข้มของแสงอาทิตย์โดยรอบโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทองที่มีความแปรเปลี่ยนไปตามฤดูกาลมาวิเคราะห์ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงธันวาคม พ.ศ. 2565 สามารถวิเคราะห์ผลได้ดังนี้ เดือนที่มีความเข้มของแสงอาทิตย์มากที่สุด คือเดือนสิงหาคม มีความเข้มของแสงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดทั้งเดือนเท่ากับ 10.12 เมกกะจูลต่อตารางเมตร-วัน แต่สำหรับเดือนที่มีความเข้มของแสงอาทิตย์เฉลี่ยน้อยที่สุด คือเดือนธันวาคม มีความเข้มของแสงอาทิตย์ตลอดทั้งเดือนเท่ากับ 0.20 เมกกะจูลต่อตารางเมตร-วัน ดังนั้นความเข้มของแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยบริเวณโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง ประมาณ 3.47 เมกกะจูลต่อตารางเมตร-วัน

2.6 ความกดอากาศเมื่อนำข้อมูลความกดอากาศโดยรอบโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทองที่มีความแปรเปลี่ยนไปตามฤดูกาลมาวิเคราะห์ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2565 สามารถวิเคราะห์ผลได้ดังนี้ เดือนที่มีความกดอากาศมากที่สุด คือเดือนสิงหาคม มีความกดอากาศเฉลี่ยตลอดทั้งเดือนเท่ากับ 10.12 มิลลิบาร์ แต่สำหรับเดือนที่มีความกดอากาศเฉลี่ยน้อยที่สุด คือเดือนธันวาคม มีความกดอากาศตลอดทั้งเดือนเท่ากับ 0.20 มิลลิบาร์ ดังนั้นความกดอากาศโดยเฉลี่ยบริเวณโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง ประมาณ 3.47 มิลลิบาร์

ส่วนที่ 3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อพยากรณ์การใช้ไฟฟ้าของโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง โดยใช้พารามิเตอร์ทางธรรมชาติจากปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง และการวิเคราะห์ค่าของพารามิเตอร์ทางธรรมชาติ ซึ่งประกอบด้วย อุณหภูมิปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศความเร็วลม ความเข้มของแสงอาทิตย์ และความกดอากาศบริเวณโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทองจากการวิเคราะห์ได้ข้อค้นพบว่า อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ความเร็วลม และความกดอากาศเป็นปัจจัยสำคัญที่จะทำให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง ซึ่งสามารถนำมาพยากรณ์ค่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงเรียนกีฬาอ่างทองได้ใกล้เคียงที่สุด

สมการทางคณิตศาสตร์สำหรับใช้พยากรณ์ค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้า โดยใช้พารามิเตอร์ทางธรรมชาติ ซึ่งประกอบด้วย อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศความเร็วลม ความกดอากาศ และความเข้มของแสงอาทิตย์ บริเวณโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทองเป็นเวลาย้อนหลัง 1 ปี (พ.ศ. 2565) ดังภาพที่ 2และดังสมการที่ 1 $R^2 = 0.51$

$$Y = 128579.525 - 1383.81HiT + 1356.415LoT - 747.148Hu - 5730.635WS - 1920.617AP - 923.043Irr$$

เมื่อ Y หมายถึง สมการพยากรณ์การใช้ไฟฟ้าของโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง

HiT หมายถึง ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิสูงสุด

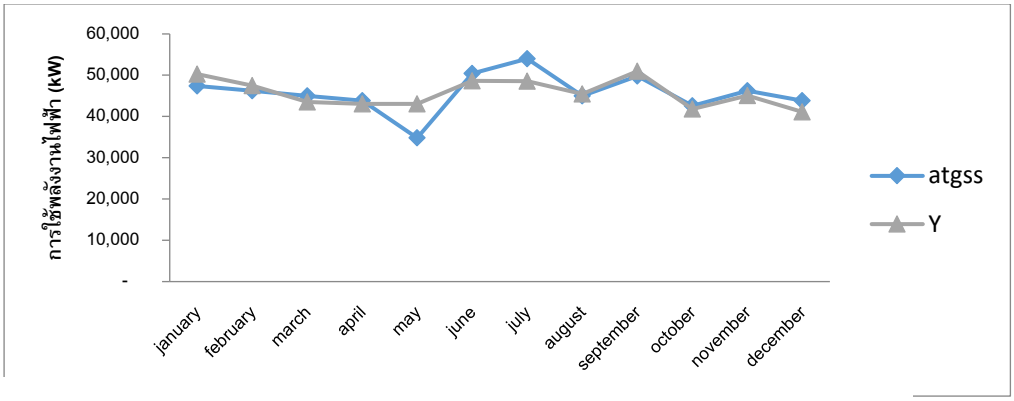
LoT หมายถึง ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิต่ำสุด

Hu หมายถึง ค่าเฉลี่ยของความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ

WS หมายถึง ค่าเฉลี่ยของความเร็วลม

AP หมายถึงค่าเฉลี่ยของความกดอากาศ

Irr หมายถึง ค่าเฉลี่ยของความเข้มของแสงอาทิตย์



ภาพที่ 2 การพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง

วิจารณ์ผลการวิจัย

การพยากรณ์การใช้ไฟฟ้าของโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง โดยใช้พารามิเตอร์ทางธรรมชาติผู้วิจัยสามารถอภิปรายโดยมีประเด็นสำคัญ ดังนี้

ประเด็นที่ 1 การวิเคราะห์ค่าของปริมาณการใช้ไฟฟ้าของโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง ย้อนหลัง 1 ปี (พ.ศ. 2565) พบว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง ช่วงเวลาการใช้ไฟฟ้าโดยจำแนกเป็นรายเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม มีแนวโน้มการใช้ปริมาณไฟฟ้าสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง สามารถวิเคราะห์ผลได้ดังนี้ ช่วงเวลาที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงที่สุด คือ เดือนกรกฎาคม มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 54,000 กิโลวัตต์ และเดือนพฤษภาคม มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยที่สุดประมาณ 34,800 กิโลวัตต์ ค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง โดยจำแนกเป็นรายเดือนประมาณ 45,750 กิโลวัตต์ซึ่งสอดคล้องกับสำนักนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน (2564) พบว่า ที่ผ่านมาประเทศไทยได้เร่งกำลังเพื่อการพัฒนาประเทศในด้านต่างๆอย่างมากมาย ไม่ว่าจะเป็นภาคการผลิต ภาคอุสาหกรรม การท่องเที่ยว การศึกษา ย่อมส่งผลต่อการใช้พลังงานอย่างมากมายมหาศาล จากรายงานการใช้พลังงานไฟฟ้าของกระทรวงพลังงาน ณ เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2564 มีการใช้พลังงานไฟฟ้า 50,241 เมกะวัตต์ ซึ่งเป็นปริมาณการใช้ที่สูงมากและมีแนวโน้มจะเพิ่มสูงขึ้นในทุกปี **ประเด็นที่ 2** การวิเคราะห์ค่าของพารามิเตอร์ทางธรรมชาติ ซึ่งประกอบด้วย อุณหภูมิปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศความเร็วลม ความเข้มของแสงอาทิตย์ และความกดอากาศบริเวณโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง เป็นเวลาย้อนหลัง 1 ปี (พ.ศ. 2565)

อุณหภูมิโดยรอบโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง มีความแปรเปลี่ยนไปตามฤดูกาล โดยในช่วงฤดูร้อน ตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเมษายน อุณหภูมิสูงสุด จะเกิดขึ้นในช่วงเดือนเมษายน โดยมีอุณหภูมิประมาณ 36.30 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดจะเกิดขึ้นในช่วงเดือนมีนาคม โดยมีอุณหภูมิประมาณ 35.90 องศาเซลเซียส ช่วงฤดูฝนตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม อุณหภูมิสูงสุด จะเกิดขึ้นในช่วงเดือนมิถุนายน โดยมีอุณหภูมิประมาณ 35.60 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดจะเกิดขึ้นในช่วงเดือนตุลาคม โดยมีอุณหภูมิประมาณ 32.10 องศาเซลเซียส ช่วงฤดูหนาว ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์ อุณหภูมิสูงสุด จะเกิดขึ้นในช่วงเดือนมกราคม โดยมีอุณหภูมิ

ประมาณ 33.60 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดจะเกิดขึ้นในช่วงเดือนธันวาคม โดยมีอุณหภูมิประมาณ 31.00 องศาเซลเซียส และจากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า เมื่อนำข้อมูลมาจัดเรียงตามอุณหภูมิสูงสุดตามฤดูกาล พบว่า ฤดูร้อนจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาเป็นฤดูฝน และฤดูหนาวจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำที่สุด

ปริมาณน้ำฝนโดยรอบโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทองที่มีความแปรเปลี่ยนไปตามฤดูกาล มาวิเคราะห์ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2565 สามารถวิเคราะห์ผลได้ดังนี้ เดือนที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุด คือเดือนสิงหาคม มีปริมาณน้ำฝนตลอดทั้งเดือนเท่ากับ 101.20 มิลลิเมตร แต่สำหรับเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยที่สุด คือ เดือนธันวาคม มีปริมาณน้ำฝนตลอดทั้งเดือน เท่ากับ 2.10 มิลลิเมตร ดังนั้นปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ยบริเวณโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง ประมาณ34.74 มิลลิเมตร

ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศโดยรอบโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทองที่มีความแปรเปลี่ยนไปตามฤดูกาล มาวิเคราะห์ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2565 สามารถวิเคราะห์ผลได้ดังนี้ เดือนที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศมากที่สุด คือเดือนกันยายน มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศตลอดทั้งเดือน เท่ากับ 84.71 เปอร์เซ็นต์ แต่สำหรับเดือนที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศน้อยที่สุด คือเดือนเมษายน มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศตลอดทั้งเดือน เท่ากับ 63.81 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศโดยเฉลี่ยบริเวณโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง ประมาณ 72.80 เปอร์เซ็นต์

ความเร็วลมโดยรอบโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทองที่มีความแปรเปลี่ยนไปตามฤดูกาล มาวิเคราะห์ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2565 สามารถวิเคราะห์ผลได้ดังนี้ เดือนที่มีความเร็วลมมากที่สุด คือเดือนธันวาคม มีความเร็วลมเฉลี่ยตลอดทั้งเดือน เท่ากับ 14.20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แต่สำหรับเดือนที่มีความเร็วลมเฉลี่ยน้อยที่สุด คือเดือนกันยายน มีความเร็วลมตลอดทั้งเดือน เท่ากับ 10.90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ดังนั้นความเร็วลมโดยเฉลี่ยบริเวณโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง ประมาณ 12.69 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ความเข้มของแสงอาทิตย์โดยรอบโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทองที่มีความแปรเปลี่ยนไปตามฤดูกาล มาวิเคราะห์ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2565 สามารถวิเคราะห์ผลได้ดังนี้ เดือนที่มีความเข้มของแสงอาทิตย์มากที่สุด คือเดือนสิงหาคม มีความเข้มของแสงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดทั้งเดือนเท่ากับ 10.12 เมกกะจูลต่อตารางเมตร-วัน แต่สำหรับเดือนที่มีความเข้มของแสงอาทิตย์เฉลี่ยน้อยที่สุด คือเดือนธันวาคม มีความเข้มของแสงอาทิตย์ตลอดทั้งเดือนเท่ากับ 0.20 เมกกะจูลต่อตารางเมตร-วัน ดังนั้นความเข้มของแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยบริเวณโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง ประมาณ 3.47 เมกกะจูลต่อตารางเมตร-วัน

ความกดอากาศโดยรอบโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทองที่มีความแปรเปลี่ยนไปตามฤดูกาล มาวิเคราะห์ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2565 สามารถวิเคราะห์ผลได้ดังนี้ เดือนที่มีความกดอากาศมากที่สุด คือเดือนสิงหาคม มีความกดอากาศเฉลี่ยตลอดทั้งเดือน เท่ากับ 10.12 มิลลิบาร์ แต่สำหรับเดือนที่มีความกดอากาศเฉลี่ยน้อยที่สุด คือเดือนธันวาคม มีความกดอากาศตลอดทั้งเดือนเท่ากับ 0.20 มิลลิบาร์ ดังนั้นความกดอากาศโดยเฉลี่ยบริเวณโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง ประมาณ 3.47 มิลลิบาร์

ซึ่งมีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Zhao & Magoules (2012) ซึ่งได้ศึกษาการทำนายประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารโดยใช้ค่าตัวแปรต่างๆ เช่น อุณหภูมิอากาศภายนอก โครงสร้างอาคาร คุณสมบัติวัสดุที่

นำมาสร้างอาคาร ระบบการใช้ไฟฟ้า และอื่นๆ ในการคำนวณด้วยวิธีการทางสถิติที่ง่ายไม่ซับซ้อนร่วมกับระบบปัญญาประดิษฐ์

สรุปผลการวิจัย

การวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง และวิเคราะห์ข้อมูลสภาพอากาศหรือพารามิเตอร์ทางธรรมชาติ ซึ่งประกอบด้วย อุณหภูมิปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศความเร็วลม ความเข้มของแสงอาทิตย์ และความกดอากาศ บริเวณโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทองจากการวิเคราะห์ได้ข้อค้นพบว่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ความเร็วลม และความกดอากาศเป็นปัจจัยสำคัญที่จะทำให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง ซึ่งสามารถนำมาพยากรณ์ค่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงเรียนกีฬาอ่างทองได้ใกล้เคียงที่สุด จากสมการพื้นฐานของการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ เราจึงสามารถพัฒนาสมการของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวกับ High Temperature, Low Temperature, Humidity, Irradiation, Wind Seed, Air pressure และ Rainy เป็นเวลาย้อนหลัง 1 ปี (พ.ศ. 2565) สำหรับพยากรณ์ค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าของโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง โดยใช้พารามิเตอร์ทางธรรมชาติ ซึ่งสมการถดถอยพหุคูณสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ พบว่าสามารถพยากรณ์ค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าของโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง โดยใช้พารามิเตอร์ทางธรรมชาติ ประกอบด้วย อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ความเร็วลม ความกดอากาศ และความเข้มของแสงอาทิตย์

จากการใช้ตัวแบบพยากรณ์ของวิธีการพยากรณ์การใช้ไฟฟ้าของโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง โดยใช้พารามิเตอร์ทางธรรมชาติ พ.ศ. 2565 พบว่า การใช้ไฟฟ้าของโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง อาจไม่ได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยใดปัจจัยหนึ่ง ซึ่งอาจจะต้องใช้ปริมาณข้อมูลการใช้ไฟฟ้าจำนวนหลายปีย้อนหลัง ดังนั้นการวิจัยครั้งต่อไปผู้วิจัยควรพิจารณาปัจจัยอื่นๆ ในการศึกษาตัวแบบพยากรณ์ด้วยรวมถึงเมื่อมีการใช้ไฟฟ้าของโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทองที่เป็นปัจจุบันมากขึ้น ผู้วิจัยควรนำมาปรับปรุงตัวแบบ เพื่อให้ได้ตัวแบบพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ค่าในอนาคตต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการทำวิจัยจากเงินรายได้ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตอ่างทอง ปีงบประมาณ 2566 และขอขอบคุณการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจังหวัดอ่างทอง สถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดลพบุรีที่ให้ความอนุเคราะห์เกี่ยวกับข้อมูลสำหรับงานวิจัยฉบับนี้

เอกสารอ้างอิง

เฉลิมวุฒิ คำเมือง. (2563). แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อพยากรณ์ปริมาณการใช้น้ำประปา กรณีศึกษาเทศบาลเมืองบุรีรัมย์. **วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง, 29(1)**, 50–59.

พจนีย์ จันทร์ศิริ. (2551). **แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการใช้พลังงานชีวมวลในภาคใต้.** (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต).สาขาวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ศิวพันธุ์ ชูอินทร์.(2551). การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อประเมินคุณภาพอากาศในที่เกาะรัตนโกสินทร์. **วารสารวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมไทย, 22(3)**, 61–73.

สรายุทธ พานเทียน. (2560). แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ผลการวัดการสังเคราะห์แสงของพืชด้วยอุปกรณ์ทางแสงขนาดเล็ก. **วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม: เทพสตรี I-TECH, 12(2)**, 161–168.

สำนักนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2564).**รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย 2564,** กรุงเทพฯ: สำนักนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน.

Eykhoff, Pieter. (1974). **System Identification: Parameter and State Estimation**, Wiley & Sons, ISBN 0471249807.

Mathieu J. L., Price P.N., Kiliccote S. and Piette M.A.. (2011). Quantifying changes in building electricity use, with application to demand response. **IEEE Trabsactions on smart grid**, Vol. 2, no. 3, September.

Mihalakakou G., Santamoouris M. and Asimakoupoulos D.. (1992). Modeling the Earth Temperature using Multiyear Measurements. **Energy and Buildings**, vol. 9, 1 – 9.

Newman S.T., Nassehi A. and et.al (2012). Energy Efficient Process planning foe CNC Machining. **CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology**, vol. 5, pp. 127-136.

Pedro A. Gonzalez and Jess M. Zamarreo. (2005). Prediction of Hourly Energy Consumption in Buildings Based on feedback artificial neural network. **Energy and Buildings**, Vol.37, pp. 595-601.

Preis, A, and A, Ostfeld. (2007). A coupled model tree-genetic algorithm scheme for flow and water quality predictions in watersheds. **Journal of Hydrology**, No.349 (3 - 4), 364 – 375.

Zhao Hai - xiang and Magoules Frederic. (2012). A review on the prediction on building energy consumption. **Renewable and sustainable energy reviews**, vol.16, pp. 3586-3592.

การพัฒนาหัวเชื้อจุลินทรีย์ชนิดเหลวเพื่อการหมักปลาส้ม

Development of a Liquid Microbial Starter Culture for Fermented Fish (Pla Som) Production

วิมลรัตน์ ถุนพุฒดม

Vimonrat Thunphutdom

[1] สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ 60000

[1] Biology Program, Faculty of Science and Technology, Nakhon Sawan Rajabhat University, Mueang Nakhon Sawan 60000, Thailand

*Corresponding author E-mail: vimonrat.t@nsru.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการทำหัวเชื้อปลาส้มชนิดเหลวและเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างการหมักปลาส้มแบบปกติ (อาศัยจุลินทรีย์ธรรมชาติ) และการหมักโดยใส่หัวเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก (Lactic Acid Bacteria; LAB) ที่เตรียมในรูปแบบชนิดเหลว โดยดำเนินการทดลองหมักปลาส้มเป็นเวลา 3 วัน ที่อุณหภูมิห้อง ผลการทดลองพบว่า การใช้หัวเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกสามารถเร่งกระบวนการหมักให้เกิดการเปรี้ยวได้เร็วกว่าการหมักแบบปกติ โดยมีค่า pH ลดลงจาก 6.04 เหลือ 3.92 ขณะที่การหมักแบบปกติมีค่า pH ลดลงจาก 6.31 เหลือ 4.52 นอกจากนี้ยังพบว่าการหมักโดยใส่หัวเชื้อมีจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติก (1.48×10^9 CFU/g) สูงกว่า เมื่อเทียบกับการหมักแบบปกติ (1.42×10^9 CFU/g) ในด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัส ผลการประเมินพบว่า การหมักโดยใส่หัวเชื้อได้รับคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ย (4.74±0.44 คะแนน) ซึ่งสูงกว่าการหมักแบบปกติ (4.36±0.58 คะแนน) ดังนั้น การใช้หัวเชื้อปลาส้มชนิดเหลวจึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมในการพัฒนากระบวนการหมักเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ ปลอดภัย ลดความแปรปรวนในการผลิต และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

คำสำคัญ : ปลาส้ม, หัวเชื้อหมัก, แบคทีเรียกรดแลคติก

Abstract

This study aimed to develop a liquid starter culture for pla som (Thai fermented fish) and to compare the efficiency of conventional fermentation relying on indigenous microorganisms with fermentation supplemented with a liquid lactic acid bacteria (LAB) starter culture. Pla som fermentation was carried out for 3 days at room temperature. The results demonstrated that the addition of the LAB starter culture significantly accelerated the fermentation process, leading to faster acidification than the conventional method. The pH decreased from 6.04 to 3.92 in the starter-inoculated fermentation, whereas in the conventional fermentation the pH decreased from 6.31 to 4.52 Furthermore, the LAB-inoculated samples exhibited a higher lactic acid bacteria count (1.48×10^9CFU/g) compared with the conventional fermentation (1.42×10^9 CFU/g). In terms of sensory quality, the starter-inoculated pla som achieved a higher overall acceptability score (4.74 ± 0.44) than the conventional product (4.36 ± 0.58). Therefore, the use of a liquid pla som starter culture represents a suitable approach for improving the fermentation process, resulting in enhanced product quality, improved safety, reduced production variability, and greater consumer acceptance.

Keywords : Fermented fish (Pla Som), Starter culture, Lactic Acid Bacteria (LAB)

บทนำ

ปลาส้มเป็นผลิตภัณฑ์อาหารหมักดองพื้นบ้านของไทยที่มีการบริโภคและผลิตกันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ มีลักษณะเด่นคือ มีรสเปรี้ยว มีกลิ่นหอมเฉพาะ และเนื้อสัมผัสที่เป็นเอกลักษณ์ ผลิตจากเนื้อปลาน้ำจืดที่คลุกเคล้ากับเกลือ ข้าวคั่ว กระเทียม และเครื่องปรุง แล้วนำไปหมักไว้ให้จุลินทรีย์ในวัตถุดิบเจริญเติบโตและก่อให้เกิดกรดอินทรีย์ โดยเฉพาะกรดแลคติก ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อรสชาติ กลิ่น และความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตาม การหมักปลาส้มแบบดั้งเดิมอาศัยจุลินทรีย์ธรรมชาติที่มีอยู่ในวัตถุดิบและสิ่งแวดล้อม ซึ่งไม่สามารถควบคุมชนิดและจำนวนได้ ทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์มีความแปรปรวนสูง ผลลัพธ์ของการหมักในแต่ละครั้งจึงอาจไม่สม่ำเสมอ ทั้งด้านรสชาติ ความเปรี้ยว กลิ่น สี และเนื้อสัมผัส นอกจากนี้ยังมีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ก่อโรคหรือจุลินทรีย์ที่ไม่พึงประสงค์ เช่น *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp., *Clostridium* spp. ซึ่งส่งผลต่อความปลอดภัยในการบริโภคและอาจทำให้ผู้บริโภคขาดความมั่นใจ การใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์ (Starter culture) โดยเฉพาะกลุ่มแบคทีเรียกรดแลคติก (Lactic Acid Bacteria; LAB) จึงได้รับความสนใจ เนื่องจากเชื้อกลุ่มนี้มีความสามารถในการเจริญเติบโตและผลิตกรดแลคติกได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ค่า pH ของผลิตภัณฑ์ลดลง

อย่างมีนัยสำคัญ ส่งผลให้จุลินทรีย์ก่อโรคไม่สามารถเจริญได้ อีกทั้งยังมีบทบาทในการสร้างสารประกอบที่ส่งผลต่อกลิ่น รส เช่น กรดอินทรีย์ แอลกอฮอล์ และสารประกอบอะโรมาติกบางชนิด ซึ่งช่วยเพิ่มคุณภาพทางประสาทสัมผัสให้กับผลิตภัณฑ์ หัวเชื้อที่ใช้ในรูปแบบชนิดเหลว (Liquid starter culture) มีข้อดี คือ สามารถกระจายตัวในวัตถุดิบได้ดี ทำให้จุลินทรีย์กระจายทั่วถึงและเริ่มการหมักได้รวดเร็ว อีกทั้งยังสะดวกต่อการนำไปใช้ในกระบวนการผลิตทั้งในระดับครัวเรือนและอุตสาหกรรม การใช้หัวเชื้อชนิดเหลวจึงเป็นแนวทางที่ช่วยลดความแปรปรวนของการหมัก ควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้สม่ำเสมอ และลดความเสี่ยงจากการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ไม่พึงประสงค์ได้ นอกจากนี้ การวิจัยด้านการใช้หัวเชื้อในการหมักปลาส้มยังมีความสำคัญต่อการยกระดับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อาหารพื้นบ้านให้มีความปลอดภัยสูงขึ้น สามารถสร้างความเชื่อมั่นแก่ผู้บริโภคได้มากขึ้น และอาจนำไปสู่การขยายการผลิตในเชิงพาณิชย์หรืออุตสาหกรรม ช่วยเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์ และสนับสนุนเศรษฐกิจชุมชน อีกทั้งยังเป็นการอนุรักษ์ และต่อยอดภูมิปัญญาท้องถิ่นของไทยให้สามารถพัฒนาอย่างยั่งยืน ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ จึงสนใจที่จะทำการศึกษาพัฒนาหัวเชื้อปลาส้มชนิดเหลว และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการหมักระหว่างการใช้หัวเชื้อกับการหมักแบบปกติ จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาคุณภาพ และความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งยังช่วยเพิ่มการยอมรับของผู้บริโภค และเป็นประโยชน์ต่อการยกระดับผลิตภัณฑ์อาหารพื้นบ้านสู่มาตรฐานที่กว้างขวางยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของหัวเชื้อชนิดเหลวต่อกระบวนการหมักปลาส้ม
2. เพื่อเปรียบเทียบการหมักแบบปกติ และการหมักแบบใส่หัวเชื้อชนิดเหลว
3. เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ปลาส้มที่ได้จากการหมักด้วยหัวเชื้อชนิดเหลว

วิธีการดำเนินการวิจัย

การเตรียมวัสดุและอุปกรณ์

นำอุปกรณ์ และสารละลาย เข้าหม้อนึ่งความดันไอน้ำ (Autoclave); (HVE-50 HIRAYAMA); (JAPAN)

1. อาหารเลี้ยงเชื้อ Lactobacillus MRS Broth (MRS Broth)
2. สารละลาย NaCl 0.85% บรรจุในหลอดแก้วทดลอง (TestTube); (PYREX); (USA) ปริมาตรหลอดละ 4.5 มิลลิลิตร
3. สารละลาย NaCl 0.85% บรรจุในดูแรน (Duran); (SCHOTT); (GERMANY) ปริมาตร 500 มิลลิลิตร
4. สารละลาย NaCl 0.85% บรรจุในขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer Flask); (PYREX); (USA) ปริมาตร 90 มิลลิลิตร จำนวน 8 ขวด
5. หลอด Centrifuge (Centrifuge Tube); (VIOLAMO); (JAPAN) ขนาด 50 มิลลิลิตร จำนวน 6 หลอด

6. หลอด Eppendorf (Eppendorf Tube) จำนวน 10 หลอด
7. ปิเปตแก้ว (Pipette); (QUALICOLOR); (GERMANY) ขนาด 10 มิลลิลิตร จำนวน 6 อัน
8. ทิป (Tip); (LABCON); (USA) ขนาด 200 ไมโครลิตร จำนวน 1 กล่อง

การแยกและเพาะเลี้ยงเชื้อ

หลังการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว นำอาหารเลี้ยงเชื้อเทลงในจานอาหาร จากนั้น

1. นำหัวเชื้อปลาส้มชนิดผง 0.5 กรัม ละลายใน NaCl 0.85% ปริมาตร 4.5 มิลลิลิตร
   - ปิเปตหัวเชื้อ ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ทำการเจือจางแบบต่อเนื่องจนถึง 10^{-4}
   - ปิเปตการเจือจางที่ 10^{-1} ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ลงบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยใช้วิธี Spread plate (จำนวน 3 ซ้ำ) บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน
   - ปิเปตการเจือจางที่ 10^{-2}, 10^{-3} และ 10^{-4} ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ลงบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยใช้วิธี Spread plate (ทำตัวอย่างการเจือจางละ 3 ซ้ำ) บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน
2. นำหัวเชื้อปลาส้มชนิดผง 0.5 กรัม ละลายใน NaCl 0.85% ปริมาตร 1 มิลลิลิตร (ทำลงในหลอด Eppendorf)
   - ปิเปตหัวเชื้อ ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ลงบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยใช้วิธี Spread plate (จำนวน 3 ซ้ำ) บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน

การคัดเลือกเชื้อและเตรียมเซลล์

1. จานอาหารเลี้ยงเชื้อความเจือจางที่ 10^{-2}, 10^{-3} และ 10^{-4} ใช้สำหรับนับจำนวนโคโลนี (CFU/g) และบันทึกผล
2. จานอาหารเลี้ยงเชื้อความเจือจางที่ 10^{-1} และจาก Eppendorf ใช้สำหรับเก็บตะกอนเซลล์ โดยมีวิธีดังนี้
   - เติม NaCl 0.85% ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ลงบนผิวอาหารและขูดเซลล์ออก
   - ดูดเซลล์ที่ได้ ใส่ลงหลอด centrifuge นำไปปั่นเหวี่ยงและล้างเซลล์ด้วย NaCl 0.85% ประมาณ 2 รอบ
   - ได้หัวเชื้อ LAB สำหรับหมักปลาส้ม
   - วัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร

การหมักปลาส้ม

ทำการหมักปลาส้ม 2 สูตร คือ สูตรปกติ และสูตรที่ใส่หัวเชื้อ

ตารางที่ 1 ส่วนผสมที่ใช้หมักปลาส้ม

วัตถุดิบ	จำนวน
ปลาตะเพียน	1 กิโลกรัม
เกลือ	1 ช้อนโต๊ะ (15กรัม)
น้ำตาลทราย	1 ช้อนโต๊ะ (15กรัม)
กระเทียม	100 กรัม
ข้าวเหนียวนึ่ง	100 กรัม
หัวเชื้อจุลินทรีย์ชนิดเหลว (LAB)	4 มิลลิลิตร (ใส่เฉพาะสูตรที่หมักด้วยหัวเชื้อ)

1. สูตรปกติ ทำการหมักตามสูตรและคลุกเคล้าส่วนผสมให้เข้ากัน นำใส่ถุง ไล่อากาศออก และมัดถุงให้แน่น จากนั้นเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง
2. สูตรที่ใส่หัวเชื้อ LAB ทำการหมักตามสูตรปกติ แต่สูตรนี้มีการใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์เพิ่มลงไป คลุกเคล้าส่วนผสมให้เข้ากัน นำใส่ถุง ไล่อากาศออก และมัดถุงให้แน่น จากนั้นเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง

การเก็บผลการทดลอง

เก็บผลการหมักทั้ง 2 สูตรเป็นเวลา 3 วัน ได้แก่ วันที่ 0, 1, 2 และ 3 โดยมีวิธีดังนี้

1. ชั่งตัวอย่าง 10 กรัม ใส่ในขวดชมพู่ที่มี NaCl 0.85% ปริมาตร 90 มิลลิลิตร จากนั้นผสมให้เข้ากัน
   - วัดค่า pH ของตัวอย่าง
   - ปิเปตตัวอย่าง 0.5 มิลลิลิตร นำไปเจือจางจนถึง 10^{-6} ปิเปตการเจือจางที่ 10^{-4}, 10^{-5}และ 10^{-6} ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ลงบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยใช้วิธี Spread plate (ทำตัวอย่างการเจือจางละ 3 ซ้ำ) บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน
   - นับจำนวนโคโลนี (CFU/g) และบันทึกผล
2. ทำซ้ำจนครบทั้ง 3 วัน

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ข้อมูลเชิงปริมาณ ได้แก่ การวัดค่าทางเคมีของปลาส้ม เช่น ค่า pH, ปริมาณกรดแลคติก และการนับจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติก (LAB) โดยใช้วิธี spread plate
2. ข้อมูลเชิงคุณภาพ ได้แก่ การประเมินทางประสาทสัมผัส (Sensory Evaluation) ของตัวอย่างปลาส้ม เช่น ลักษณะของสี เนื้อสัมผัส กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

คะแนน	1 - 10	หมายถึง	ปรับปรุง
คะแนน	11 - 20	หมายถึง	พอใช้
คะแนน	21 - 30	หมายถึง	ดี
คะแนน	31 - 40	หมายถึง	ดีมาก

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์เชิงพรรณนา (Descriptive Analysis)
   - นำค่าข้อมูลเชิงปริมาณมาคำนวณค่าเฉลี่ย (Mean), ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

ผลการวิจัย

ศึกษาคุณสมบัติทางด้านเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์ปลาส้ม

ผลการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์ปลาส้ม ได้แก่ ค่า pH ของปลาส้มสูตรปกติและสูตรที่ใส่หัวเชื้อ LAB แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีกายภาพของปลาส้มสูตรปกติและสูตรที่ใส่หัวเชื้อ

วันที่	ค่า pH	
	สูตรปกติ	สูตรที่ใส่หัวเชื้อ (LAB)
0	6.31	6.04
1	5.18	4.59
2	4.79	4.17
3	4.52	3.92

ศึกษาคุณสมบัติทางด้านจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ปลาส้ม

ผลการศึกษาคุณสมบัติทางด้านจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ปลาส้ม วิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของปลาส้มสูตรปกติ และสูตรที่ใส่หัวเชื้อ LAB แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลชีววิทยาของปลาส้มสูตรปกติและสูตรที่ใส่หัวเชื้อ

วันที่	ระดับความเจือจาง					
	10^{-4}		10^{-5}		10^{-6}	
	สูตรปกติ	สูตรหัวเชื้อ	สูตรปกติ	สูตรหัวเชื้อ	สูตรปกติ	สูตรหัวเชื้อ
0	45	>300	7	4	0	1
	14	172	6	12	0	1
	28	>300	3	5	0	1
ค่าเฉลี่ย	27.33	-	5.33	7	0	1
CFU/g	TFTC	TNTC	TFTC	TFTC	TFTC	TFTC
1	11	>300	4	86	0	9
	20	>300	5	83	0	13
	25	>300	12	72	0	24
ค่าเฉลี่ย	18.67	-	7	80.33	0	15.33
CFU/g	TFTC	TNTC	TFTC	8.03×10^{7}	TFTC	TFTC
2	>300	>300	45	211	0	95
	>300	>300	31	193	4	155
	>300	>300	68	232	4	103
ค่าเฉลี่ย	-	-	48	212	2.67	117.67
CFU/g	TNTC	TNTC	4.8×10^{7}	2.12×10^{8}	TFTC	1.18×10^{9}
3	>300	>300	>300	>300	128	156
	>300	>300	>300	>300	163	141
	>300	>300	>300	>300	134	148
ค่าเฉลี่ย	-	-	-	-	141.67	148.33
CFU/g	TNTC	TNTC	TNTC	TNTC	1.42×10^{9}	1.48×10^{9}

ศึกษาการเปรียบเทียบสูตรระหว่างปลาส้มสูตรปกติและสูตรที่ใส่หัวเชื้อ

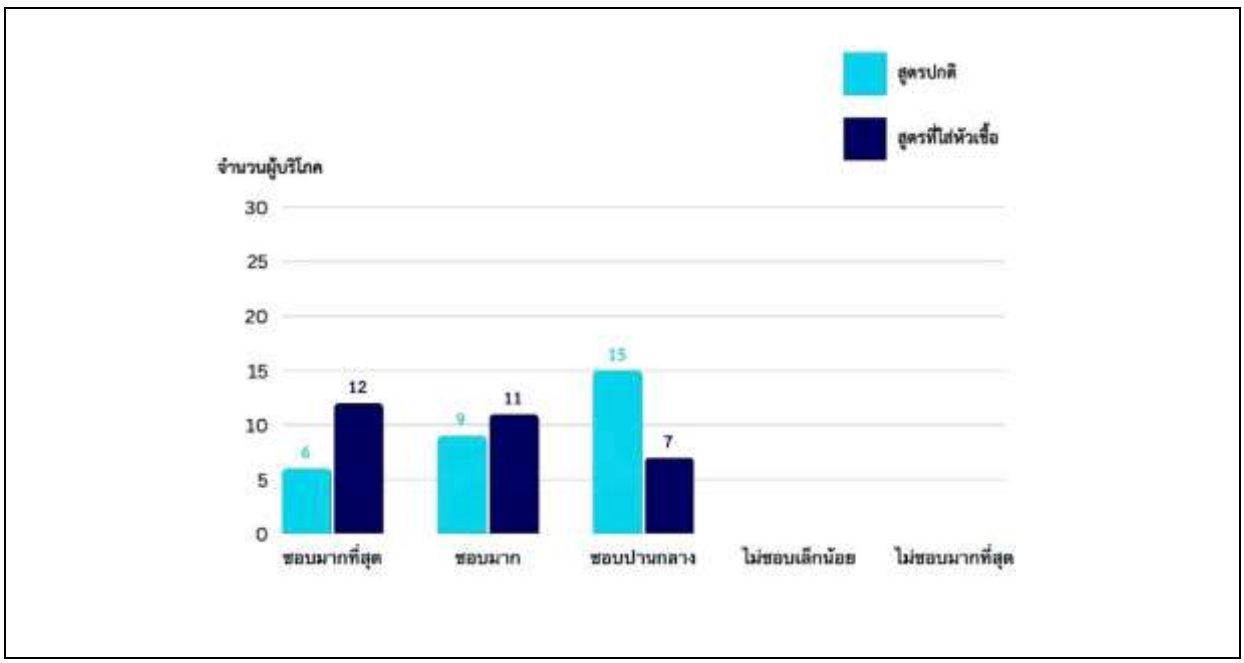
ผลการศึกษาการเปรียบเทียบสูตรระหว่างปลาส้มสูตรปกติ และสูตรที่ใส่หัวเชื้อ LAB โดยการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคจำนวน 20 คน พิจารณาทางด้าน สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาส้ม

Treatment	สี	กลิ่น	รสชาติ	ลักษณะเนื้อ	ความชอบโดยรวม
สูตรปกติ	4.50 ± 0.51	4.10 ± 0.55	4.50 ± 0.61	4.35 ± 0.59	4.36 ± 0.58
สูตรที่ใส่หัวเชื้อ	4.90 ± 0.31	4.65 ± 0.49	4.75 ± 0.44	4.65 ± 0.49	4.74 ± 0.44

ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไป

สำรวจการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ปลาส้มทั้ง 2 สูตร ได้แก่ สูตรปกติ และสูตรที่ใส่หัวเชื้อ LAB จำนวน 30 คน (แบบไม่เจาะจง) โดยใช้แบบทดสอบ (5 point Hedonic scale) กำหนดให้ 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด 2 หมายถึง ไม่ชอบเล็กน้อย 3 หมายถึง ไม่ชอบปานกลาง 4 หมายถึง ชอบมาก และ 5 หมายถึง ชอบมากที่สุด ได้ผลการทดสอบแสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ปลาส้ม

วิจารณ์ผล

จากตารางที่ 2 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์ปลาส้ม พบว่าค่า pH ของปลาส้มทั้งสองสูตรมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องตามระยะเวลาการหมัก โดยสูตรที่ใส่หัวเชื้อ LAB ชนิดเหลวมีค่า pH ลดลงอย่างรวดเร็วจาก 6.04 เหลือ 3.92 ภายใน 3 วัน ในขณะที่สูตรปกติลดลงจาก 6.31 เหลือ 4.52 ในช่วงเวลาเดียวกัน จึงแสดงให้เห็นว่าการใช้หัวเชื้อชนิดเหลว ช่วยเร่งกระบวนการหมักให้เกิดกรดแลคติกได้เร็วกว่า ผลลัพธ์ดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานของ พนิตนาฎ และ วราภรณ์. (2563) ที่ระบุว่า LAB มีความสามารถในการผลิตกรดแลคติกสูง และช่วยเร่งการลดค่า pH อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยดังกล่าวใช้หัวเชื้อในรูปแบบบริสุทธิ์ (pure culture) ในขณะที่งานวิจัยนี้ใช้หัวเชื้อในรูปแบบชนิดเหลว ซึ่งมีข้อดีในการกระจายตัวอย่างทั่วถึง ช่วยให้เริ่มต้นกระบวนการหมักได้เร็วกว่า และทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสม่ำเสมอมากขึ้น

ผลการทดลองที่พบว่าการเติมหัวเชื้อ LAB ชนิดเหลวทำให้ค่า pH ลดลงรวดเร็วกว่าแบบหมักธรรมชาติ สอดคล้องกับหลักการสำคัญของการใช้ starter culture ในผลิตภัณฑ์ปลาหมักหลายชนิด ซึ่งระบุว่า LAB จะเร่งการสร้างกรดอินทรีย์ (โดยเฉพาะกรดแลคติก) ส่งผลให้สภาวะแวดล้อมเป็นกรดเร็วขึ้น และเอื้อต่อการยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรค ทำให้กระบวนการหมักเสถียรมากขึ้นเมื่อเทียบกับการพึ่งจุลินทรีย์ตามธรรมชาติ (Cai et al., 2024; Li et al., 2024) นอกจากนี้ งานวิจัยเฉพาะในปลาส้มไทยยังรายงานตรงกันว่าการใช้ LAB starter ทั้งแบบเชื้อผสม และเชื้อคัดเลือกจากปลาส้ม ช่วยเร่งการเปลี่ยนแปลงทางกรด-ด่าง และย่นระยะเวลาการเข้าสู่สภาวะหมักที่เหมาะสมเมื่อเทียบกับการหมักแบบดั้งเดิม (Saithong et al., 2010)

จากหลักการทางจุลชีววิทยา การที่สูตรเติมหัวเชื้อมีจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้น และแนวโน้มการเพิ่มจำนวนสูงกว่า เป็นผลมาจากการที่จุลินทรีย์กลุ่ม LAB ครองระบบนิเวศจุลินทรีย์ตั้งแต่ระยะแรก (early dominance) ส่งผลให้ทิศทางการหมักคาดการณ์ได้มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานที่คัดเลือก จุลินทรีย์กลุ่ม LAB จากปลาส้ม และชี้ว่า LAB จากระบบหมักปลาส้มดังกล่าวมีศักยภาพในการผลิตกรด และปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการหมัก (Hwanhlem et al., 2011) รวมถึงงานวิจัยที่ทดสอบการใช้ starter culture ในปลาส้มซึ่งรายงานว่าการใช้ LAB starter ช่วยยกระดับความสม่ำเสมอของกระบวนการหมัก และลดความแปรปรวนจากจุลินทรีย์ธรรมชาติ (Saithong et al., 2010)

จากตารางที่ 3 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางด้านจุลชีววิทยาของปลาส้มสูตรปกติและสูตรที่ใส่หัวเชื้อ LAB พบว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Viable Count) มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการหมัก โดยในวันแรกของการหมัก (วันที่ 0) ปลาส้มสูตรที่ใส่หัวเชื้อมีจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นสูงกว่าสูตรปกติ แสดงให้เห็นว่าหัวเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกที่เติมลงไปสามารถกระตุ้นการเริ่มต้นของกระบวนการหมักได้เร็วกว่า เมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น จำนวนจุลินทรีย์ในทั้งสองสูตรมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะสูตรที่ใส่หัวเชื้อมีค่าเฉลี่ยของจุลินทรีย์ (CFU/g) สูงกว่า สูตรปกติในทุกระดับความเจือจาง แสดงถึงการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพและคงที่มากกว่า สอดคล้องกับรายงานของ Su Su Mar Lin et al. (2024) ซึ่งรายงานว่า การใช้ Starter Culture สามารถเพิ่มความเสถียรของกระบวนการหมัก และลดความผันแปร

ที่เกิดจากจุลินทรีย์ธรรมชาติ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้แสดงข้อได้เปรียบ คือ ไม่พบปัญหาการเติบโตของยีสต์ที่ไม่พึงประสงค์ ซึ่งต่างจากรายงานของ Punyauppa-path et al. (2022) ที่พบปริมาณยีสต์สกุล *Kazachstania* ในปลาส้มหมักแบบดั้งเดิม ส่งผลให้กลิ่นและรสชาติของผลิตภัณฑ์มีความแปรปรวน ดังนั้น การใช้หัวเชื้อ LAB ชนิดเหลวในงานวิจัยนี้จึงสามารถควบคุมความสมดุลของจุลินทรีย์ได้ดีกว่า และช่วยลดความเสี่ยงต่อการเจริญของจุลินทรีย์ที่ไม่พึงประสงค์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากหลักฐานว่าปลาส้มแบบดั้งเดิมมักพบความหลากหลายของยีสต์ โดยเฉพาะยีสต์สกุล *Kazachstania* ซึ่งมีการรายงานการกระจายตัวในปลาส้มดั้งเดิมจากภาคอีสานไทย ยีสต์กลุ่มนี้อาจมีบทบาทต่อความแปรปรวนของกลิ่น-รสในผลิตภัณฑ์หมัก (Punyauppa-path et al., 2022) ดังนั้น การที่การเติมหัวเชื้อ LAB ทำให้ pH ลดลงเร็ว อาจเป็นกลไกสำคัญที่ไปแก่งแย่งพื้นที่นิเวศของจุลินทรีย์อื่น รวมถึงยีสต์บางกลุ่ม ทำให้ลดโอกาสการเจริญ จนก่อกลิ่น-รสที่ไม่สม่ำเสมอ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดที่ระบุว่า LAB starter ช่วยทำให้โครงสร้างชุมชนจุลินทรีย์มีกลุ่มหลักเจริญเติบโตลดความแปรปรวน และเพิ่มความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ผ่านการทำให้เป็นกรดและการแข่งขันทางนิเวศจุลินทรีย์ (Cai et al., 2024; Li et al., 2024)

จากตารางที่ 4 ผลการศึกษาเปรียบเทียบสูตรระหว่างปลาส้มสูตรปกติ และสูตรที่ใส่หัวเชื้อ LAB พบว่าสูตรที่ใส่หัวเชื้อมีค่าเฉลี่ยด้านสี (4.90±0.31) สูงกว่า สูตรปกติที่มีค่าเฉลี่ย (4.50±0.51) แสดงให้เห็นว่าสูตรที่ใส่หัวเชื้อมีสีที่สวยน่ารับประทานมากกว่า ด้านกลิ่นมีค่าเฉลี่ย (4.65±0.49) สูงกว่า สูตรปกติที่มีค่าเฉลี่ย (4.10±0.55) แสดงให้เห็นว่ามีกลิ่นที่ดี และกลมกล่อมกว่า ส่วนด้านรสชาติพบว่าสูตรที่ใส่หัวเชื้อมีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ (4.75±0.44) ในขณะที่สูตรปกติมีค่าเฉลี่ย (4.50±0.61) แสดงว่าการเติมหัวเชื้อช่วยปรับปรุงรสเปรี้ยวของปลาส้มให้เหมาะสมขึ้นในด้านลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่าสูตรที่ใส่หัวเชื้อมีค่าเฉลี่ย (4.65±0.49) สูงกว่าสูตรปกติ (4.35±0.59) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าเนื้อปลามีความแน่นและนุ่มน่ารับประทานมากกว่า และเมื่อพิจารณาความชอบโดยรวม พบว่า สูตรที่ใส่หัวเชื้อ มีค่าเฉลี่ย (4.74±0.44) สูงกว่า สูตรปกติ (4.36±0.58) แสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคมีความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ปลาส้มสูตรที่ใส่หัวเชื้อมากกว่าสอดคล้องกับแนวคิดของ กนกพรรณ และ วลัย. (2564) ที่ระบุว่า ค่าความเป็นกรด และสมดุลของจุลินทรีย์เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาส้ม แสดงให้เห็นว่าการใช้หัวเชื้อ LAB ชนิดเหลว สามารถปรับปรุงคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ให้มีความ น่ารับประทาน และมีคุณภาพสูงกว่าสูตรที่ใช้จุลินทรีย์ธรรมชาติ

ด้านประสาทสัมผัส ผลสูตรที่เติมหัวเชื้อได้คะแนน “กลิ่น-รส-เนื้อสัมผัส-ความชอบโดยรวม” สูงกว่าสอดคล้องกับรายงานว่า การใช้ LAB starter ในปลาหมักสามารถส่งเสริมคุณภาพเชิงประสาทสัมผัสได้ผ่านการเกิดกรดอย่างเหมาะสม การควบคุมการย่อยโปรตีน การเกิดสารให้กลิ่นรส และการลดความเสี่ยงของ การสร้างสารไม่พึงประสงค์จากจุลินทรีย์ปนเปื้อนหรือจุลินทรีย์รองที่แปรผันสูง (Cai et al., 2024) โดยในบริบทของปลาส้ม งานของ Saithong et al. (2010) ยังเป็นหลักฐานตรงว่าการใช้ LAB starter ในปลาส้มช่วยให้คุณภาพกระบวนการหมักมีทิศทางที่ควบคุมได้มากขึ้น ซึ่งสัมพันธ์กับความสม่ำเสมอของคุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภค

งานวิจัยในครั้งนี้ ชี้ให้เห็นข้อได้เปรียบของหัวเชื้อชนิดเหลว การกระจายตัวของหัวเชื้อที่ดีขึ้นช่วยให้การครองระบบนิเวศจุลินทรีย์เกิดเร็ว (rapid establishment) ส่งผลให้การเปลี่ยนแปลง pH และการคุมสมดุลจุลินทรีย์เกิดอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับภาพรวมในงานทบทวนที่กล่าวถึงบทบาท starter culture ในการทำให้กระบวนการหมักเสถียร ลดความผันแปร และยกระดับคุณภาพ ความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ปลาหมัก (Cai et al., 2024; Li et al., 2024) และเมื่อเชื่อมกับงานปลาส้มโดยตรง ก็สะท้อนทิศทางเดียวกับงานที่ใช้ LAB starter ในปลาส้มซึ่งช่วยเร่งและควบคุมการหมักให้เกิดผลที่คาดการณ์ได้ (Saithong et al., 2010)

จากการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปต่อผลิตภัณฑ์ปลาส้ม พบว่า สูตรที่ใส่หัวเชื้อมีระดับความชอบสูงกว่าสูตรปกติ โดยมีผู้บริโภคที่ชอบในระดับ “ชอบมากที่สุด” และ “ชอบมาก” จำนวน 12 และ 11 คน ตามลำดับ ในขณะที่สูตรปกติมีเพียง 6 และ 9 คน ส่วนในระดับ “ชอบปานกลาง” พบว่าสูตรปกติมีจำนวนผู้บริโภคมากกว่า คือ 15 คน เมื่อเทียบกับสูตรที่ใส่หัวเชื้อ ที่มี 7 คน จึงชี้ให้เห็นผู้บริโภคมีแนวโน้มชอบสูตรที่ใส่หัวเชื้อมากกว่าสูตรปกติ โดยเฉพาะในระดับ “ชอบมาก” และ “ชอบมากที่สุด” แสดงให้เห็นว่าสูตรที่ใส่หัวเชื้อได้รับการยอมรับด้านรสชาติหรือคุณภาพโดยรวมดีกว่าสูตรปกติ สอดคล้องกับข้อเสนอของ Su Su Mar Lin et al. (2024) ที่ชี้ให้เห็นว่าการใช้ Starter Culture ช่วยเพิ่มความสม่ำเสมอของคุณภาพ ส่งผลโดยตรงต่อความพึงพอใจของผู้บริโภค ในขณะที่สูตรปกติอาศัยจุลินทรีย์ธรรมชาติซึ่งมีความผันแปรสูง ทำให้ผลผลิตไม่สม่ำเสมอ และอาจเกิดปัญหาทางคุณภาพได้ง่ายกว่า

สรุปผล

ผลการทดลองชี้ให้เห็นอย่างชัดเจนว่าการใช้หัวเชื้อ LAB ชนิดเหลวสามารถเร่งกระบวนการหมักให้เกิดกรดแลคติกได้รวดเร็วกว่า ส่งผลให้ค่า pH ลดลงอย่างมีประสิทธิภาพจากระดับเริ่มต้นสู่ระดับที่เหมาะสมต่อการหมักภายในระยะเวลา 3 วัน ขณะที่การหมักแบบดั้งเดิมมีอัตราการลดลงของค่า pH ช้ากว่า แสดงให้เห็นถึงบทบาทสำคัญของหัวเชื้อชนิดเหลวในการเร่งการเริ่มต้นและควบคุมทิศทางของกระบวนการหมัก

ในด้านจุลชีววิทยา สูตรที่ใส่หัวเชื้อมีจำนวนจุลินทรีย์รวม และจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกสูงกว่าและมีแนวโน้มการเจริญเติบโตที่สม่ำเสมอกว่าสูตรปกติ สะท้อนให้เห็นว่าการเติมหัวเชื้อ LAB ช่วยให้จุลินทรีย์กลุ่มหลักสามารถครองระบบนิเวศจุลินทรีย์ตั้งแต่ระยะแรก ส่งผลให้กระบวนการหมักมีเสถียรภาพ ลดความแปรปรวนที่เกิดจากจุลินทรีย์ธรรมชาติ และไม่พบการเจริญของยีสต์ที่ไม่พึงประสงค์ ซึ่งเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดกลิ่น และรสชาติที่ไม่สม่ำเสมอในผลิตภัณฑ์ปลาส้ม

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่า ปลาส้มสูตรที่ใส่หัวเชื้อ LAB ชนิดเหลว ได้รับคะแนนด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงกว่าสูตรปกติ โดยเฉพาะด้านรสชาติและความชอบโดยรวม ซึ่งสะท้อนถึงความสมดุลของกรด และการควบคุมชุมชนจุลินทรีย์ที่เหมาะสม ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะน่ารับประทาน และคุณภาพสม่ำเสมอมากขึ้น นอกจากนี้ การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคยังแสดง

ให้เห็นว่า ผลิตภัณฑ์ที่ใช้หัวเชื้อชนิดเหลวได้รับความนิยมในระดับ “ชอบมาก” และ “ชอบมากที่สุด” มากกว่าสูตรปกติอย่างชัดเจน

โดยสรุป การใช้หัวเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกชนิดเหลว ในการผลิตปลาส้มเป็นแนวทางที่มีศักยภาพในการพัฒนากระบวนการหมักให้มีประสิทธิภาพ และความสม่ำเสมอสูงขึ้น ช่วยยกระดับคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ ลดความผันแปรจากจุลินทรีย์ธรรมชาติ และเพิ่มการยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตปลาส้มเชิงพาณิชย์ และการยกระดับผลิตภัณฑ์อาหารหมักพื้นบ้านให้ได้มาตรฐานมากยิ่งขึ้นในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

กนกพรรณ ศรีมโนภาษ และวลัย คลี่ฉายา. (2564). ผลิตภัณฑ์สร้างมูลค่าจากปลาส้ม ปลานิล. กองวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

นุชเนตร ตาเย๊ะ, จริยา สุขจันทรา, คืนจันทร์ ณ นคร, และรุสนี กาแมแล. (2565). การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกปลาส้มปลานิล. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา, 7(3), 1–8.

พนิตนาฎ อู่พุฒินันท์ และวราภรณ์ กุศลารักษ์. (2563). การศึกษาคุณสมบัติของโพรไบโอติกส์แบคทีเรียแลคติกเพื่อใช้เป็นหัวเชื้อบริสุทธิ์ในกระบวนการหมักปลาส้ม. วารสารมหาวิทยาลัยพะเยา, 13(2), 42–50.

รุ่งนภา ว่องไวไพโรจน์ และวิศรุต ศิริพรกิตติ. (2563). ปลาส้ม: ผลิตภัณฑ์พื้นบ้านไทยยอดนิยม. กองวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ กรมประมง.

Cai, H., Tao, L., Zhou, X., Liu, Y., Sun, D., Ma, Q., Yu, Z., and Jiang, W. (2024). Lactic acid bacteria in fermented fish: Enhancing flavor and ensuring safety. Journal of Agriculture and Food Research, 16, 101206. https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101206

Hwanhlem, N., Buradaleng, S., Wattanachant, S., Benjakul, S., Tani, A., and Maneerat, S. (2011). Isolation and screening of lactic acid bacteria from Thai traditional fermented fish (Plasom) and production of Plasom from selected strains. Food Control, 22(3–4), 401–407. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.09.010

Punyauppa-path, S., Kitprasert, P., Punyauppa-path, P. Rattanaschaikunsopon, P., Khunnamwong, P., Limtong, S., and Srisuk, N. (2022). Distribution of Kazachstania yeast in Thai traditional fermented fish (Plaa-som) in Northeastern Thailand. https://doi.org/10.3390/jof8101029

Saithong, P., Panthavee, W., Boonyaratanakornkit, M., and Sikkhamondhol, C., (2010). Use of a starter culture of lactic acid bacteria in plaa-som, a Thai fermented fish. Journal of Bioscience and Bioengineering, 110(5), 553-557. https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2010.06.004

Su Su Mar Lin, M., Myo Myint, M., and Chukeatirote, E. (2024). Improving production and quality of fermented fishery products through starter culture technology. International Research Journal of Biological Sciences, 13(4), 17-24. https://www.isca.me/IJBS/Archive/v13/i4/3.ISCA-IRJBS-2024-014.pdf

การวิเคราะห์เลือดจาก Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) เพื่อจำแนกชนิดสัตว์ในงานนิติวิทยาศาสตร์

Blood Anaiysis from FTIR for Animal Species Identification in Forensic Science

อมรรัตน์ โหงฉิม[1*] กาญจน์ คุ้มทรัพย์[2] และ สุมาลี พิมพ์พันธุ์[3]

Amonrat Hongchim[1*] Kan Khooomsab[2] and Sumalee Phimphan[3]

[1] โปรแกรมวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์, เพชรบูรณ์, 67000

[1] Biology Program, Faculty of Science and Technology, Phetchabun Rajabhat University, Phetchabun 67000, Thailand

[2] วิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์, เพชรบูรณ์, 67000

[2] Science Education Program, Faculty of Science and Technology, Phetchabun Rajabhat University, Phetchabun 67000, Thailand

[3] โปรแกรมวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์, เพชรบูรณ์, 67000

[3] Biology Program, Faculty of Science and Technology, Phetchabun Rajabhat University, Phetchabun 67000, Thailand

*Corresponding author E-mail: awcocoket@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) สำหรับการตรวจวิเคราะห์และจำแนกเลือดของสัตว์ต่างชนิดกัน เพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ในงานนิติวิทยาศาสตร์ การวิจัยได้รวบรวมตัวอย่างเลือดจากสัตว์ 5 ชนิด ได้แก่ กบ ปลาดุก หนูนา ไก่บ้าน และกิ้งก่าบ้าน และนำมาวิเคราะห์สเปกตรัมการดูดกลืนรังสีอินฟราเรด ผลการศึกษาเบื้องต้นพบว่าสเปกตรัม FT-IR ของเลือดสัตว์แต่ละชนิดมีรูปแบบเฉพาะตัวที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะในย่านของหมู่เอไมด์ (Amide I และ Amide II) ซึ่งสะท้อนถึงความแตกต่างขององค์ประกอบโปรตีนในเลือด ผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของเทคนิค FT-IR ในการเป็นเครื่องมือที่รวดเร็ว ไม่ทำลายตัวอย่าง และมีประสิทธิภาพในการจำแนกชนิดของคราบเลือด ซึ่งสามารถพัฒนาเป็นฐานข้อมูลสเปกตรัมสำหรับใช้ในกระบวนการตรวจพิสูจน์หลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ต่อไป

คำสำคัญ : นิติวิทยาศาสตร์ การวิเคราะห์เลือด FT-IR เลือดสัตว์

Abstract

This research aimed to investigate the feasibility of using Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) for the analysis and differentiation of blood from various animal species, with the goal of applying this technique in forensic science. Blood samples were collected from five species: frog (Rana spp.), catfish, Norway rat (Rattus norvegicus), domestic chicken (Gallus gallus domesticus), and a native lizard species. The infrared absorption spectra of these samples were analyzed. Preliminary results indicated that the FT-IR spectrum of each animal's blood exhibited a unique and distinct pattern, particularly in the Amide I and Amide II regions, reflecting differences in their blood protein compositions. This study highlights the potential of FT-IR as a rapid, non-destructive, and effective tool for identifying the species of origin from bloodstains. The findings could contribute to the development of a spectral database for use in forensic evidence examination.

Keywords: Forensic Science, Blood Analysis, FT-IR, Animal Blood

บทนำ

งานนิติวิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อกระบวนการยุติธรรมในการพิสูจน์ข้อเท็จจริงเพื่อยืนยันความผิดหรือความบริสุทธิ์ของผู้ต้องหา โดยเฉพาะอย่างยิ่งการตรวจพิสูจน์ "หลักฐานชีวภาพ" ประเภทคราบเลือด ซึ่งเป็นหลักฐานที่พบบ่อยและสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างเหยื่อ ผู้ต้องสงสัย และสถานที่เกิดเหตุได้ (Houck & Siegel, 2010) อย่างไรก็ตาม ปัญหาสำคัญที่มักพบในขั้นตอนการสืบสวนคือความไม่แน่นอนของแหล่งที่มาของเลือด เนื่องจากคราบเลือดที่พบอาจปะปนกับเลือดของสัตว์เลี้ยงหรือสัตว์อื่นในพื้นที่ ซึ่งหากไม่สามารถจำแนกความแตกต่างระหว่างเลือดมนุษย์และเลือดสัตว์ได้อย่างชัดเจน อาจนำไปสู่ความคลาดเคลื่อนในการตีความทางกฎหมาย (Huffman & Wallace, 2012)

ในอดีต การจำแนกสปีชีส์ของเลือดมักใช้วิธีทางเซรุ่มวิทยาและชีวเคมี เช่น การทดสอบการตกตะกอน (Precipitin Test) ซึ่งมีข้อจำกัดสำคัญคือต้องใช้ปริมาณตัวอย่างมาก เป็นวิธีที่ทำลายตัวอย่าง (Destructive method) และใช้ระยะเวลานาน (Sikirzhytski et al., 2013) ปัจจุบันจึงมีการนำเทคนิค **Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)** มาประยุกต์ใช้ ซึ่งเป็นเทคนิคที่อาศัยหลักการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของ

พันธะเคมีในโมเลกุล ทำให้เกิดสเปกตรัมที่มีลักษณะเฉพาะ (Chemical Fingerprint) ข้อดีที่โดดเด่นของ FTIR คือความสามารถในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางชีวเคมีของเลือด เช่น โปรตีนและฮีโมโกลบิน ได้โดยไม่ทำลายตัวอย่าง มีความไวสูง และใช้เวลาตรวจวิเคราะห์สั้น (Ollivier et al., 2020; Prakash et al., 2016)

แม้เทคนิค FTIR จะมีศักยภาพสูง แต่การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบสเปกตรัมของเลือดสัตว์แต่ละชนิดเพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลอ้างอิงทางนิติวิทยาศาสตร์ยังมีการศึกษาจำกัด ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาการประยุกต์ใช้เทคนิค FTIR เพื่อจำแนกเลือดสัตว์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ (Feasibility) ในการใช้เทคนิค FTIR ตรวจวิเคราะห์เปรียบเทียบเอกลักษณ์สเปกตรัมของเลือดสัตว์แต่ละชนิดเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการตรวจพิสูจน์ และพัฒนาแนวทางการตรวจคราบเลือดที่รวดเร็ว ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการยกระดับมาตรฐานการตรวจพิสูจน์หลักฐานให้มีความแม่นยำและทันสมัยยิ่งขึ้น

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ใช้ตัวอย่างเลือดจากสัตว์ทดลอง 5 ชนิด ได้แก่ กบ (Rana spp.) ปลาดุก (ชนิดน้ำจืดที่หาได้ทั่วไป) หนูนา (Rattus norvegicus) ไก่บ้าน (Gallus gallus domesticus) กิ้งก่าบ้าน (สายพันธุ์พื้นบ้าน) สุขภาพสมบูรณ์ น้ำหนักปกติ ไม่มีบาดแผลหรืออาการป่วย

จำนวนตัวอย่าง: ชนิดละ 2 ตัว รวมทั้งหมด 10 ตัว เพื่อให้มีข้อมูลเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติ

2. ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น: ชนิดของสัตว์

ตัวแปรตาม: ลักษณะสเปกตรัมอินฟราเรด (FTIR Spectrum)

ตัวแปรควบคุม: ปริมาณเลือดที่เก็บ, วิธีการเก็บ, อุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษา, เครื่องมือที่ใช้

3. การทำสลบสัตว์

เพื่อป้องกันความทุกข์ทรมานของสัตว์ทดลอง ได้ใช้วิธีการดมไอระเหยเอทานอล (ethanol vapor anesthesia) โดยนำน้ำหนักตัวของสัตว์มาเป็นตัวกำหนดปริมาณเอทานอลที่เหมาะสม และควบคุมการสัมผัสไอ

ระเหยในภาชนะปิดจนสัตว์สูญเสียการตอบสนอง (loss of righting reflex) ซึ่งเป็นตัวชี้วัดว่ามีความลึกของการดมยาสลบอย่างเพียงพอ

หนูทดลอง (20–400 g) ใช้เอทานอล 1–3 mL

กิ้งก่า (50–150 g) ใช้เอทานอล 2–4 mL

กบ (80–300 g) ใช้เอทานอล 3–5 mL

ปลาดุก (200–800 g) ใช้เอทานอล 5–10 mL

ไก่ (1–3 kg) ใช้เอทานอล 10–20 mL ผ่านอุปกรณ์ครอบศีรษะที่เหมาะสม

วิธีนี้ช่วยลดพฤติกรรมการดิ้น การตอบสนองต่อการจับต้อง และความตึงเครียดระหว่างการทำหัตถการ

4. การเก็บตัวอย่างเลือด

การเก็บตัวอย่างเลือดดำเนินการโดยวิธีเจาะหลอดเลือดดำ (Venipuncture) โดยใช้เข็มปราศจากเชื้อขนาด 24 Gauge และกระบอกฉีดยาขนาดที่เหมาะสมกับสรีระของสัตว์แต่ละชนิด ปริมาณเลือดที่เก็บถูกจำกัดให้ไม่เกินร้อยละ 10 ของปริมาณเลือดทั้งหมดในร่างกาย (Total Blood Volume) เพื่อเป็นไปตามหลักจริยธรรมและสวัสดิภาพสัตว์ ตัวอย่างเลือดที่ได้จะถูกบรรจุลงในหลอดเก็บตัวอย่างที่มีสารป้องกันการแข็งตัวชนิด EDTA หรือ Heparin ทันที สำหรับตำแหน่งในการเจาะเก็บเลือดจำแนกตามชนิดสัตว์ ดังนี้

กบ (Frog): เจาะเก็บจากหลอดเลือดดำขาหน้า (Anterior limb vein) หรือหลอดเลือดดำหน้าท้อง (Ventral abdominal vein)

ปลา (Fish) และ กิ้งก่า (Lizard): เจาะเก็บจากหลอดเลือดดำโคนหาง (Caudal vein)

ไก่ (Chicken): เจาะเก็บจากหลอดเลือดดำปีก (Wing vein) หรือหลอดเลือดดำคอ (Jugular vein)

หนู (Mouse): เจาะเก็บจากหลอดเลือดดำหาง (Tail vein) กรณีที่ต้องการปริมาณเลือดมาก จะใช้วิธีการเจาะเก็บจากหัวใจ (Cardiac puncture) ภายใต้การวางยาสลบเท่านั้น

3. การวิเคราะห์ตัวอย่างเลือด

3.1 การวิเคราะห์ด้วย FT-IR Spectrometer

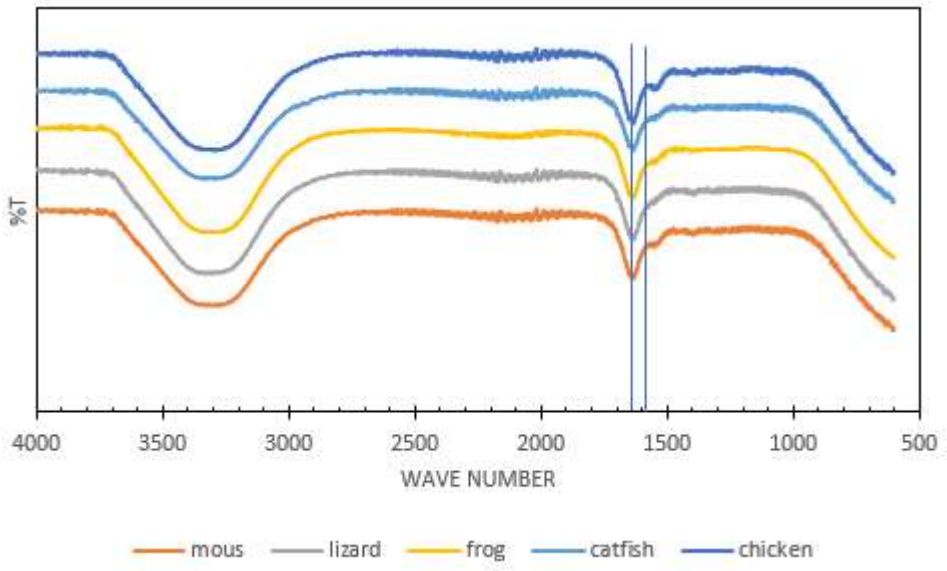
3.1.1 ใช้ Micropipette ขนาด 100 µl หยดตัวอย่าง ปริมาณ 10 µl ลงบนผลึก ATR

3.1.2 ทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FTIR ที่ช่วงเลขคลื่น 4000-600 cm^{-1}

โดย 1 ตัวอย่างทำซ้ำ 3 ซ้ำ

ผลการวิจัย

การศึกษาเลือดสัตว์ ที่นำมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (**FTIR**) ในช่วงเลขคลื่น 4000 - 600 cm^{-1} พบพีคที่เหมาะสมในการทำปริมาณวิเคราะห์ ได้สเปกตรัม ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 สเปกตรัมของคราบโลหิตในช่วงคลื่น 4000 - 600 cm^{-1}

จากการวิเคราะห์สเปกตรัม FT-IR ของคราบเลือดสัตว์ทั้ง 5 ชนิด พบว่าสเปกตรัมของเลือดแต่ละชนิดมีลักษณะเฉพาะที่สามารถสังเกตเห็นความแตกต่างได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณพีคของหมู่เอไมด์ I (Amide I) และเอไมด์ II (Amide II) ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้โครงสร้างโปรตีนในเลือด ดังแสดงในตารางที่ 1 จากการเทียบเคียงกับตารางการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดมาตรฐาน (LibreTexts, 2024) พบว่าพีคที่ปรากฏในย่าน Amide I (ประมาณ 1634-1635 cm^{-1}) สอดคล้องกับการสั่นของพันธะ C=O ในหมู่เอไมด์ของโปรตีน (Secondary Amide) ในขณะที่พีคในย่าน Amide II (ประมาณ 1599 cm^{-1}) สัมพันธ์กับการสั่นแบบงอของพันธะ N-H ในหมู่เอมีนและเอไมด์

ตารางที่ 1 สรุปผลการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนรังสีอินฟราเรด (%T) ในย่าน Amide I และ Amide II ของเลือดสัตว์แต่ละชนิด

ชนิดสัตว์	ย่านความถี่	ตำแหน่งพีค (cm^{-1})	ค่า %T
หนูนา	Amide I	1634	66.67
	Amide II	1599	78.60
กิ้งก่า	Amide I	1635	66.23
	Amide II	1599	77.57
กบ	Amide I	1635	66.51
	Amide II	1599	78.58
ปลาดุก	Amide I	1635	70.14
	Amide II	1599	80.91
ไก่	Amide I	1635	63.56
	Amide II	1599	77.39

จากตารางที่ 1 การวิเคราะห์เปรียบเทียบสเปกตรัม FTIR ของคราบเลือดสัตว์ 5 ชนิด ได้แก่ หนูนา, กิ้งก่า, กบ, ปลาดุก และไก่ พบเอกลักษณ์ที่น่าสนใจในย่านการดูดกลืนแสงของพันธะโปรตีนหลัก โดยในย่าน Amide I สัตว์ส่วนใหญ่ (กิ้งก่า, กบ, ปลาดุก, ไก่) จะปรากฏพีคที่ตำแหน่งเลขคลื่น 1635 cm^{-1} ในขณะที่ เลือดหนูนา แสดงลักษณะเฉพาะที่แตกต่างด้วยการเลื่อนตำแหน่งพีคเล็กน้อยไปอยู่ที่ 1634 cm^{-1} เมื่อพิจารณาด้านความเข้มของการดูดกลืนแสงผ่านค่าร้อยละการส่องผ่าน (%T) พบว่า เลือดไก่ มีความโดดเด่นที่สุดโดยมีค่า %T ต่ำสุดที่ 63.56 ซึ่งแสดงถึงการดูดกลืนแสงที่สูงที่สุดในบรรดาสัตว์ทั้งหมด รองลงมาคือกลุ่มที่มีค่าใกล้เคียงกัน ได้แก่ เลือดกิ้งก่า (%T 66.23) และเลือดกบ (%T 66.51) สำหรับย่าน Amide II สัตว์ทุกชนิดปรากฏพีคที่ตำแหน่งเดียวกันคือ 1599 cm^{-1} โดยแนวโน้มความเข้มข้นยังคงสอดคล้องกับย่านแรก กล่าวคือ เลือดไก่และสัตว์เลื้อยคลานยังคงมีการดูดกลืนแสงในระดับสูง ในทางตรงกันข้าม เลือดปลาดุก กลับแสดงเอกลักษณ์ของการ

ดูดกลืนแสงที่ต่ำที่สุดในกลุ่ม (ค่า %T สูงสุด) ทั้งในย่าน Amide I (70.14) และ Amide II (80.91) ข้อมูลเหล่านี้ชี้ให้เห็นว่าเลือดไก่และเลือดหนูนามีลักษณะทางสเปกโทรสโกปีที่สามารถจำแนกออกจากกลุ่มสัตว์อื่นได้อย่างชัดเจน ทั้งในแง่ของความเข้มสัญญาณและการเลื่อนของตำแหน่งเลขคลื่น

ตารางที่ 2 **เทียบค่าพีคจากการวิจัยกับตารางเทียบค่า** FT-IR **มาตรฐาน**

ย่านความถี่	**พีคที่พบ (**cm^{-1})	**ชนิดเอไมด์**	**ค่าจากตารางเทียบ (**cm^{-1})	**ประเภทการสั่น**	**สารชีวภาพ**	**ความสอดคล้อง**
Amide I	1634-1635	Secondary Amide	1680 (free) / 1630-1640 (associated)	C=O stretching	โปรตีน	ตรงกัน
Amide II	1599	Amine	1650-1580	N-H bending	โปรตีน/เอมีน	ตรงกัน

หมายเหตุ: ค่าพีคที่พบในการวิจัยสอดคล้องอย่างมากกับตารางเทียบค่า FT-IR มาตรฐาน [7] ซึ่งยืนยันว่าพีคที่ 1634-1635 cm^{-1} เป็นลักษณะเฉพาะของ Secondary Amide (C=O stretching) และพีคที่ 1599 cm^{-1} เป็นลักษณะเฉพาะของ N-H bending ในหมู่เอมีนและเอไมด์ ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของโปรตีนในเลือด

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้าที่แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของเทคนิค FT-IR ในการจำแนกสารชีวภาพ (Huffman & Wallace, 2012) จากตารางที่ 2 พบว่าพีคที่พบในการวิจัยตรงกับตารางเทียบค่า FT-IR มาตรฐานอย่างสมบูรณ์ โดยพีคที่ 1634-1635 cm^{-1} เป็นลักษณะเด่นของ Secondary Amide (C=O stretching) และพีคที่ 1599 cm^{-1} (N-H bending) เป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญของโปรตีน ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของเลือด (LibreTexts, 2024) ความแตกต่างของความเข้มและตำแหน่งพีคเล็กน้อยที่พบในเลือดสัตว์แต่ละชนิดสะท้อนถึงความหลากหลายของโครงสร้างและสัดส่วนของโปรตีน เช่น อัลบูมิน โกลบูลิน และฮีโมโกลบินในเลือดของสัตว์แต่ละสปีชีส์ การค้นพบนี้เป็นการยืนยันว่า FT-IR สามารถเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสำหรับงานนิติวิทยาศาสตร์ในการระบุที่มาของคราบเลือดได้อย่างรวดเร็วและไม่ทำลายตัวอย่าง อย่างไรก็ตาม เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการจำแนก ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมโดยใช้จำนวนตัวอย่างที่มากขึ้นและนำเทคนิคการวิเคราะห์ทางสถิติขั้นสูง เช่น Principal Component Analysis (PCA) มาใช้ร่วมด้วย

สรุปผลการวิจัย

เทคนิค FT-IR สามารถใช้ในการตรวจวิเคราะห์และจำแนกเลือดของสัตว์ต่างชนิดกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยอาศัยความแตกต่างของสเปกตรัมในย่านเอไมด์ (Amide I และ Amide II) ซึ่งสะท้อนความแตกต่างขององค์ประกอบโปรตีน ผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของ FT-IR ในการเป็นเครื่องมือทางนิติวิทยาศาสตร์ที่รวดเร็ว ไม่ทำลายตัวอย่าง และมีประสิทธิภาพสูง นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังแสดงให้เห็นว่าเลือดของสัตว์แต่ละชนิดมีลักษณะเฉพาะตัวที่สามารถใช้ในการจำแนกได้ ซึ่งสามารถพัฒนาเป็นฐานข้อมูลสเปกตรัมสำหรับใช้ในกระบวนการตรวจพิสูจน์หลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ต่อไป โดยอาจนำไปประยุกต์ใช้ในการแยกแยะระหว่างเลือดของมนุษย์และเลือดของสัตว์ หรือแม้กระทั่งการจำแนกชนิดของสัตว์ที่เป็นแหล่งที่มาของเลือดในคดีอาชญากรรม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ที่ให้การสนับสนุนเครื่องมือและสถานที่ในการทำวิจัยครั้งนี้ ขอบคุณผู้บริหารและเจ้าหน้าที่ของห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

Diem, M., et al. 2004. A decade of vibrational micro-spectroscopy of human cells and tissue (1994–2004). Analyst. 129: 880–885.

Houck, M. M., and J. A. Siegel. 2010. Fundamentals of forensic science. Academic Press, USA.

Huffman, J. E., and J. R. Wallace. 2012. Wildlife forensics: Methods and applications. Wiley-Blackwell, NJ.

LibreTexts. 2024. Infrared spectroscopy absorption table. Available: https://chem.libretexts.org/go/page/22645. Accessed Feb 4, 2026.

Ollivier, A., et al. 2020. FTIR spectroscopy for forensic applications. Wiley Analytical Science Journal.

Prakash, C., et al. 2016. FTIR spectroscopy as a tool for the analysis of biological samples: A review. Applied Spectroscopy Reviews. 51: 523–560.

Sikirzhytski, V., A. Sikirzhytskaya, and I. K. Lednev. 2013. Advanced statistical analysis of Raman spectroscopic data for the identification of body fluid traces: Semen and blood. Forensic Science International. 226: 153–160.

ศึกษาการทำลายการพักตัวของเมล็ดค้อ (*Livistona* sp.) เพื่อการฟื้นฟูป่า อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์

Study Breaking Dormancy of Seed of *Livistona* sp. for Forest Restoration in Khao Kho District, Phetchabun Province

สหรัฐ เอี่ยมทอง[1] กมลรัตน์ ทองกวด[1] พวงผกา แก้วกรม[1] และ สุรางค์รัตน์ พันแสง[1*]

Saharat Iamtong[1] Kamonrat Thongkuad[1] Puangpaka Kaewkrom[1]and Surangrat Punsaeng[1*]

[1]หลักสูตรสาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ประเทศไทย

[1]Biology Program, Faculty of Science and Technology, Phetchabun Rajabhat University, Thailand

*Corresponding author E-mail:: surangrat.pun@pcru.ac.th

บทคัดย่อ

ค้อ (*Livistona* sp.) เป็นพืชในวงศ์ Arecaceae มีความสูง 25 เมตร ใบเป็นรูปพัด สีเขียว ผลสุกมีสีเขียวเข้ม สามารถนำเนื้อมารับประทานได้ การขยายพันธุ์ทำได้โดยการใช้เมล็ด อย่างไรก็ตามข้อจำกัดสำคัญในการเพาะปลูกคือ อัตราการงอกของเมล็ดที่ต่ำ และอายุการเก็บรักษาเมล็ดที่สั้น ในการศึกษาครั้งนี้ เพื่อศึกษาการทำลายการพักตัวของเมล็ดค้อ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) ประกอบด้วย 3 กรรมวิธีๆ ละ 6 ซ้ำ กรรมวิธีที่ 1 แช่เมล็ดในน้ำ ระยะเวลา 12 ชั่วโมง กรรมวิธีที่ 2 แช่เมล็ดในน้ำร้อนอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ตามด้วยการอบในเตาอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส กรรมวิธีที่ 3 แช่เมล็ดในน้ำร้อนอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส จำนวน 4 ครั้ง ครั้งละ 24 ชั่วโมง และกรรมวิธีที่ 4 อบเมล็ดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง พบว่า เมล็ดค้อเริ่มงอกในสัปดาห์ที่ 3 หลังจากทำการเพาะในกรรมวิธีที่ 1 และกรรมวิธีที่ 4 ซึ่งกรรมวิธีที่ 4 ให้ค่าดัชนีความงอกของเมล็ด (GI) เปอร์เซ็นต์การงอก (%) และความยาวรากสูงกว่ากรรมวิธีที่ 1 แต่ในกรรมวิธีที่ 2 และ 3 ไม่พบการงอกของเมล็ดเลย ดังนั้น เมล็ดอาจมีภาวะพักตัวทางสรีรวิทยาเล็กน้อยหรือภาวะพักตัวทางสัณฐานวิทยาคล้ายกับพืชวงศ์ Arecaceae ชนิดอื่นๆ

คำสำคัญ : ค้อ เปอร์เซ็นต์การงอก ดัชนีความงอก

Abstract

Livistona sp. is a plant in the Arecaceae family. It reaches a height of 25 meters. Its leaves are fan-shaped green and dark green ripe fruits whose mesocarp is edible. Although the species can be propagated by seeds, its cultivation is constrained by low germination rates and short seed storage longevity. This study aimed to evaluate dormancy-breaking treatments in Kho seeds

using a Completely Randomized Design (CRD) consisting of four treatments with six replications. The treatments were: (1) soaking seeds in water for 12 h; (2) soaking in hot water at 90°C followed by drying in a hot-air oven at 50°C; (3) soaking in hot water at 90°C four times, each for 24 h; and (4) drying seeds in a hot-air oven at 50°C for 1 h. Seed germination began in three week after sowing in treatments 1 and 4, with treatment 4 showing higher germination index (GI), germination percentage, and root length than treatment 1. Not germination was observed in treatments 2 and 3. The results suggest that seeds may exhibit mild physiological dormancy or morphophysiological dormancy, similar to other members of the Arecaceae, and that moderate heat treatment may help promote germination.

Keywords : *Livistona* sp., germination rate percentage, germination Index

บทนำ

ป่าไม้เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อสิ่งมีชีวิต โดยเป็นทั้งปัจจัยพื้นฐานในการดำรงชีวิต เป็นแหล่งรวมความหลากหลายทางชีวภาพ และมีความสำคัญต่อสภาวะแวดล้อมโดยรวม อย่างไรก็ตาม ปัญหาการตัดไม้ทำลายป่า ได้ส่งผลกระทบอย่างรุนแรงต่อสิ่งแวดล้อมมาอย่างต่อเนื่อง การฟื้นฟูป่าจึงเป็นหนึ่งในวิธีการสำคัญที่จะช่วยแก้ไขปัญหานี้ได้ ความสำเร็จของการฟื้นฟูป่านั้น เริ่มต้นจากปัจจัยสำคัญที่สุด คือ กล้าไม้ที่มีคุณภาพ ดังนั้นจึงควรให้ความสำคัญกับการพัฒนาวิธีการผลิตกล้าไม้ภายในเรือนเพาะชำเพื่อให้ได้กล้าไม้ที่มีคุณภาพ (Blakesley et al., 2000) พันธุ์ไม้ท้องถิ่นมากกว่า 400 ชนิด ได้ผ่านการทดสอบเพื่อดูอัตราการงอก (Blakesley et al., 2002) เมล็ดพืชบางชนิดสามารถงอกได้ง่าย แต่เมล็ดอีกหลายชนิดกลับมีอัตราการงอกที่ต่ำมาก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการทดลองใช้วิธีการต่าง ๆ เพื่อกระตุ้นการงอก และเพิ่มอัตราการรอดของต้นกล้าให้สูงขึ้น เมล็ดพันธุ์ไม้ในเขตร้อนส่วนใหญ่มีระยะพักตัวค่อนข้างสั้น จากการสำรวจเมล็ดพันธุ์ไม้จำนวน 262 ชนิด ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย พบว่า ร้อยละ 43 มีค่ากลางระยะพักตัวน้อยกว่า 30 วัน ในขณะที่ร้อยละ 21 มีระยะพักตัวนานเกินกว่า 100 วัน (Forest Restoration Research Unit, 2003)

ค้อ (*Livistona* sp.) เป็นพืชในวงศ์ Arecaceae เป็นหนึ่งในวงศ์พืชที่รู้จักกันดีที่สุดหรือเรียกอีกอย่างว่าวงศ์ Palmae ประกอบด้วย 181 สกุล ประมาณ 2600 สายพันธุ์ ปาล์มมีลักษณะทางกายภาพที่มีความหลากหลายและอาศัยอยู่ทุกพื้นที่ ตั้งแต่ป่าฝนไปจนถึงทะเลทราย ค้อนิยมปลูกเป็นไม้ประดับในเขตร้อน พบ 36 ชนิด มีถิ่นกำเนิดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ออสตราเลเซีย และแอฟริกา (Crisp et al., 2010) ค้อเป็นปาล์มที่มีความสูง 25 เมตร ใบเป็นรูปพัด สีเขียว ผลสุกมีสีเขียวเข้ม สามารถนำเนื้อมาประกอบอาหารได้

การขยายพันธุ์ทำได้โดยการใช้เมล็ด อย่างไรก็ตามข้อจำกัดสำคัญในการเพาะปลูกคือ อัตราการงอกของเมล็ดที่ต่ำ และอายุการเก็บรักษาเมล็ดที่สั้น เมื่อต้องการต้นกล้าจำนวนมาก ผู้เพาะปลูกจึงต้องพึ่งพาการใช้เมล็ดที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ (เมล็ดสด) เป็นหลัก ถึงแม้ว่าข้อมูลเกี่ยวกับการงอกและการเก็บรักษาของเมล็ด *Livistona* sp จะมีน้อย แต่ก็มีข้อมูลบางส่วนเกี่ยวกับการงอกและการเก็บรักษาของ *Livistona* ชนิดอื่นๆ Wen and Song (2007) และ Wen (2009) ได้แสดงให้เห็นว่า ในระหว่างการพัฒนาของเมล็ด *L. chinensis* เมล็ดจะทนต่อความเย็นจัดและสูญเสียความสามารถในการทนต่อความเย็นจัดเมื่อเมล็ดสุก เมล็ด *L. chinensis* ที่สุกแล้วไม่สามารถอยู่รอดได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าศูนย์องศาเซลเซียสแม้เพียงหนึ่งสัปดาห์ อย่างไรก็ตาม เอ็มบริโอที่แยกออกมาสามารถเก็บรักษาไว้ในไนโตรเจนเหลวได้หลังจากทำให้แห้งจนมีความชื้นในเมล็ดเหลือ 20% (Wen, 2009) ตามผลการศึกษาของ Peng et al. (2011) เมล็ด *L. chinensis* สูญเสียความสามารถในการงอกเมื่อแห้งจนมีความชื้น 8% ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงจัดประเภทเมล็ดค้อเป็นเมล็ดที่งอกยาก งานวิจัยนี้ได้ออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานว่าการเตรียมเมล็ดก่อนเพาะด้วยวิธีการที่แตกต่างกันทำให้เมล็ดมีอัตราการงอกแตกต่างกัน

วิธีการดำเนินการวิจัย

การจัดหาเมล็ด

เมล็ดค้อ (*Livistona* sp.) เก็บรวบรวมจากต้นค้อที่อยู่ในป่า ตำบลภูคา อำเภอปัว จังหวัดน่าน โดยเมล็ดที่ทำการทดสอบเป็นเมล็ดในปี 2568 การศึกษาครั้งนี้เริ่มทำการทดลองตั้งแต่วันที่ 15 ตุลาคม 2568 ถึงวันที่ 15 ธันวาคม 2568

ลักษณะทั่วไปของเมล็ด

ในการศึกษาครั้งนี้ ลักษณะทั่วไปของเมล็ดที่ทำการศึกษา ได้แก่ ขนาด รูปร่าง สี และวัดความชื้นของเมล็ด แสดงใน Table 1 โดยสุ่มเมล็ด 30 เมล็ด เพื่อทำการวัดความกว้างและความยาวของเมล็ดด้วยเวอร์เนียคาลิปเปอร์ (ยี่ห้อ WINTON ขนาด 6 นิ้ว x1/1000) และได้ทำการวัดความชื้นของเมล็ดตามวิธีมาตรฐานของ International Seed Test Association (ISTA) (2025) โดยสุ่มเมล็ดจำนวน 30 เมล็ด จำนวน 3 ซ้ำ จากนั้นทำการชั่งน้ำหนักเมล็ด (น้ำหนักก่อนอบ) ด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง (ยี่ห้อ Precisa รุ่น XT 620M) จากนั้นนำเมล็ดไปอบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง (ISTA, 2025) เมื่อทำการอบเสร็จแล้วให้ทำการชั่งน้ำหนักหลังอบทันที (น้ำหนักหลังอบ) และนำมาคำนวณความชื้นในเมล็ด โดยเป็นความชื้นเทียบกับน้ำหนักสด (wet basis)

การเตรียมเมล็ดก่อนเพาะ

กรรมวิธีที่ 1 แช่เมล็ดในน้ำ ระยะเวลา 12 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 2 แช่เมล็ดในน้ำร้อนอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ตามด้วยการอบในเตาอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

กรรมวิธีที่ 3 แช่เมล็ดในน้ำร้อนอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส จำนวน 4 ครั้ง โดยแต่ละครั้งแช่นาน 24 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 4 อบเมล็ดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง



Figure 1 Seed preparation before planting

(1) soaking seeds in water for 12 h;

(2) soaking in hot water at 90°C followed by drying in a hot-air oven at 50°C;

(3) soaking in hot water at 90°C four times, each for 24 h; and

(4) drying seeds in a hot-air oven at 50°C for 1h.

การทดสอบการงอกของเมล็ด

เตรียมเมล็ดจำนวน 15 เมล็ด จำนวน 6 ซ้ำ ใส่ในกล่องพลาสติก (ขนาดกว้าง 16 เซนติเมตร ยาว 16 เซนติเมตร ลึก 9 เซนติเมตร) ที่รองด้วยสำลีความหนา 1 เซนติเมตร จากนั้นใส่สารละลายน้ำกลั่น ปริมาณ 200 มิลลิลิตร นำกล่องมาเก็บไว้ในห้องควบคุมการเติบโต (growth chamber) ที่ควบคุมอุณหภูมิที่ 25 ± 2 องศาเซลเซียส โดยที่ไม่ได้รับแสงตลอดการทดลอง (60 วัน) ทำการนับจำนวนเมล็ดที่งอกทุกวัน โดยเมล็ดที่ถือว่างอก คือ เมล็ดที่แสดงส่วนปลายรากให้เห็นชัดเจนได้ด้วยตาเปล่า ทำการศึกษาเป็นเวลา 60 วัน และใช้วิธีวางกลุ่มตัวอย่างทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) และวิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA โดยใช้โปรแกรม SPSS

การบันทึกข้อมูล

1. เปอร์เซ็นต์การงอก (germination rate percentage; %) โดยนับจำนวนต้นกล้าที่งอกปกติ แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความงอกจากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์การงอก (\%)} = \frac{\text{จำนวนต้นกล้าปกติ}}{\text{จำนวนเมล็ดทั้งหมด}} \times 100$$

2. ดัชนีความงอก (germination Index; GI) คือ การวัดความเร็วในการงอกของเมล็ด โดยนับจำนวนต้นกล้าที่งอกปกติทุกวันแล้วคำนวณค่าดัชนีความงอกจากสูตร

$$\text{ดัชนีความงอกของเมล็ด (GI)} = \text{ผลรวมของ} \frac{\text{จำนวนต้นกล้าปกติ}}{\text{จำนวนวันหลังเพาะ}}$$

ผลการวิจัย

ลักษณะทั่วไปของเมล็ด

เมล็ดเป็นเมล็ดเดี่ยว รูปไข่ (ovoid) หรือรูปทรงกลมเกือบรี (Sub-globose) ผิวเรียบ ส่วนปลายมีติ่งแหลมเล็กน้อย (Apiculate) โดยมีความยาว 2.41 ± 0.12 มิลลิเมตร และกว้าง 1.84 ± 0.10 มิลลิเมตร น้ำหนัก 4.65 ± 0.70 กรัม และมีความชื้นร้อยละ 33.89 ± 5.56 ดังแสดงใน Table1 และ Figure 2

Table 1 Seed characteristics including size, shape, color and moisture content with the mean ± standard deviation (SD).

Seed characteristics	Seed of *Livistona* sp.
Length	2.41 ± 0.12 mm
Width	1.84 ± 0.10 mm
Shape	Ovoid
Color	Ivory
Surface	smooth
Weight	4.65 ± 0.70 g/30 seeds
Moisture (%)	33.89 ± 5.56



Figure 2 Seed of *Livistona* sp.

การทดสอบการงอกของเมล็ด

เมล็ดค้อ (*Livistona* sp.) เริ่มงอกในสัปดาห์ที่ 3 หลังจากทำการเพาะในกรรมวิธีที่ 1 แช่เมล็ดในน้ำ ระยะเวลา 12 ชั่วโมง และกรรมวิธีที่ 4 อบเมล็ดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง ซึ่งกรรมวิธีที่ 4 ให้ค่าดัชนีความงอกของเมล็ด (GI) เปอร์เซ็นต์การงอก (%) และความยาวรากสูงกว่ากลุ่มควบคุม เมล็ดไม่งอกเมื่อแช่เมล็ดในน้ำร้อนอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ตามด้วยการอบในเตาอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส (กรรมวิธีที่ 2) และแช่เมล็ดในน้ำร้อนอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส จำนวน 4 ครั้ง โดยแต่ละครั้งแช่นาน 24 ชั่วโมง (กรรมวิธีที่ 3) ดังแสดงใน Table 2

Table 2 Mean total germination rate percentage (GRP), germination Index (GI) and root length of *Livistona* sp.

Treatment	GRP (%)	GI	root length (cm)
T1	48.89±13.11	0.733	1.43±1.10
T2	0	0	0
T3	0	0	0
T4	68.89±6.88	1.03	2.54±0.73

วิจารณ์ผล

เมล็ดของค้อ (*Livistona* sp.) มีปริมาณความชื้นเริ่มต้นสูง (33.89 ± 5.56%) ปริมาณความชื้นเป็นเปอร์เซ็นต์ของเมล็ดที่แก่เต็มที่ ซึ่งเมล็ดที่แก่เต็มที่ จากการทดสอบประเภทเมล็ดตามวิธีการของ Hong and Ellins (1996) มี 3 ประเภท คือ เมล็ดออร์โธดอกซ์ (orthodox) < 20-50% อินเทอร์มิเดียท (intermediate) 23-55% และรีแคลซิแทรนท์ (recalcitrant) 36-90% เมล็ด *Livistona* sp. เป็นชนิดอินเทอร์มิเดียท คือทนต่อการขาดน้ำได้ปานกลาง ในทางตรงกันข้าม ผลการศึกษาของ Ehara et al. (2002) แสดงให้เห็นว่าเมล็ด *L. chinensis* งอกได้ แม้หลังจากแช่ในน้ำทะเลเป็นเวลา 60 วัน Ellis et al. (2007) รายงานว่าเมล็ดของ *L. cochinensis* มีพฤติกรรมการเก็บรักษาแบบปกติเมล็ด *L. chinensis* งอกได้โดยไม่ต้องผ่านการบำบัดใดๆ อย่างไรก็ตาม ต้องใช้เวลา 50-60 วันนับตั้งแต่เพาะจนถึงการงอกสมบูรณ์ (Singh et al., 2010) ดังนั้น เมล็ดอาจมีภาวะพักตัวทางสรีรวิทยาเล็กน้อยหรือภาวะพักตัวทางสัณฐานวิทยาคล้ายกับพืชวงศ์ Arecaceae ชนิดอื่นๆ ส่วนใหญ่ (Baskin & Baskin, 2014) ในทำนองเดียวกัน Lack (2009) รายงานว่า เมล็ดของ *L. rigida* ไม่จำเป็นต้องมีการเตรียมการล่วงหน้าใดๆ เพื่อการงอก อย่างไรก็ตาม ต้องใช้เวลามากกว่า 1 เดือนจึงจะงอกออกมา

สรุปผล

การอบเมล็ดค้อที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง เป็นวิธีที่เหมาะสมที่ทำให้ค่าดัชนีความงอกของเมล็ด เปอร์เซ็นต์การงอก และความยาวรากสูงกว่ากลุ่มควบคุม การเตรียมเมล็ดโดยการแช่เมล็ดในน้ำร้อนอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ไม่ใช่วิธีที่เหมาะสมสำหรับเมล็ดค้อ เนื่องจากไม่มีการงอกเกิดขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการทำวิจัย ตลอดจนบุคลากรทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการเก็บรวบรวมข้อมูลและการปฏิบัติการทดลองในห้องปฏิบัติการ

เอกสารอ้างอิง

Baskin, C. and Baskin J.M. (2014). **Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination**. Academic Press, San Diego, CA, USA.

Blakesley, D., Anusarnsunthorn, V., Kerby, J., Na vakitbumrung, P., Kuarak, C., Zangkum, S., Hardwick K. and Elliott, S., (2000). **Nursery technology and tree species selection for restoring forest biodiversity in northern Thailand**. In: Elliott, S., Kerby, J., Blakesley,

D., Hardwick, K., Woods K. and Anusarnsunthorn, V., editors. Forest Restoration for Wildlife Conservation. Chiang Mai University.

Blakesley, D., Elliott, S., Anusarnsunthorn, V., Navakitbumrung, P., Kuarak, C. and Zangkum, S., (2002). Propagating framework tree species to restore seasonally dry tropical forest: Implications of seasonal seed dispersal and dormancy. **Forest Ecology and Management**. 164(1-3): 31-38.

Crisp, M.D., Isagi, Y., Kato, Y., Cook, L.G. and Bowman, D.M.J.S. (2010). Livistona palms in Australia: ancient relics or opportunistic immigrants?. **Molecular Phylogenetics and Evolution**. 54: 512–523. https://doi.org/10.1016/j.ympev.2009.09.020

Ehara, H., Dowe, J.L., Nagatomo, R. and Kawasaki, A. (2002). *Livistona chinensis* var. subglobosa on Aoshima, Japan. **Palms**. 46(2): 62-67.

Ellis, R.H., Mai-Hong, T., Hong, T.D., Tan T.T., Xuan-Chong, N.D., Hong, L.Q., Ngoc-Tam, B. and Le-Tam, V.T. (2007). Comparative analysis by protocol and key of seed storage behaviour of sixty Vietnamese tree species. **Seed Science and Technology**. 35(2): 460-476. https://doi.org/10.15258/sst.2007.35.2.20

Forest Restoration Research Unit. (2003). Unpublished report. Biology Department, Science Faculty, Chiang Mai University, Thailand.

Hong, T.D. and Ellis, R.H. (1996). A protocol to determine seed storage behaviour. **IPGRI Technical Bulletin No. 1** (eds. J.M. Engels and J. Toll). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.

International Seed Testing Association (ISTA). (2025). **International Rules for Seed Testing : Rule2025**. International Seed Testing Association, Zurich, Switzerland.

Lack, W.B. (2009). **Martius, Book of Palms**. Taschen Publisher, Hohenzollernring, Köln, Germany.

Peng, L., An-jun, T., Jianiping, L. and An-cai, L. (2011). Desiccation tolerance of *Livistona chinensis* seeds and effect of desiccation on peroxidation of their membrane lipid. **Acta Horticulturae Sinica**. 38: 1572-1578.

Singh, R.K., Srivastava, R.C. and Mukherjee, T.K. (2010). Toko-Patta (*Livistona jenkinsiana* Griff): Adi community and conservation of culturally important endangered tree species in eastern Himalaya. **Indian Journal of Traditional Knowledge**. 9(2): 231-241.

Wen, B. (2011). Cytological and physiological changes related to cryotolerance in recalcitrant *Livistona chinensis* embryos during seed development. **Protoplasma**. 248(3): 483-491. https://doi.org/10.1007/s00709-010-0188-7

Wen, B. and Song S.Q. (2007). Acquisition of cryotolerance in maize embryos during seed development. **Cryo Letters**. 28(2): 109-118.

การคัดแยกและเปรียบเทียบเชื้อจุลินทรีย์จากก้อนรอยโรค Crown gall และต้นลำไยปกติ ในพื้นที่ตำบลดงดำ อำเภอลี้ จังหวัดลำพูน

Isolation and comparison of microorganism causing Crown gall disease and normal limb from longan trees at Dong Dam Subdistrict, Li District, Lamphun Province

อ้อมหทัย ดีแท้[1*] และ วรฤทัย สุขสิงห์[2]

Aomhatai Deethae[1*] and Woraruthai Suksing[2]

[1] ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ 180 หมู่ที่ 7 อำเภอแม่ริม เชียงใหม่ 50180

[1] สาขาวิชาชีววิทยา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ 180 หมู่ที่ 7 อำเภอแม่ริม เชียงใหม่ 50180

*Corresponding author E-mail: Aomhatai_dee@cmru.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันมีการรายงานโรคพืช ที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรียเป็นสาเหตุก่อโรคมากขึ้น พบว่ามีพืชหลายชนิดที่เกิดปัญหาเป็นโรค Crown gall เช่น มะเขือเทศ แตง ถั่ว ลำไย เป็นต้น ซึ่งโรค Crown gall เกิดจากแบคทีเรีย *Agrobacterium tumefaciens* เป็นสาเหตุ ทำให้เกิดลักษณะเป็นก้อนปุ่มนูน (Crown gall) ที่โคนต้น ส่งผลต่อผลผลิตทางการเกษตร และต้องทำลายพืชต้นนั้นเพื่อไม่ให้เกิดการกระจายของเชื้อในวงกว้าง งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับสาเหตุของโรค Crown gall จากต้นลำไย ในพื้นที่อำเภอลี้ จังหวัดลำพูน และเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค Crown gall และเชื้อจุลินทรีย์อื่น ๆ ที่เจริญร่วมกับเชื้อสาเหตุ ที่อาจส่งผลต่อการกระตุ้นให้เกิดการแพร่ระบาดของโรค Crown gall ในต้นลำไยได้ งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์จากก้อนรอยโรค Crown gall บริเวณกิ่งของต้นลำไย และเชื้อจุลินทรีย์จากกิ่งของต้นลำไยปกติ ในพื้นที่ตำบลดงดำ อำเภอลี้ จังหวัดลำพูน โดยเก็บตัวอย่างก้อนรอยโรค Crown gall ทั้งหมด 6 ตัวอย่าง และตัวอย่างกิ่งลำไยปกติ 3 ตัวอย่าง นำมาตรวจสอบเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) โดยใช้เทคนิค spread plate method ผลวิจัยพบว่าตัวอย่างก้อนรอยโรค Crown gall และตัวอย่างต้นลำไยมีเชื้อจุลินทรีย์แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งตัวอย่างก้อนรอยโรค Crown gall จากต้นลำไย พบแบคทีเรียแกรมลบ (Gram negative bacteria) ซึ่งเป็นกลุ่มเชื้อสาเหตุของโรค Crown gall และมีการเจริญของเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกชนิดต่าง ๆ และเชื้อราหลายชนิดเจริญร่วมด้วย ส่วนผลการคัดแยกเชื้อจุลินทรีย์จากกิ่งลำไยปกติไม่พบแบคทีเรียแกรมลบ และไม่พบการเจริญของเชื้อรา ดังนั้นงานวิจัยในครั้งนี้ จึงสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานรายงานเชื้อสาเหตุ และเชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญร่วมกันและอาจส่งเสริมการเกิดการติดเชื้อ

แบคทีเรียโรค Crown gall ที่ต้นลำไย สามารถใช้ประเมินผลกระทบจากต้นลำไยที่ติดเชื้อ และหาแนวทางในการป้องกัน เพื่อลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรค Crown gall ได้ต่อไป

คำสำคัญ : โรค Crown gall การคัดแยกเชื้อจุลินทรีย์ ลำไย จังหวัดลำพูน

Abstract

Currently, several reports of plant diseases caused by bacteria have been made. Many plants are affected by crown gall disease, including tomatoes, melons, beans and longan. Bacteria cause the crown gall disease as *Agrobacterium tumefaciens*. The infected plants revealed the convex lump (crown gall) at the trunk. The purpose of this research was to study the microorganisms associated with the causative agent of Crown gall disease from longan trees in Li District, Lamphun Province. And, to study the relationship of pathogenic bacteria and other microorganisms that co-culture with the causative agent, which could affect the spread of Crown gall disease in longan trees. In this research, the study of crown gall lesions from longan limbs and normal flora microorganisms from normal longan trees in Dong Dam Subdistrict, Li District, Lamphun Province, was conducted. There are 6 samples of Crown gall lesions and 3 samples of normal longan limbs that were collected. The total plate count method was performed by using the spread plate technique. The results showed that the Crown gall and normal longan limb samples differed significantly. The Crown gall from longan trees was found to contain gram-negative bacteria, which are the causative agents of Crown gall disease, and various types of gram-positive bacteria and fungi. However, the results of normal longan limbs had no Gram-negative bacteria and no fungal growth. Therefore, these results can be used as the basis for reporting the causative agent and microorganisms that can co-culture in Crown gall lesions from longan trees, for assessing infected longan trees, and as guidelines to prevent and reduce the risks of Crown gall disease in the future.

Keywords : Crown gall disease, Microbial isolation, longan, Lamphun Province

บทนำ

การเกิดโรคพืชและแมลงศัตรูพืช มีสาเหตุได้หลากหลาย อาจจำเพาะกับชนิดของพืช ทำให้พืชมีลักษณะผิดปกติด้านรูปร่าง สีสัน ความสูง และโครงสร้างความสมบูรณ์ ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต สาเหตุของการโรคพืชแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ (1) โรคพืชที่เกิดจากสิ่งมีชีวิต เชื้อสาเหตุโรค เช่น โรคเน่าระดับดิน หรือโรคกล้าเน่า สาเหตุจากเชื้อรา (*Pythium aphanidermatum*) โรคของพืชผักวงศ์พริกและมะเขือเทศ คือ โรคเหี่ยวแบคทีเรีย (Bacterial wilt or Vascularwilt) เกิดจากเชื้อสาเหตุ *Ralstonia solanacearum*, ไวรัส, ไวรอยด์, ไฟโตพลาสมา และไส้เดือนฝอย ก่อให้เกิดโรคติดเชื้อ (นิมิต และคณะ, 2562) (2) โรคพืชที่มีสาเหตุจากสิ่งไม่มีชีวิต เช่น ขาดแร่ธาตุ หรือมีธาตุอาหารมากเกินไป สภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม และสารเคมีเป็นพิษ ก่อให้เกิดโรคไม่ติดเชื้อ (Lacroix & Citovsky, 2013) ตัวอย่างเช่น โรคสำคัญของพืชตระกูล กะหล่ำ, พริก, แตง, ถั่ว เป็นต้น (ธิติยา และคณะ, 2555)

โรค Crown gall เป็นโรคของผักชนิดต่าง ๆ เกิดจากแบคทีเรียเป็นสาเหตุ มีรายงานการแยกเชื้อจุลินทรีย์จากผักที่เป็นโรคได้สำเร็จ พบว่ามีพืชชนิดต่าง ๆ มากกว่า 40 ตระกูลที่เป็นโรค Crown gall ได้แก่ มะเขือเทศ แตง บีท ถั่ว มันฝรั่ง แครอท กะหล่ำ ผักกาดหอม เป็นต้น (Aysan et al., 2003) ซึ่งผลวิจัยพบว่าโรค Crown gall เกิดจากแบคทีเรีย *Agrobacterium tumefaciens* เป็นสาเหตุให้มีอาการของโรคปุ่มปมที่โคนต้นพืชหลายชนิด เช่น ไม้ผล และองุ่น (Gelvin, 2000; Moriya et al., 2008) อาการปุ่มปมพบที่รากและหน่อ หากเกิดกับไม้เถาอาจทำให้รุนแรงจนต้นตายได้ เชื้อสามารถเจริญในดินเป็น saprophyte ได้หลายปี เชื้อสามารถเข้าทำลายรากและลำต้นที่อยู่ใกล้ระดับดิน โดยผ่านทางแผลที่เกิดจากการปฏิบัติทางการเกษตรต่าง ๆ การทาบกิ่ง และจากแมลงนำเชื้อเข้าไปเจริญอยู่ระหว่างเซลล์ และไปกระตุ้นให้เซลล์ที่อยู่โดยรอบ เชื้อจะมีการแบ่งเซลล์มากกว่าปกติ (Horuz et al., 2018) ซึ่งอาจเกิดที่ cortex หรือในชั้น cambium ขึ้นอยู่กับขนาดและความลึกของแผลที่ผิวชั้นนอกของพืช เนื้อเยื่อที่เป็นโรคจะโตให้เห็นภายใน 10-14 วัน หลังการเข้าสู่แผลแล้ว เซลล์ที่ติดเชื้อนี้จะเพิ่มจำนวนและขนาดของเซลล์จะเปลี่ยนรูปร่าง เกิดเป็นลักษณะที่ผิดปกติ (อุดมศักดิ์ เลิศสุชาตวนิช, 2563)

โรคแมลงศัตรูพืชที่ต้นลำไย มักพบว่าเกิดโรคพุ่มไม้กวาด (Witches broom) สาเหตุเกิดจากเชื้อ Mycoplasma ลักษณะอาการเหมือนพุ่มไม้กวาด ลำไยที่เป็นโรครุนแรงจะโทรม เมื่อออกดอกติดผลน้อย พันธุ์ลำไยที่อ่อนแอต่อโรคนี้ ได้แก่ พันธุ์เบี้ยวเขียวก้านอ่อน นอกจากนี้ยังพบโรคหงอย มีสาเหตุทำให้ใบเล็ก และคดงอ ลำต้นซีดลง เมื่อตัดกิ่งของลำไยที่เป็นโรคนี้มาตรวจ พบว่าไส้กลางเป็นสีน้ำตาล (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

โรคนี้เป็นกับต้นลำไยที่ออกดอกติดผลดี เกิดได้ทั้งต้นเล็กและต้นใหญ่ รวมทั้งโรคจุดสาหร่ายสนิม ที่มีลักษณะอาการส่วนใหญ่เกิดที่ใบ เป็นลักษณะจุดค่อนข้างกลม มีขนาด 0.5 - 1 ซม. ระยะเกิดสปอร์จะเป็นสีแดงสีสนิมเหล็ก ผิวมีลักษณะเป็นขุยคล้ายกำมะหยี่ ความรุนแรงจะปรากฏที่กิ่ง กิ่งที่ถูกแสงจะถูกทำลายโดยเกิดเป็นขุยเช่นเดียวกับใบ จะเป็นจุดหรือเกิดต่อเนื่องเป็นขุยสนิมเหล็ก ต่อมาขุยก็จะแห้งหายไป จุดที่ถูกทำลายเปลือกจะแตกและแห้งทำให้ใบเหลืองร่วง แสดงอาการทรุดโทรม ทั้งนี้เป็นเพราะรากเทียมของสาหร่ายเข้าไปชอนไชในเนื้อเยื่อดูดกินน้ำเลี้ยงและเซลล์เน่าตาย ทำให้ส่วนนั้นแห้งตายไป (Thomidis et al., 2005) และโรคราสีชมพู มีรอยโรคที่เกิดที่กิ่งโดยเฉพาะตรงง่ามของกิ่งหรือลำต้นกิ่งที่เป็นโรคใบจะปรากฏสีเหลืองซีดและเมื่อโรครุนแรงอาจทำให้ใบร่วงเหลือแต่กิ่ง บริเวณกิ่งที่ถูกทำลายจะมีคราบของเชื้อราสีขาวอมชมพูแผ่ขยายปกคลุม คล้ายทาด้วยสีชมพู เมื่อกิ่งแห้งจะเห็นคราบนี้ชัดขึ้นเป็นสีชมพูหรือสีปูนแห้ง นอกจากนี้ยังพบโรคราดำ ซึ่งเกิดจากการทำลายของแมลงพวกปากดูด เพลี้ยแป้ง เพลี้ยหอย แล้วถ่ายน้ำหวานมาปกคลุมส่วนต่าง ๆ ของลำไย และเชื้อราที่มีอยู่ในอากาศโดยเฉพาะเชื้อรา *Capnodium ramosum, Meliola euphoriae* จะปลิวผสมในส่วนที่เป็นน้ำหวาน ทำให้เกิดลักษณะสีดำของเชื้อราขึ้นปกคลุมใบ กิ่ง ช่อดอก และผิวของผล ทำให้เห็นเป็นคราบสีดำคล้ายเขม่าบนใบที่ถูกเคลือบด้วยแผ่นคราบดำของเชื้อรา หรือที่ดอกร่วงเพราะถูกเชื้อราดำเข้ามาเคลือบ

เนื่องจากลำไยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญโดยเฉพาะในพื้นที่ภาคเหนือ ปลูกกันมากในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน เชียงราย น่านและพะเยา เป็นผลไม้หลักของเกษตรกรในพื้นที่ รวมทั้งทำรายได้เข้าประเทศปีละหลายหมื่นล้านบาท ลำไยจึงเป็นพืชที่ให้ผลตอบแทนต่อหน่วยพื้นที่มาก จึงทำให้การปลูกลำไยเป็นอาชีพหลักของเกษตรกรในพื้นที่ทำวิจัย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับสาเหตุของโรค Crown gall จากต้นลำไยในพื้นที่อำเภอลี้ จังหวัดลำพูน และเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค Crown gall และเชื้อจุลินทรีย์ประจำถิ่นที่ส่งผลต่อการกระตุ้นให้เกิดโรค Crown gall ในต้นลำไย ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่นิยมทำเป็นอาชีพหลักของเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดลำพูน

วิธีการดำเนินการวิจัย

1) การเก็บตัวอย่างก้อนโรค Crown gall

การศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ของต้นลำไยในพื้นที่ตำบลดงดำ อำเภอลี้ จังหวัดลำพูน โดยสำรวจพื้นที่และเก็บตัวอย่างช่วงเดือนเมษายน-พฤษภาคม พ.ศ. 2565 เก็บก้อนรอยโรคจากกิ่งลำไย โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่หนึ่งคือตัวอย่างก้อนรอยโรค Crown gall และส่วนที่สองคือตัวอย่างต้นลำไยปกติ (ภาพที่ 1) เก็บตัวอย่างก้อนรอยโรค Crown gall มีตำแหน่งเก็บตัวอย่าง 2 ตำแหน่งคือ ตำแหน่งปลายกิ่ง (Branch) และตำแหน่งกิ่ง (limb)

ดังภาพที่ 2 ซึ่งเป็นบริเวณที่พบก้อนรอยโรคทั้งหมดจากต้นลำไยในพื้นที่โดยเก็บตัวอย่างทั้งหมด 3 ต้นต้นละ 2 ตำแหน่ง รวมการเก็บตัวอย่างก้อนรอยโรค Crown gall ทั้งหมด 6 ตัวอย่าง ดังนี้

(1) ตัวอย่างก้อนรอยโรค Crown gall จาก (limb) ต้นที่ 1 กำหนดสัญลักษณ์เป็น LI 1

(2) ตัวอย่างก้อนรอยโรค Crown gall จาก (limb) ต้นที่ 2 กำหนดสัญลักษณ์เป็น LI 2

(3) ตัวอย่างก้อนรอยโรค Crown gall จาก (limb) ต้นที่ 3 กำหนดสัญลักษณ์เป็น LI 3

(4) ตัวอย่างก้อนรอยโรค Crown gall จาก (branch) ต้นที่ 1 กำหนดสัญลักษณ์เป็น LI 4

(5) ตัวอย่างก้อนรอยโรค Crown gall จาก (branch) ต้นที่ 2 กำหนดสัญลักษณ์เป็น LI 5

(6) ตัวอย่างก้อนรอยโรค Crown gall จาก (branch) ต้นที่ 3 กำหนดสัญลักษณ์เป็น LI 6

การเก็บตัวอย่างต้นลำไยปกติ โดยเก็บตัวอย่างจากตำแหน่งกิ่งที่ไม่พบก้อนรอยโรค และทำการเก็บตัวอย่างกิ่งลำไย ต้นละ 1 ตำแหน่ง รวมตัวอย่างต้นลำไยปกติทั้งหมด 3 ตัวอย่าง ดังนี้

1.ตัวอย่างกิ่งลำไยที่ไม่พบก้อนรอยโรค ต้นที่ 1 กำหนดสัญลักษณ์เป็น (LI 1)

2.ตัวอย่างกิ่งลำไยที่ไม่พบก้อนรอยโรค ต้นที่ 2 กำหนดสัญลักษณ์เป็น (LI 2)

3.ตัวอย่างกิ่งลำไยที่ไม่พบก้อนรอยโรค ต้นที่ 3 กำหนดสัญลักษณ์เป็น (LI 3)



ภาพที่ 1 พื้นที่เก็บตัวอย่าง พื้นที่ตำบลดงดำ อำเภอลี้ จังหวัดลำพูน



ภาพที่ 2 ตำแหน่งเก็บตัวอย่างก้อนรอยโรค Crown gall บริเวณกิ่งและปลายกิ่งต้นลำไย

2) การเตรียมตัวอย่างจากก้อนโรค Crown gall

บดตัวอย่างก้อนโรค Crown gall และกิ่งลำไยปกติ โดยบดเป็นผงละเอียด และเก็บใส่ถุงสะอาดปิดให้สนิท จากนั้นเตรียมน้ำกลั่นสะอาด (Sterile distilled water) ขวดละ 90 มิลลิลิตร นำผงละเอียดของตัวอย่างพืช 10 กรัม ใส่ในน้ำกลั่นที่เตรียมไว้เพื่อให้ตกตะกอนประมาณ 3 ชั่วโมง จึงนำส่วนใสด้านบนใช้ในการทดสอบการคัดแยกเชื้อจุลินทรีย์จากตัวอย่างพืชต่อไป

3) การคัดแยกและตรวจสอบเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดจากตัวอย่างพืช

ทำการทดสอบด้วยวิธีมาตรฐาน (standard method) ด้วยการตรวจนับจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) ใช้วิธีการ Spread plate method โดยนำส่วนใสที่ได้จากข้อ 2 นำมาเจือจางเจือจาง (Dilution) แบบ 10 เท่าลำดับส่วน (10-fold serial dilution) และใช้เทคนิคการทำให้ปราศจากเชื้อในตู้ Biosafety cabinet (BSC) จากนั้นนำมาทดสอบด้วยวิธี Spread plate ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ Trypticase Soy Agar (TSA) และเพาะเลี้ยงที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จึงอ่านผลจุลินทรีย์ทั้งหมด (Rhouma et al., 2005)

4) การตรวจสอบกลุ่มชนิดของเชื้อจุลินทรีย์

ตรวจสอบลักษณะโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่พบในแต่ละตัวอย่างพืช จากนั้นนำแต่ละชนิดโคโลนี (isolate) นำมาระบุกลุ่มแบคทีเรียด้วยการย้อมสีแกรม (gram's stain) และย้อมสี lactophenol cotton blue เพื่อระบุกลุ่มของเชื้อรา

ผลการวิจัย

1. ผลการคัดแยกและตรวจสอบเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดจากตัวอย่างพืช

ผลการตรวจสอบลักษณะการเจริญของแบคทีเรียจากตัวอย่างก้อนรอยโรค Crown gall จากต้นลำไย และตัวอย่างกิ่งลำไยปกติในพื้นที่ตำบลดงดำ อำเภอลี้ จังหวัดลำพูน พบว่าลักษณะโคโลนีชนิดที่พบมากที่สุดจากตัวอย่างก้อนโรค Crown gall เป็นลักษณะโคโลนีของเชื้อแบคทีเรีย มีลักษณะสีขาว นูน ไม่มันวาว ขนาดโคโลนีมีขนาดใหญ่ (5-15 มิลลิเมตร) ดังแสดงในภาพที่ 3 และพบเชื้อราได้เฉพาะจากตัวอย่างก้อนโรค Crown gall เป็นลักษณะโคโลนีของยีสต์ โคโลนีสีขาว มันวาว ขนาด 2-3 มิลลิเมตร และลักษณะโคโลนีของเชื้อราเส้นสาย (filamentous fungi) ลักษณะโคโลนี fluffy สีขาว ดังแสดงในภาพที่ 4



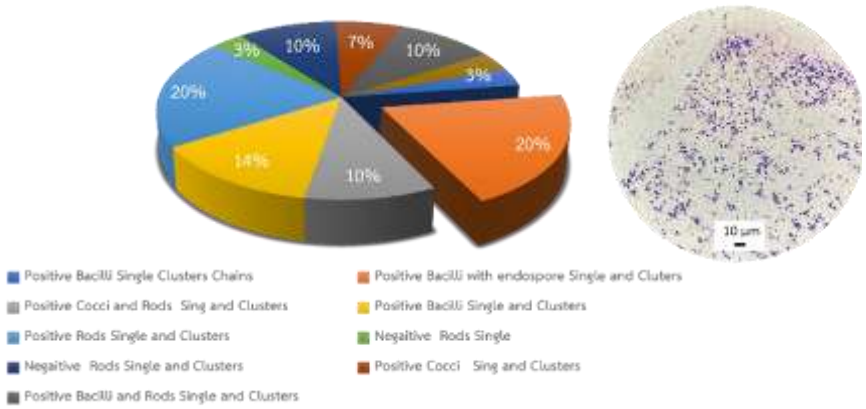
ภาพที่ 3 ตัวอย่างลักษณะโคโลนีของเชื้อแบคทีเรียที่คัดแยกได้จากตัวอย่างก้อนโรค Crown gall



ภาพที่ 4 ตัวอย่างลักษณะโคโลนีของเชื้อราที่คัดแยกได้จากตัวอย่างจากตัวอย่างก้อนโรค Crown gall

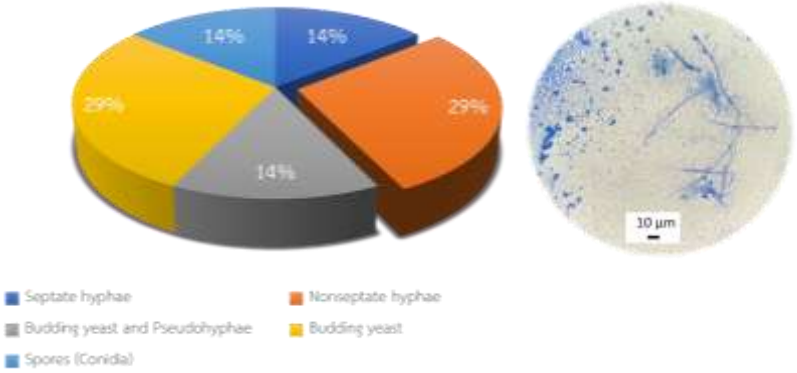
2. ผลการตรวจสอบกลุ่มชนิดของเชื้อจุลินทรีย์จากตัวอย่างพืช

ผลการตรวจสอบกลุ่มชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ที่คัดแยกได้จากตัวอย่างก้อนโรค Crown gall และตัวอย่างกิ่งลำไยปกติ ด้วยการย้อมสีแกรม (gram's stain) พบว่าตัวอย่างก้อนโรค Crown gall มีเชื้อแบคทีเรียมากกว่ากิ่งลำไยปกติ และพบเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกกลุ่ม Bacillus sp. มากที่สุด (20.0%) และพบแบคทีเรียแกรมลบน้อยที่สุด (3.0%) ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ผลการตรวจสอบกลุ่มชนิดของเชื้อแบคทีเรียจากตัวอย่างก้อนโรค Crown gall

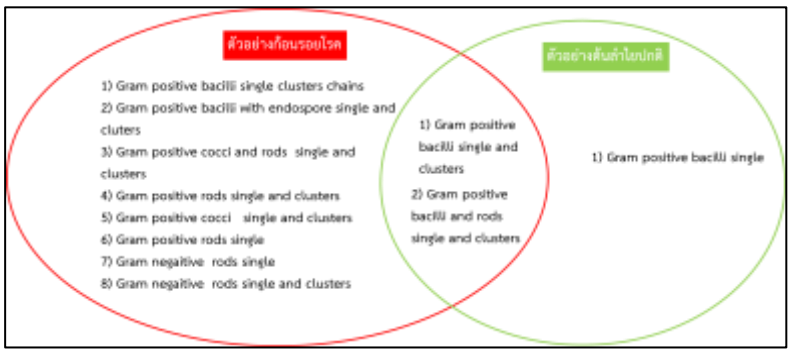
ผลการตรวจสอบกลุ่มชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ที่คัดแยกได้จากตัวอย่างก้อนโรค Crown gall และตัวอย่างกิ่งลำไยปกติ ไม่พบเชื้อราจากตัวอย่างกิ่งลำไยปกติ แต่พบเชื้อราจากตัวอย่างก้อนโรค Crown gall จึงนำมาย้อมสี lactophenol cotton blue ผลวิจัยพบว่าตัวอย่างก้อนโรค Crown gall มีพบเชื้อรากลุ่มราเส้นสาย (filamentous fungi) และเป็นกลุ่มที่มีเส้นใยแบบ non-septate มากที่สุด (29.0%) ดังแสดงในภาพที่ 6



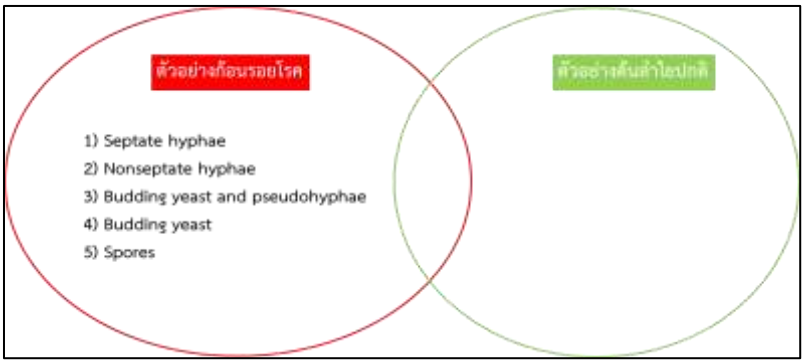
ภาพที่ 6 ผลการตรวจสอบกลุ่มชนิดของเชื้อราจากตัวอย่างก้อนโรค Crown gall

3. ผลการเปรียบเทียบเชื้อจุลินทรีย์ที่คัดแยกได้จากตัวอย่างก้อนโรค Crown gall และจากกิ่งลำไยปกติ

จากผลการคัดแยกเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด จึงนำผลมาวิเคราะห์เปรียบเทียบเชื้อจุลินทรีย์ที่คัดแยกได้จากตัวอย่างก้อนโรค Crown gall และจากกิ่งลำไยปกติ พบว่าตัวอย่างก้อนโรค Crown gall พบแบคทีเรีย 10 ไอโซเลท ส่วนกิ่งลำไยปกติพบแบคทีเรีย 3 ไอโซเลท โดยมีชนิดที่เหมือนกัน 2 ไอโซเลท ดังแสดงในภาพที่ 7 และผลการตรวจสอบเชื้อรา พบว่าตัวอย่างก้อนโรค Crown gall พบเชื้อรา 5 ไอโซเลท ส่วนกิ่งลำไยปกติไม่พบเชื้อรา ดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 7 ผลการเปรียบเทียบเชื้อแบคทีเรียที่คัดแยกได้จากตัวอย่างก้อนโรค Crown gall และจากกิ่งลำไยปกติ



ภาพที่ 8 ผลการเปรียบเทียบเชื้อราที่คัดแยกได้จากตัวอย่างก้อนโรค Crown gall และจากกิ่งลำไยปกติ

วิจารณ์ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดแยกเชื้อจุลินทรีย์จากก้อนโรค Crown gall ที่เกิดการติดเชื้อทำให้เกิดความเสียหายแก่ต้นลำไย ในพื้นที่ตำบลดงดำ อำเภอลี้ จังหวัดลำพูน จึงทำการเปรียบเทียบผลการคัดแยกเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดจากก้อนโรค Crown gall กับกิ่งลำไยปกติที่ไม่มีการติดเชื้อ พบว่าตัวอย่างก้อนรอยโรค Crown gall พบเชื้อแบคทีเรียมากกว่าตัวอย่างกิ่งลำไยปกติ และก้อนโรค Crown gall พบเชื้อรา 5 ไอโซเลท ซึ่งผลจากตัวอย่างกิ่งลำไยปกติไม่พบเชื้อรา ดังนั้นเมื่อเกิดโรค Crown gall และมีการติดเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราร่วมด้วย ทำให้ทวีความรุนแรงของก้อนรอยโรค Crown gall จึงอาจช่วยให้ก้อนรอยโรคมีขนาดขยายใหญ่ขึ้น อีกทั้งการกระจายของก้อนรอยโรคไปยังต้นอื่นที่อยู่บริเวณใกล้เคียง สอดคล้องรายงานผลการวิจัยเชื้อก่อโรคที่อาศัยอยู่ในดินและอยู่ในระบบของต้นองุ่น ที่อาจเจริญในก้อนโรค Crown gall ในเนื้อเยื่อของเถาองุ่น ทำให้ได้รับความเสียหายในระบบเนื้อเยื่อต่าง ๆ โดยการทำลายเนื้อเยื่อของท่อลำเลียงของเถาองุ่น และการติดเชื้อที่รุนแรงทำให้ผลผลิตลดลงหรือเนื้อเยื่อตายในที่สุด (Diana & Dejeu, 2011) เช่นเดียวกับพืชเศรษฐกิจในภาคเหนือของประเทศไทย เช่น ลำไย มะม่วง เป็นต้น (ชวิศา ทองรัตน์, 2563) เมื่อพบว่าเกิดโรค Crown gall เกษตรกรจำเป็นต้องตัดกิ่งที่เกิดโรค Crown gall ทิ้ง เพื่อไม่ให้เกิดการแพร่กระจายของเชื้อในวงกว้าง ทำให้ไม่มีผลผลิตลำไยตามความต้องการ และส่งผลต่อรายได้ของเกษตรกรเป็นอย่างมาก

อย่างไรก็ตามจากผลวิจัยครั้งนี้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการศึกษาวิเคราะห์ชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญร่วมกับเชื้อแบคทีเรียสาเหตุของโรค Crown gall เพื่อเป็นข้อมูลในการหาแนวทางการรักษา และป้องกันการเกิดโรค Crown gall ในพืชเศรษฐกิจของประเทศ เช่น ลำไย เป็นต้น ทำให้ลดความสูญเสียผลผลิตทางการเกษตรได้อย่างยั่งยืนต่อไป

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้ได้สนใจศึกษาการคัดแยกเชื้อจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดโรค Crown gall จากต้นลำไยในพื้นที่ตำบลดงดำ อำเภอลี้ จังหวัดลำพูน โดยศึกษาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) และตรวจสอบกลุ่มชนิดของจุลินทรีย์ที่คัดแยกได้จากก้อนโรค Crown gall จำนวน 6 ตัวอย่าง เปรียบเทียบกับกิ่งต้นลำไยปกติที่ไม่เป็นโรค ผลการวิจัยพบว่าตัวอย่างก้อนรอยโรค Crown gall พบเชื้อแบคทีเรีย 10 ไอโซเลท ประกอบด้วยแบคทีเรียแกรมบวก (Gram positive bacteria) และแบคทีเรียแกรมลบ (Gram negative bacteria) และพบเชื้อรา 5 ไอโซเลท ซึ่งผลการตรวจสอบกิ่งลำไยต้นปกติไม่พบการเจริญของแบคทีเรียแกรมลบ (Gram negative bacteria) และไม่พบการเจริญของเชื้อรา ดังนั้นเชื้อจุลินทรีย์ที่พบในตัวอย่างก้อนรอยโรค Crown gall และตัวอย่างต้นลำไยปกติมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากลักษณะก้อนรอยโรค Crown gall เป็นความผิดปกติของต้นลำไยและพบแบคทีเรียแกรมลบ (Gram negative bacteria) เป็นกลุ่มที่ก่อให้เกิดโรค Crown gall โดยแบคทีเรียสามารถเข้าทำลายเนื้อเยื่อต้นลำไย เมื่อเนื้อเยื่อของต้นลำไยเสียสมดุลจึงเป็นผลส่งเสริมให้จุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ เช่น เชื้อรา สามารถเจริญร่วมกันและก่อให้เกิดความเสียหายแก่พืชได้มากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณภาควิชาชีววิทยา และศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ในการเอื้อเฟื้อและสนับสนุนอุปกรณ์ และสถานที่ในการศึกษาวิจัยเป็นอย่างดียิ่ง

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. *Sphacemola* spp.สาเหตุโรคสแคปของพืชต่างๆ ในประเทศไทย. 2547. สำนักงานเลขานุการ กรมวิชาการเกษตร. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพ.

ชวิศา ทองรัตน์. 2563. การคัดเลือกแบคทีเรียและราที่แยกได้จากดินบริเวณรอบรากของปาล์มน้ำมันเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของมะเขือเทศและควบคุมราสาเหตุโรคพืช (ปริญญานิพนธ์ปริญามหาบัณฑิต) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ธิติยา สารพัฒน์, มนตรี เอี่ยมวิมังสา และไตรเดช ข่ายทอง. 2555. การจัดการโรครากปมของฝรั่ง. กลุ่มวิจัยโรคพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช.

นิมิต วงศ์สุวรรณ และพีระยศ แข็งขัน. 2562. ประโยชน์ของปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชเศรษฐกิจ. วารสารเกษตรพระวรุณ. 16(1): 19-33.

อุดมศักดิ์ เลิศสุชาตวนิช. 2563. รู้ทันโรคพืช คู่มือดูแลสุขภาพต้นไม้ด้วยตัวเอง. บ้านและสวน. กรุงเทพฯ.

Aysan, Y., Sahin, F., Mirik, M., Donmez, M.F. & Tekman, H. 2003. First report of crown gall of apricot (*Prunus armeniaca*) caused by *Agrobacterium tumefaciens* in Turkey. Plant Pathology. 52: 793.

Gelvin, S.B. 2000. Agrobacterium and plant genes involved in TDNA transfer and integration. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. 51: 223-256.

Horuz, S., Kemal, B. K., Kusek & M., Aysan., Y. 2018. Crown Gall Disease Susceptibility of Some Stone Fruit Rootstocks in Turkey. Journal of Agricultural Sciences. 24: 439-444.

Lacroix, B. & Citovsky, V. 2013. The roles of bacterial and host plant factors in Agrobacterium-mediated genetic transformation. The International Journal of Developmental Biology. 57: 467-81.

Moriya, S., Iwanami, H., Takahashi, S., Kotoda, N., Suzaki, K. & Abe, K. 2008. Evaluation and inheritance of crown gall resistance in apple rootstocks. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science. 77(3): 236-241.

Rhouma, A., Boubaker, A., Nesme, X. & Dessaux, Y. 2005. Susceptibility of some stone and pome fruit rootstocks to crown gall. Phytopathologia Mediterranea. 44: 275-284.

Thomidis, T., Exadaktylou, E. & Tsipouridis, C. 2005. Susceptibility of five Prunus rootstocks to *Agrobacterium tumefaciens*. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science. 33: 343-345.

Vizitiu, D.B. & Dejeu, L. 2011. Crown gall (*Agrobacterium* spp.) and grapevine. Journal of Horticulture Forestry and Biotechnology. 15(1): 130-138.

Zoina, A. & Raio, A. 1999. Susceptibility of some peach rootstocks to crown gall. Journal of Plant Pathology. 81: 181-187.

การพัฒนาเจลมอยส์เจอไรเซอร์ที่บรรจุสารอัลฟา-แมงโกสตินด้วยระบบนีโอโซม

Development of a Gel Moisturizer Containing Alpha-Mangostin Encapsulated in Niosomes

บุษบา แซ่ลิ้ม[1], ธวัลรัตน์ สมัครกสิการ[2], ธันยาภัทร์ ศากยะโกเศศ[3], ณัฐริกา หาระไกร[4] และ พนิดา แสนประกอบ พรอุดมทรัพย์[5]

Butsaba Saelim[1], Thavanrat Samakkasikarn[2], Thanyapat Sakayakoses[3], Nattarika Harakai[4] and Panida Saenprakob Pornudomthap[5]

[1,2,3,4,5]สาขาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร เลขที่ 9 ถนนแจ้งวัฒนะ แขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน กรุงเทพมหานคร 10220

[1,2,3,4,5]Department of Cosmetic Science, Faculty of Science and Technology, Phranakon Rajabhat University, Bangkok 10220

*Corresponding author Email: panida@pnru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเจลมอยส์เจอไรเซอร์ที่บรรจุสาร alpha-mangostin จากเปลือกมังคุด โดยใช้ระบบนำส่งแบบ นีโอโซม (niosomal delivery system) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการนำส่งสารออกฤทธิ์สู่ผิวหนัง เปลือกมังคุดแห้งถูกนำมาสกัดด้วยวิธี maceration โดยใช้เอทานอล 95% (v/v) ในอัตราส่วนตัวอย่างต่อตัวทำละลาย 1:3 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ได้สารสกัดหยาบปริมาณ 74.35 กรัม คิดเป็นร้อยละผลได้ (%yield) เท่ากับ 24.78% จากนั้นนำไปแยกองค์ประกอบด้วยเทคนิคคอลัมน์โครมาโทกราฟี และตรวจสอบด้วยเทคนิค TLC เทียบกับสารมาตรฐาน จนได้สาร alpha-mangostin บริสุทธิ์ในลักษณะเป็นผงสีเหลือง น้ำหนัก 0.1363 กรัม ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของ alpha-mangostin ถูกประเมินด้วยวิธี DPPH พบว่ามีค่า IC_{50} เท่ากับ 54.48 µg/mL แสดงถึงศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระ นีโอโซมถูกเตรียมโดยใช้สารลดแรงตึงผิวชนิด Tween 60 และประเมินลักษณะทางสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงกำลังขยาย 100 เท่า พบโครงสร้างแบบเวสิเคิลที่เหมาะสมต่อการเป็นพาหะนำส่งสารออกฤทธิ์ เจลมอยส์เจอไรเซอร์ที่พัฒนาขึ้นมีลักษณะเป็นเจลสีเหลืองอ่อน เนื้อบางเบา ให้ความชุ่มชื้นแก่ผิว ไม่เหนียวเหนอะหนะ และมีค่า pH อยู่ในช่วง 4.5 ถึง 5.5 ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า เจลมอยส์เจอไรเซอร์ที่บรรจุสารอัลฟา-แมงโกสตินในระบบนีโอโซมมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางสำหรับการบำรุงผิว โดยระบบนีโอโซมสามารถช่วยเพิ่มเสถียรภาพของสารสำคัญและส่งเสริมประสิทธิภาพในการนำส่งสารออกฤทธิ์สู่ผิวหนังได้อย่างเหมาะสม

คำสำคัญ: มังคุด ; อัลฟา-แมงโกสติน; เปลือกมังคุด; นีโอโซม; เจลมอยส์เจอไรเซอร์;

Abstract

This study aimed to develop a moisturizing gel containing alpha-mangostin extracted from mangosteen pericarp using a niosomal delivery system to enhance the delivery of the active compound to the skin. Dried mangosteen pericarp was extracted by maceration using 95% (v/v) ethanol at a sample-to-solvent ratio of 1:3 for 24 hours. The crude extract obtained was 74.35 g with a percentage yield of 24.78%. The extract was further purified by column chromatography and analyzed by thin-layer chromatography (TLC) compared with a standard, resulting in purified alpha-mangostin as a yellow powder with a weight of 0.1363 g. The antioxidant activity of alpha-mangostin was evaluated using the DPPH assay, showing an IC_{50} value of 54.48 µg/mL, indicating strong free radical scavenging activity. Niosomes were prepared using Tween 60 as a surfactant and their morphological characteristics were examined under a light microscope at 100× magnification, revealing vesicular structures suitable for use as a delivery carrier. The developed moisturizing gel appeared as a light yellow, lightweight gel with good spreadability and skin feel, and the pH value was in the range of 4.5 to 5.5 The findings of this study demonstrate that the niosome-encapsulated alpha-mangostin gel moisturizer has potential for further development as a cosmetic product for skin care applications. The niosomal system may enhance the stability of the active compound and improve its delivery efficiency to the skin.

Keywords: *Garcinia mangostana;* Alpha-mangostin; Mangosteen pericarp; Niosomes; Moisturizing gel;

บทนำ

มังคุด (Garcinia mangostana L.) โดยเฉพาะเปลือกมังคุดประกอบด้วยสารแซนโทนเป็นสารประกอบตามธรรมชาติจัดอยู่ในกลุ่มสารฟลาโวนอยด์ พบได้มากในส่วนของเปลือกผลมังคุด โดยมีสาร Alpha-mangostin กับ Gamma-mangostin เป็นสารแซนโทนหลักที่พบมาก ซึ่งสาร Alpha-mangostin มีความสามารถในการยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระ และยับยั้งเอนไซม์ cyclooxygenase (COX) และ lipoxygenase (LOX) (Pedraza-Chaverri et al., 2008) จึงทำให้สารนี้มีศักยภาพสูงในการต้านอนุมูลอิสระและลดการอักเสบของผิวหนัง ในปัจจุบันได้มีการค้นคว้าและวิจัยถึงคุณประโยชน์ของสารสกัดจากเปลือกมังคุดนั้นมีฤทธิ์ทางชีวภาพมากมายทั้งฤทธิ์ในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ การออกฤทธิ์ในการต้านการอักเสบ ฤทธิ์ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ และ

ฤทธิ์สมานแผล (KURDI, 2021) มีรายงานทางวิทยาศาสตร์จำนวนมากที่กล่าวถึงการประยุกต์ใช้สารสกัดจาก Alpha-mangostin ในด้านการยับยั้งการเจริญของ Propionibacterium acnes และ Staphylococcus epidermidis (Pothitirat et al., 2009) ที่เป็นสาเหตุของการเกิดสิว

อย่างไรก็ตามการนำ Alpha-mangostin มาใช้ในทางเภสัชกรรมยังคงเผชิญกับข้อจำกัดด้านคุณสมบัติทางกายภาพ (Kansem et al., 2025) เนื่องจากสาร Alpha-mangostin ในเปลือกมังคุด มีความชอบไขมันสูง การละลายน้ำต่ำ ทำให้ซึมผ่านผิวได้ยาก จึงทำให้ประสิทธิผลทางชีวภาพลดลง (Gan Siaw Chin 2016) เพื่อเอาชนะข้อจำกัดดังกล่าว ผู้วิจัยจึงนำนวัตกรรมเทคโนโลยีนีโอโซม (Niosome) มาใช้เป็นระบบนำส่งสารออกฤทธิ์ เนื่องจากนีโอโซมเป็นระบบนำส่งสารแบบเวสิเคิลที่สามารถห่อหุ้มสารที่มีความไม่คงตัวและมีความชอบไขมันสูง โดยประกอบด้วยสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่ประจุ (non-ionic surfactant) และคอเลสเตอรอล ซึ่งสามารถสร้างชั้นเยื่อหุ้มสองชั้น (bilayer) ที่มีคุณสมบัติที่ชอบน้ำและชอบไขมัน (Kumar & Rajeshwarrao, 2011) ระบบนี้สามารถห่อหุ้มสารออกฤทธิ์ที่มีความไม่คงตัว เช่น Alpha-mangostin ช่วยเพิ่มความคงตัว ควบคุมการปลดปล่อยสารเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการซึมผ่านผิวหนัง และลดการเสื่อมสลายของสาร (Mawazi et al. 2022) โดยเฉพาะในผลิตภัณฑ์รูปแบบมอยส์เจอไรเซอร์ที่ต้องการปลดปล่อยสารอย่างต่อเนื่องและมีความปลอดภัยต่อผิวระยะยาว

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งพัฒนาและประเมินนีโอโซม(Niosome)ที่บรรจุ Alpha-mangostin เพื่อเพิ่มความคงตัวและประสิทธิภาพการออกฤทธิ์ของสารในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง ในรูปแบบมอยส์เจอไรเซอร์แบบเจล (Mawazi et al., 2022; Phan et al., 2020) ด้วยเหตุนี้นีโอโซม(Niosome)จึงได้รับความสนใจอย่างมากในฐานะตัวพาสารออกฤทธิ์ในเวชสำอาง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.เพื่อสกัดและตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารAlpha-mangostin จากเปลือกมังคุด และกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) ของสารสกัด

2.เพื่อพัฒนาและตั้งตำรับมอยส์เจอไรเซอร์แบบเจลที่มีส่วนผสมของสารสกัดAlpha-mangostin บรรจุในนีโอโซม

3.เพื่อประเมินคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ pH, สี, ความหนืด

ขอบเขตงานวิจัย

1.ขอบเขตด้านตัวอย่าง

เปลือกมังคุดที่นำมาสกัดสารสำคัญ Alpha-mangostin

นีโอโซมที่บรรจุสารสกัด

มอยส์เจอไรเซอร์แบบเจล

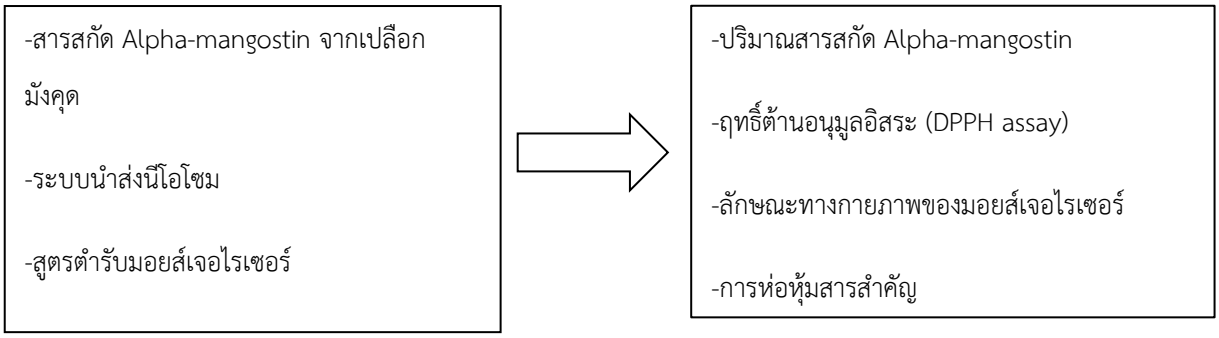
2.ขอบเขตด้านเนื้อหาสาระ

ศึกษาการสกัดสาระสำคัญ Alpha-mangostin จากเปลือกมังคุด การพัฒนานีโอโซมที่บรรจุสารสกัด การพัฒนาสูตรตำรับมอยส์เจอไรเซอร์แบบเจล และการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และฤทธิ์ทางชีวภาพ

3.ขอบเขตด้านเวลา

งานวิจัยนี้ใช้เวลาดำเนินการตั้งแต่ เดือนมิถุนายน 2568 – เดือนกุมภาพันธ์ 2569

กรอบแนวคิด



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัย

การเตรียมสารสกัดเปลือกมังคุด

เตรียมเปลือกมังคุด ด้วยวิธีการหมัก (maceration) อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำมาทุบเป็นชิ้นเล็กๆจากนั้นใส่ในเครื่องบดละเอียดให้ออกมาเป็นผงแห้ง ชั่งผงเปลือกมังคุด 300 กรัม หมักด้วยตัวทำละลายเอทานอล95% 900 มิลลิลิตร (อัตราส่วน 1:3) หมักทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากครบกำหนดกรองด้วยชุดกรอง buchner funnel แล้วทำการหมักซ้ำด้วยเอทานอล95% อีก 24 ชั่วโมง ทำการหมักซ้ำจนสารละลายสีจางลง นำสารสกัดที่ได้มาทำให้แห้ง ด้วยเครื่องระเหยแห้ง rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 45 rpm นำสารที่ได้เก็บไว้ในขวดแก้ว เพื่อเตรียมเป็นขั้นตอนต่อไป

เทคนิคการแยกสารออกฤทธิ์จากเปลือกมังคุดด้วยคอลัมน์โครมาโตกราฟี

โดยเริ่มจากการนำคอลัมน์แก้ว อุดปลายด้านล่างเหนือก๊อกหยด (stop-cock)ด้วยสำลี ป้องกันไม่ให้ตัวดูดซับรั่วไหล จากนั้นเติมทรายละเอียดเกรดแยกสารบริสุทธิ์ 5 g เป็นชั้นรองรับ ชั่ง Silica Gel 40 กรัม ผสม Silica Gel กับตัวทำละลาย n-hexane : ethylacetate (อัตราส่วน 9:1) จนได้สารแขวนลอย เทลงในคอลัมน์อย่างระมัดระวัง พร้อมล้างภาชนะด้วยตัวทำละลายเพิ่มเติม ปริมาณ 50 ml (อัตราส่วน 4:1) เพื่อให้ Silica Gel ไหลลงคอลัมน์ จากนั้นไล่ตัวทำละลายออกจากคอลัมน์จนมีความสูงของชั้น Silica Gel 1 เซนติเมตร และเติมทรายสะอาด 6 g จากนั้นเตรียมสารสกัดโดยชั่งสารสกัดเปลือกมังคุด 1.5 กรัม ละลายในเอทานอล 95% 5 ml เขย่าด้วยเครื่อง Sonicator จากนั้นเติมตัวอย่างลงในคอลัมน์อย่างช้า ๆ ชะล้างด้วยเอทานอลปริมาตร 22 ml เติมทรายสะอาด 6 g สูง 1 เซนติเมตร เติมตัวทำละลาย n-hexane : ethylacetate ไล่ความมีขั้วจากอัตราส่วน 10:0 ไปยัง 5:5 โดยปรับให้มีอัตราการไหลคงที่ เก็บส่วนที่ไหลออกเป็น Fraction ทุกช่วงเวลา 6 นาที 33 วินาที เก็บในหลอดทดลอง ตามลำดับเพื่อความต่อเนื่องในการแยกสาร

การวิเคราะห์ทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี (Thin Layer Chromatography, TLC)

นำสารสกัดเปลือกมังคุดที่ได้ มาวิเคราะห์เพื่อหาสารอัลฟ่า-แมงโกสติน ด้วยเทคนิค TLC โดยทำการผสม mobile phase โดยใช้ n-hexane : Ethyl acetate อัตราส่วน 3:2 เตรียมสารมาตรฐานอัลฟ่า-แมงโกสติน 5mg ละลายด้วยเมทานอล 5ml จากนั้นนำสารสกัดเปลือกมังคุด spot ลงบนแผ่น TLC เทียบกับสารมาตรฐานอัลฟ่า-แมงโกสติน แล้วนำไปจุ่มลงใน TLC tank รอประมาณ 1 นาที สังเกตแผ่น TLC ว่า mobile phase ถึงขีดที่กำหนด จากนั้นคีบออกมาและนำไปวางในตู้ดูดควันเผื่อให้แห้งประมาณ 3 นาที และนำไปส่องหาสารภายใต้แสงยูวี สารที่พบสารอัลฟ่า-แมงโกสตินเมื่อเทียบกับสารมาตรฐาน นำไประเหยด้วยเครื่องระเหยแห้ง Rotary Evaporation จากนั้นเทสารที่ระเหยได้ลงในจานเพาะเชื้อ นำเข้าอบที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส จนกว่าจะแห้งเป็นผง และนำไปใส่ในขวดสีชา

การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูนอิสระ (DPPH Assay)

การศึกษาการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2- diphenyl -1- picrylhydrazy! (DPPH) radical assay โดยเทียบกับสารมาตรฐาน ascorbic acid โดยเตรียมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.152 mM ในเอทานอล เตรียมสารละลายแอลฟ่าแมงโกสทีน และ Ascorbic Acid ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร จากนั้นเจือจางเป็นหลายระดับความเข้มข้น สารละลายตัวอย่างและสารมาตรฐานทำปฏิกิริยากับ DPPH นำไปบ่มในที่มืด 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วย เครื่อง Microplate Reader ที่ความยาว 517 นาโน

เมตร และคำนวณหาค่า % inhibition แล้วนำไปสร้างกราฟเพื่อหาค่า IC_{50} เพื่อประเมินประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ

การเตรียมตำรับระบบนำส่งรูปแบบนีโอโซม

การเตรียมนีโอโซมที่บรรจุสารสกัดเปลือกมังคุดโดยเทคนิค Thin film hydration โดยใช้ tween 60 และคอเลสเตอรอล อัตราส่วน 1:1 ผสมและทำละลายด้วยตัวทำลาย chloroform และ Methanol อัตราส่วน 1:1 นำไประเหยแห้งด้วยเครื่อง Rotary Evaporation ด้วยอุณหภูมิ 35 องศา ความเร็วรอบ 50 rpm ระเหยจนแห้งและเหลือแต่ฟิล์มบาง จากนั้นเก็บไว้ในตู้ดูดความชื้นเป็นเวลา 1 คืน เติมสาร Alpha-mangostin และสาร Butylene Glycol จากนั้นเติมน้ำให้ครบ 50 ml จะได้สารอัลฟ่า-แมงโกสติน ความเข้มข้นเท่ากับ 2 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร จากนั้นเขย่าด้วยเครื่อง shaker เพื่อให้เกิดการฟอร์มตัวอนุภาคนีโอโซมที่จัดเรียงตัวหลายชั้น และนำไปทำการลดขนาดของนีโอโซมด้วยการใช้วิธี sonication ด้วยเครื่อง ultrasonic bath เป็นเวลา 7 นาที

ผลการวิจัย

ปริมาณเปลือกมังคุดที่สกัดได้

การสกัดเปลือกมังคุดด้วยวิธี maceration ใช้ตัวทำละลายเอทานอล ความเข้มข้นที่ 95 % (v/v) ในอัตราส่วน 1:3 สารสกัดที่ได้มีลักษณะทางกายภาพเป็นสารข้นหนืดสีน้ำตาลเข้ม และได้สารสกัดหยาบปริมาณ 74.35 กรัม คิดเป็นร้อยละผลได้ (%yield) เท่ากับ 24.78% ของน้ำหนักผงเริ่มต้น แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 น้ำหนักและผลผลิตร้อยละของสารสกัดเปลือกมังคุด

	น้ำหนัก (กรัม)		
เปลือกมังคุด	ผงเปลือกมังคุดแห้ง	สารสกัด	ผลผลิตร้อยละ
	300	74.35	24.78



ภาพที่ 2 แสดงลักษณะของสารสกัดเปลือกมังคุดที่ได้จากการสกัด

การแยกสารด้วย Column Chromatography

สารสกัดหยาบจากเปลือกมังคุดซึ่งได้จากกระบวนการสกัดด้วยเอทานอล 95% (v/v) ถูกนำมาแยกองค์ประกอบด้วยเทคนิคคอลัมน์โครมาโทกราฟี (Column Chromatography) สามารถเก็บ fraction ได้ทั้งหมด 41 fraction ต่อหนึ่งคอลัมน์ โดยแต่ละ fraction มีปริมาตรประมาณ 10 mL ต่อหลอด และมีลักษณะของสีและความใสแตกต่างกัน โดยพบว่าตั้งแต่ fraction 9 ถึง 50 จะได้สาร **α**-mangostin อยู่ที่ 0.1363 กรัม คิดเป็นร้อยละผลผลิตเท่ากับ 9.09% เมื่อเทียบกับปริมาณสารสกัดหยาบ 1.5 กรัม



(ก) (ข)

ภาพที่ 3 ลักษณะของfractionที่ได้จากการแยกสารสกัดเปลือกมังคุดด้วยเทคนิคคอลัมน์โครมาโทกราฟี (ก) fractionที่เก็บได้ทั้งหมดจากหนึ่งคอลัมน์ (ข)

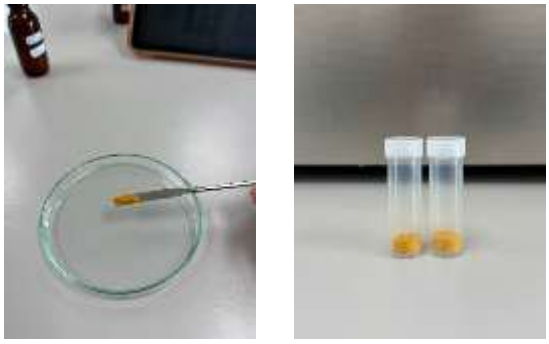
การวิเคราะห์ด้วย Thin Layer Chromatography (TLC)

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าเมื่อนำสารสกัดแต่ละชั้นมาติดตามองค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค TLC เทียบกับสารมาตรฐาน โดยใช้ระบบตัวทำละลาย n-hexane:ethyl acetate ในอัตราส่วน 3:2 ติดตามด้วย UV 254 nm พบว่าสารสกัดเปลือกมังคุดใน fraction 9 ถึง fraction 50 ของหนึ่งคอลัมน์ ปรากฏจุดสารหลักที่ตำแหน่งเดียวกันกับสารมาตรฐาน **α**-mangostin มีค่า Rf ของสารตัวอย่างเท่ากับ 0.69 ซึ่งสอดคล้องกับค่า Rf ของสารมาตรฐาน **α**-mangostin ที่มีค่าเท่ากับ 0.69 fractionที่มีค่า Rf ใกล้เคียงกันถูกนำมารวมเข้าด้วยกัน

และทำการระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่อง Rotary evaporator จนแห้ง ได้สาร α-mangostin บริสุทธิ์ในลักษณะเป็น ผงสีเหลือง มีน้ำหนักเท่ากับ 0.1363 กรัม



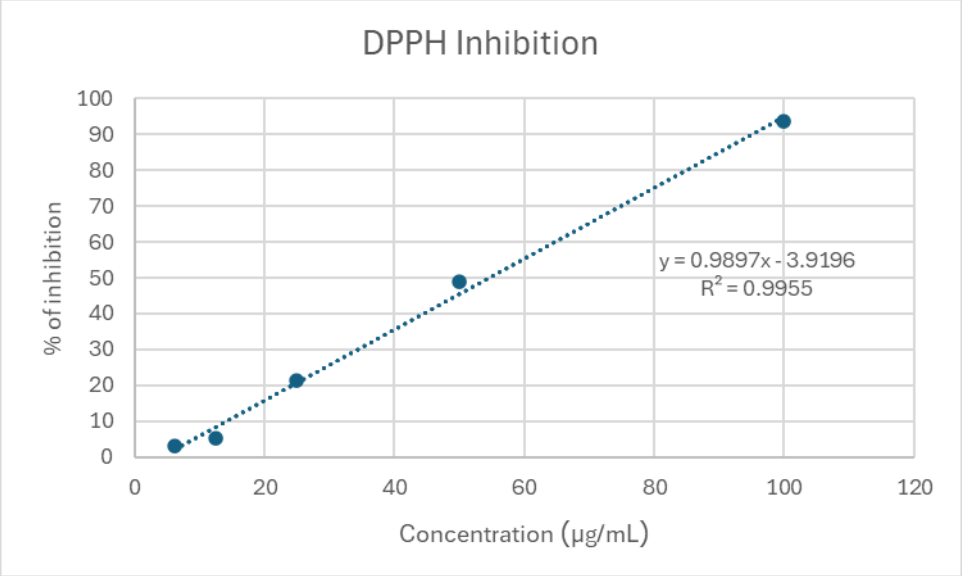
ภาพที่ 4 แสดงตำแหน่งจุดของสาร α-mangostin ภายใต้แสงอัลตราไวโอเลต (UV) โดยฝั่งซ้ายแสดงตำแหน่งจุดของสารมาตรฐาน α-mangostin และฝั่งขวาแสดงสาร α-mangostinที่สกัด



ภาพที่ 5 ลักษณะทางกายภาพการแยกสาร α-mangostin จากเปลือกมังคุด

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

จากการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยใช้วิธี DPPH และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร พบว่าสารสกัดเปลือกมังคุดมีค่า half maximal inhibitory concentration (IC_{50}) เท่ากับ 54.48 µg/mL ในขณะที่สารมาตรฐานกรดแอสคอร์บิกมีค่า IC_{50} เท่ากับ 3.36 µg/mL ซึ่งบ่งชี้ถึงความสามารถในการยับยั้งที่สูงกว่าสารสกัดเปลือกมังคุด อย่างไรก็ตาม สารสกัดเปลือกมังคุดยังคงแสดงฤทธิ์การยับยั้งในระดับปานกลาง จึงมีศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้เป็นสารออกฤทธิ์ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางได้



ภาพที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัด (µg/ml) และร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH (% inhibition)

การประเมินลักษณะการห่อหุ้มของนีโอโซม

จากการตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาของนีโอโซมบรรจุสาร alpha-mangostin ซึ่งเตรียมโดยใช้สารลดแรงตึงผิวชนิด Tween 60 ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงที่กำลังขยาย 100 เท่า พบว่านีโอโซมมีลักษณะเป็น โครงสร้างแบบเวสิเคิล (vesicular structure) และมีการจัดเรียงตัวของชั้นผนังในบางบริเวณ แสดงถึงการเกิดระบบเวสิเคิลของนีโอโซมที่สามารถทำหน้าที่เป็นตัวนำส่งสารออกฤทธิ์ได้ ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 7 แสดงลักษณะทางสัณฐาณวิทยาของนีโอโซมบรรจุสาร alpha-mangostin ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง รุ่น Olympus BX53

การประเมินผลิตภัณฑ์มอยส์เจอไรเซอร์แบบเจล

ผลการทดสอบผลิตภัณฑ์มอยส์เจอไรเซอร์แบบเจลโดยมีการพัฒนาระบบนำส่งนีโอโซม ลักษณะเนื้อของผลิตภัณฑ์เนื้อขุ่น มีสีเหลืองอ่อน บางเบา ให้ความชุ่มชื้นแก่ผิว ไม่เหนียวเหนอะหนะ ไม่ก่อให้เกิดการระคายเคือง และซึมเข้าสู่ผิวได้ดี มีค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 4.5 ถึง 5.5 เนื้อผลิตภัณฑ์ไม่มีการแยกชั้น ความหนืดเท่ากับ 7912 ถึง 8331 cP โดยใช้เครื่องวัดความหนืดรุ่น Brookfield Ametek DV2T



ภาพที่ 8 ผลิตภัณฑ์มอยส์เจอไรเซอร์แบบเจล

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาพบว่าผลการสกัดสารจากเปลือกมังคุดด้วยวิธี maceration โดยใช้เอทานอล 95% (v/v) ให้ร้อยละผลผลิต 24.78% สารสกัดที่ได้มีลักษณะเป็นสารข้นหนืดสีน้ำตาลเข้ม ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการสกัดสารอัลฟา-แมงโกสติน (Alpha-mangostin) จากเปลือกมังคุดในงานวิจัยก่อนหน้า เนื่องจากเอทานอลเป็นตัวทำละลายที่มีความเหมาะสมในการละลายสารอัลฟา-แมงโกสทีน ซึ่งเป็นสารในกลุ่มแซนโทนที่มีความชอบไขมันสูง ส่งผลให้สามารถสกัดสารออกฤทธิ์เป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลผลิตร้อยละของสารสกัดสะท้อนให้เห็นว่าวิธีการสกัดที่เลือกใช้มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในงานพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่าสารสกัดเปลือกมังคุดมีค่า IC_{50} เท่ากับ 54.48 µg/mL ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสารสกัดมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในระดับปานกลาง เมื่อเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานกรดแอสคอร์บิกที่มีค่า IC_{50} ต่ำกว่าอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม ผลที่ได้ยังสนับสนุนว่าสารสกัดเปลือกมังคุดมีศักยภาพในการเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เนื่องจากในสารสกัดประกอบด้วยสารแซนโทนหลายชนิด โดยเฉพาะ Alpha-mangostin ซึ่งมีรายงานว่าสามารถถ่ายโอนอิเล็กตรอนเพื่อลดอนุมูลอิสระได้ ทั้งนี้ค่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ต่ำกว่าสารมาตรฐานอาจเกิดจากความไม่บริสุทธิ์ของสารสกัดและการมีสารประกอบอื่นร่วมอยู่ในระบบ

ผลการแยกสารด้วยเทคนิคคอลัมน์โครมาโทกราฟีและการวิเคราะห์ด้วย TLC พบว่าสามารถแยกสาร Alpha-mangostin ออกมาได้อย่างชัดเจน โดยสารในหลาย fraction ให้ค่า Rf ใกล้เคียงกับสารมาตรฐาน แสดงให้เห็นว่าชุดตัวทำละลาย n-hexane : ethyl acetate ที่เลือกใช้มีความเหมาะสมในการแยกสารแซนโทนจากสารสกัดหยาบ การรวม fraction ที่มีลักษณะใกล้เคียงกันและนำไประเหยตัวทำละลายให้ได้สาร Alpha-mangostin บริสุทธิ์ในลักษณะผงสีเหลือง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานลักษณะทางกายภาพของสารชนิดนี้ในงานวิจัยที่ผ่านมา

การเตรียมนีโอโซมบรรจุสาร Alpha-mangostin ด้วยเทคนิค thin film hydration โดยใช้ Tween 60 และคอเลสเตอรอล พบว่านีโอโซมที่ได้มีลักษณะเป็นโครงสร้างแบบเวสิเคิลภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง แสดงให้เห็นถึงการเกิดระบบนำส่งที่สามารถห่อหุ้มสารออกฤทธิ์ได้ ซึ่งสอดคล้องกับคุณสมบัติของนีโอโซมที่มีโครงสร้างเยื่อหุ้มสองชั้นและสามารถรองรับสารที่มีความชอบไขมันสูง เช่น Alpha-mangostin ได้ดี การเกิดโครงสร้างเวสิเคิลดังกล่าวมีความสำคัญต่อการเพิ่มความคงตัวของสารออกฤทธิ์และช่วยควบคุมการปลดปล่อยเมื่อทาลงบนผิวหนัง อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ยังไม่ได้ประเมินขนาดอนุภาค (particle size distribution) และประสิทธิภาพการกักเก็บสาร (entrapment efficiency) ซึ่งถือเป็นข้อจำกัดของงานวิจัย และควรศึกษาต่อเพิ่มเติมในอนาคต เพื่อยืนยันประสิทธิภาพของระบบนำส่งให้ครบถ้วนยิ่งขึ้น

สำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์มอยส์เจอไรเซอร์แบบเจล พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเนื้อเนียน สีเหลืองอ่อน ไม่เกิดการแยกชั้น และมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 4.5–5.5 ซึ่งเหมาะสมกับสภาพผิวหนังมนุษย์ ความหนืดของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการใช้งาน สามารถเกลี่ยได้ง่าย ไม่เหนียวเหนอะหนะ และไม่ก่อให้เกิดการระคายเคือง ซึ่งสะท้อนถึงความเหมาะสมของสูตรตำรับเจลและความเข้ากันได้ของระบบนีโอโซมกับเบสเจลมอยส์เจอไรเซอร์

สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัย เรื่องการพัฒนาเจลมอยส์เจอไรเซอร์ที่บรรจุสารอัลฟา-แมงโกสตินด้วยระบบนีโอโซม มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความคงตัวของสารอัลฟา-แมงโกสตินสำหรับการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง พบว่าสารสกัดเปลือกมังคุดที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล 95% มีลักษณะเป็นสารข้นหนืดสีน้ำตาลเข้ม และเมื่อนำมาประเมินฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่าสารสกัดมีค่า IC_{50} เท่ากับ 54.48 µg/mL เมื่อเปรียบเทียบกับกรดแอสคอร์บิกซึ่งมีค่า IC_{50} เท่ากับ 3.36 µg/mL บ่งชี้ว่าสารสกัดมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในระดับปานกลาง จากนั้นสารสกัดถูกนำไปแยกองค์ประกอบด้วยเทคนิคคอลัมน์โครมาโทกราฟีและ TLC โดยใช้ระบบตัวทำละลาย n-hexane:ethyl acetate ซึ่งสามารถยืนยันการมีอยู่ของสารอัลฟา-แมงโกสติน

จากตำแหน่งจุดที่สอดคล้องกับสารมาตรฐานภายใต้แสงอัลตราไวโอเลต อย่างไรก็ตาม เนื่องจากสารอัลฟา-แมงโกสตินมีคุณสมบัติชอบไขมันและละลายน้ำได้ต่ำ ผู้วิจัยจึงพัฒนาระบบนำส่งในรูปแบบนีโอโซมโดยใช้ Tween 60 และคอเลสเตอรอลในอัตราส่วน 1:1 ด้วยเทคนิค thin-film hydration และลดขนาดอนุภาคด้วยการ sonication เป็นเวลา 7 นาที ซึ่งจากการตรวจสอบทางสัณฐานวิทยาพบการเกิดโครงสร้างแบบเวสิเคิล แสดงถึงศักยภาพในการห่อหุ้มสารออกฤทธิ์ เมื่อนำนีโอโซมบรรจุสารอัลฟา-แมงโกสตินไปพัฒนาเป็นมอยส์เจอไรเซอร์แบบเจล พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเนื้อขุ่น สีเหลืองอ่อน เนื้อบางเบา ไม่เหนียวเหนอะหนะ ซึมเข้าสู่ผิวได้ดี ไม่มีการแยกชั้น โดยมีค่า pH อยู่ในช่วง 4.5–5.5 และค่าความหนืดอยู่ในช่วง 7,912–8,331 cP ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการใช้งานกับผิวหนัง แสดงถึงศักยภาพระบบนีโอโซมสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและความคงตัวในการนำสารอัลฟา-แมงโกสตินได้ดี และมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางได้ในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาเจลมอยส์เจอไรเซอร์ที่บรรจุสารอัลฟา-แมงโกสตินด้วยระบบนีโอโซม Development of a Gel Moisturizer Containing Alpha-Mangostin Encapsulated in Niosomes มีวัตถุประสงค์เพื่อสกัดและตรวจวิเคราะห์ปริมาณสาร Alpha-mangostin จากเปลือกมังคุด และนำสารสกัดเปลือกมังคุดมาพัฒนาในรูปแบบนีโอโซมเพื่อนำไปตั้งตำรับสูตรมอยส์เจอไรเซอร์แบบเจล ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ที่ได้สนับสนุนทุนการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และเครื่องมือในการทำวิจัย และขอขอบคุณเจ้าของเอกสารและงานวิจัยทุกท่าน ที่ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าและนำมาอ้างอิงในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Charernsriwilaiwat, N. 2020. Development of thermosensitive gel containing hull of mangosteen fruit extract for mouth ulcer. Final Research Report Project No. 23416. Faculty of Pharmaceutical Sciences, Burapha University.

Chatoensak, S., and J. Thepnarong. 2022. Development of folate conjugated polymeric micelles for cancer cell targeted delivery of alpha-mangostin. Senior project. Burapha University.

Chookaew, S., and R. Juta. 2023. Increasing the value of shallot peels using column chromatography techniques and applying them in night cream recipes. Bachelor's thesis. Phranakhon Rajabhat University.

Gan, S. C. 2016. In vitro permeation and skin retention of alpha-mangostin proniosome. Master's thesis. Universiti Teknologi Malaysia.

Kansem, N., S. Wongrakpanich, and S. Saokaew. 2025. Limitations and formulation challenges of alpha-mangostin in pharmaceutical applications. Journal of Drug Delivery Science and Technology. 85: 104567.

Kasetsart University Research and Development Institute. 2021. Near-infrared technology for xanthone analysis in mangosteen pericarp powder without extraction.

Kumar, G. P., and P. Rajeshwarrao. 2011. Nonionic surfactant vesicular systems for effective drug delivery—An overview. Acta Pharmaceutica Sinica B. 1(4): 208-219.

Limpaphayom, W., K. Loyloet, N. Liabwan, and S. Sukhasem. 2014. Encapsulation of alpha-mangostin in cosmetic production by using nanotechnology. Final Research Report. Department of Agriculture.

Mawazi, S. M., A. A. Khan, and S. M. D. Rizvi. 2022. Niosomes as a potential vesicular drug delivery system for cosmetic and pharmaceutical applications. Journal of Cosmetic Dermatology. 21(3): 1097-1107.

Pedraza-Chaverri, J., N. Cárdenas-Rodríguez, M. Orozco-Ibarra, and J. M. Pérez-Rojas. 2008. Medicinal properties of mangosteen (Garcinia mangostana). Food and Chemical Toxicology. 46(10): 3227-3239.

Phan, T. T. T., H. M. Nguyen, T. T. T. Nguyen, and T. T. D. Tran. 2020. Characterization, release pattern, and cytotoxicity of liposomes loaded with alpha-mangostin isolated from pericarp of mangosteen (Garcinia mangostana L.). Journal of Liposome Research. 30(4): 337-347.

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาการคำนวณ เรื่อง การออกแบบแก้ไขปัญหา โดยกระบวนการสตรีมโฟร์อินโนเวเตอร์

The Development of Learning Activities for Problem-Solving Design in Computing Science by Using the STEAM 4 INNOVATOR

นางสาวกุลนันทน์ ดิษฐาพร[1*]

Kullanan Ditthaporn[1*]

[1] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140

[1] King Mongkut's University of Technology Thonburi 126 Pracha Uthit Rd., Bang Mod, Thung Khru, Bangkok 10140

***Corresponding author E-mail: dit.kullanan@gmail.com**

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนก่อนและหลังเรียนรู้รายวิชาวิทยาการคำนวณด้วยกระบวน STEAM4INNOVATOR 2) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาการคำนวณ เรื่อง การออกแบบแก้ไขปัญหา โดยกระบวนการ STEAM4INNOVATOR กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนชลประทานวิทยา จำนวน 33 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย 1) กิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาการคำนวณ เรื่อง การออกแบบแก้ไขปัญหา โดยกระบวนการสตรีมโฟร์อินโนเวเตอร์ 2) แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน 3) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์การเรียน 4) แบบประเมินคุณภาพของกิจกรรมการเรียนรู้จากผู้เชี่ยวชาญ การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบสมมติฐาน t-test dependence

ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาการคำนวณเรื่อง การออกแบบแก้ไขปัญหา ด้วยกระบวนการ STEAM4INNOVATOR พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนแบบทดสอบก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.76 และคะแนนแบบทดสอบหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.06 เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการ STEAM4INNOVATOR ในเรื่องการออกแบบแก้ไขปัญหา ควบคู่กับการใช้โปรแกรม Tinkercad สำหรับการออกแบบชิ้นงานเป็น 3 มิติ 2) ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาการคำนวณ เรื่อง การออกแบบแก้ไขปัญหา โดยกระบวนการ STEAM4INNOVATOR พบว่า ความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.63, S.D.=0.62)

คำสำคัญ: กระบวนสตรีมโฟร์อินโนวเตอร์, การออกแบบแก้ไขปัญหา

Abstract

The purposes of this research were to compare students' learning achievements before and after learning Computational Science through the STEAM4INNOVATOR process and to examine students' satisfaction with learning activities on Problem-Solving Design. The sample consisted of 33 students from 4th-year at Chonprathanwittaya School, selected by purposive sampling.

The research instruments included STEAM4INNOVATOR-based learning activities, a pre-test and post-test, a learning achievement test, and an expert evaluation form. Data were analyzed using mean, standard deviation, and a dependent t-test.

The results showed that students' post-learning achievement was significantly higher than their pre-learning achievement at the .05 level. The mean pre-test score was 7.76, while the mean post-test score was 9.06. The improvement was attributed to STEAM4INNOVATOR learning process integrated with the Tinkercad program for three-dimensional product design. Furthermore, students' overall satisfaction with the learning activities was at the highest level ($\bar{X}$ = 4.63, S.D. = 0.62).

Keywords: STEAM 4 INNOVATOR, Problem-Solving Design

บทนำ

ตามนโยบาย Thailand 4.0 รัฐบาลได้ปรับเปลี่ยนเชิงโครงสร้างที่เน้นการพัฒนาเทคโนโลยีจึงนำมาสู่ 5 กลุ่มเทคโนโลยีและอุตสาหกรรม หนึ่งในนั้นคือ กลุ่มเครื่องมืออุปกรณ์อัจฉริยะ หุ่นยนต์ และเทคโนโลยี ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานการศึกษาของชาติ พ.ศ. 2561 ได้กำหนดผลลัพธ์ที่พึงประสงค์ของการศึกษา ให้ผู้ร่วมสร้างสรรค์นวัตกรรม เป็นผู้มีทักษะทางปัญญาทักษะศตวรรษที่ 21 เพื่อร่วมสร้างสรรค์และพัฒนานวัตกรรมทางเทคโนโลยี (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2566) ซึ่งต้องอาศัยศาสตร์คอมพิวเตอร์ในการออกแบบแก้ไขและเปลี่ยนแปลงนวัตกรรม ที่ส่งผลกระทบต่อวิถีของมนุษย์ ความเป็นอยู่ทางสังคมและวัฒนธรรม

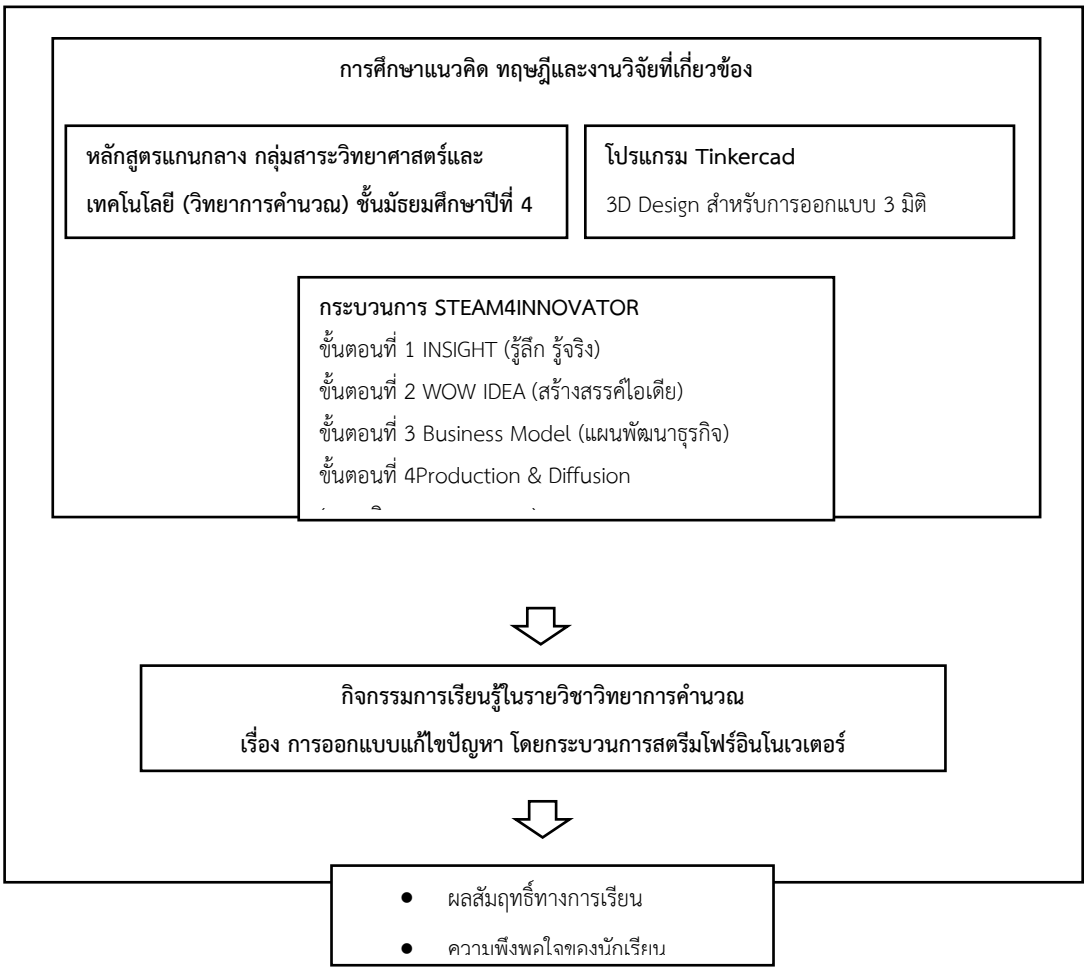
ในรายวิชาวิทยาการคำนวณมีการจัดการเรียนการสอนเรื่องการออกแก้ไขปัญหา นักเรียนส่วนใหญ่ยังขาดการวิเคราะห์ถึงปัญหาที่แท้จริง ซึ่งกระบวนการสตรีมโฟร์อินโนเวเตอร์ (STEAM4INNOVATOR) เป็นกระบวนการที่ออกแบบสร้างสรรค์โดยสำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน) หรือ สนช. กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม โดยการบูรณาการของ 5 ศาสตร์พื้นฐาน STEAM (สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ, 2565) เพื่อพัฒนาทั้งในมุมความรู้และประสบการณ์ไปพร้อมกันโดยผ่านกระบวนการ 4 ขั้นตอน เริ่มจาก 1) สร้าง Insight + STEAM ด้วยการสร้างความเข้าใจที่ถ่องแท้ในการแก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์โอกาสใหม่ จากแรงบันดาลใจและพื้นฐานความรู้ STEAM 2) สร้าง Wow Idea ด้วยการนำความคิดที่หลากหลายมาสังเคราะห์เป็นไอเดียที่จับต้องได้และมีการกำหนดปัญหาและเป้าหมายที่ชัดเจน และมีโอกาสทำาได้จริง 3) Biz Model การจับเอาความคิดและศักยภาพด้านการผลิตชิ้นงานตัวอย่าง มาบูรณาการเข้ากับมุมมอง ธุรกิจและการคิดวิเคราะห์ เพื่อพัฒนาแผนบริหารจัดการและเพิ่มความเป็นไปได้ทางธุรกิจ และ 4) Production & Diffusion การลงมือปฏิบัติอย่างมุ่งมั่น คิดจริง ทำจริง ขายจริง ด้วยศักยภาพทั้งด้าน เทคโนโลยีการผลิตและด้านการบริหารธุรกิจเพื่อให้เกิดผลสำเร็จที่ยั่งยืน

ดังนั้นเพื่อการพัฒนาเรียนการสอนในชั้นเรียน ผู้วิจัยจึงออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาการคำนวณ เรื่อง การออกแบบแก้ไขปัญหา โดยกระบวนการสตรีมโฟร์อินโนเวเตอร์ เพื่อให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าแก้ปัญหา เพื่อสร้างสรรค์พัฒนานวัตกรรมที่ตอบโจทย์กับกลุ่มเป้าหมาย

วัตถุประสงค์งานวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนก่อนและหลังเรียนรู้รายวิชาวิทยาการคำนวณด้วยกระบวน STEAM4INNOVATOR
2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาการคำนวณ เรื่อง การออกแบบแก้ไขปัญหา โดยกระบวนการ STEAM4INNOVATOR

กรอบแนวคิดงานวิจัย



วิธีการดำเนินการและขอบเขตในการวิจัย

1. ขอบเขตด้านเนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้การวิจัยครั้งนี้เป็นส่วนหนึ่งของการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รายวิชาวิทยาการคำนวณ เรื่อง การออกแบบแก้ไขปัญหา

2. ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนชลประทานวิทยา จำนวน 240 คน กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 โรงเรียนชลประทานวิทยา จำนวน 33 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง

3. ขั้นตอนการดำเนินงาน

การดำเนินงานวิจัยการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาการคำนวณโดยกระบวนการ STEAM4INNOVATOR ประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอน

3.1 ขั้นตอนศึกษาข้อมูลรายวิชาวิทยาการคำนวณ

3.2 ขั้นตอนพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาการคำนวณโดยกระบวนการ STEAM4INNOVATOR

- ศึกษารูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้และโปรแกรม Tinkercad
- จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้การออกแบบแก้ไขปัญหา โดยใช้งานโปรแกรม Tinkercad
- จัดทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนกิจกรรมการเรียนรู้
- จัดทำแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่ได้เรียนรู้กิจกรรม

3.3 ขั้นตอนทดสอบกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาการคำนวณโดยกระบวนการ STEAM4INNOVATOR

- ประเมินแบบทดสอบก่อนเรียนกิจกรรมการเรียนรู้
- ดำเนินทำกิจกรรมการเรียนรู้
- ประเมินแบบทดสอบหลังและประเมินความพึงพอใจต่อกิจกรรมการเรียนรู้
- วิเคราะห์ข้อมูลผลประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียนหลังจากกิจกรรมการเรียนรู้

3.4 ขั้นตอนนำเสนอการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาการคำนวณโดยกระบวนการ STEAM4INNOVATOR

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

4.1 การประเมินคุณภาพ

- จัดเตรียมบทเรียนการใช้งานโปรแกรม Tinkercad ในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาการคำนวณ เรื่อง การออกแบบแก้ไขปัญหา โดยกระบวนการ STEAM4INNOVATOR
- จัดเตรียมแบบประเมินคุณภาพบทเรียนการใช้งานโปรแกรม Tinkercad ในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาการคำนวณเรื่อง การออกแบบแก้ไขปัญหา โดยกระบวนการ STEAM4INNOVATOR เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมิน
- ติดต่อผู้เชี่ยวชาญ เพื่อทำการประเมิน
- ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินคุณภาพบทเรียนการใช้งานโปรแกรม Tinkercad ในการทำกิจกรรมการเรียนรู้
- ตรวจสอบความเรียบร้อยของผลการประเมินที่ผู้เชี่ยวชาญประเมินแล้ว เพื่อนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนถัดไป

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 วิเคราะห์การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาการคำนวณเรื่อง การออกแบบแก้ไขปัญหา ด้วยกระบวนการ STEAM4INNOVATOR โดยใช้สถิติทดสอบสมมติฐาน t-test dependence ที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5.2 วิเคราะห์ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาการคำนวณเรื่อง การออกแบบแก้ไขปัญหา ด้วยกระบวนการ STEAM4INNOVATOR วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการประเมินข้อมูลด้วยเกณฑ์การแปลผลค่าเฉลี่ยแบบประมาณค่า (Rating Scale)

ผลการวิจัย

1. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาการคำนวณเรื่อง การออกแบบแก้ไขปัญหา ด้วยกระบวนการ STEAM4INNOVATOR รายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาการคำนวณเรื่อง การออกแบบแก้ไขปัญหา ด้วยกระบวนการ STEAM4INNOVATOR

การทดสอบ	n	$\bar{x}$	S.D.	df	t	Sig.
ทดสอบก่อนเรียน	33	7.76	0.75	32	6.31	0.00*
ทดสอบหลังเรียน	33	9.06	0.70			

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 1 พบว่าค่าคะแนนเฉลี่ยความรู้ก่อนเรียนรู้มีค่าเท่ากับ 7.76 และค่าคะแนนเฉลี่ยความรู้หลังเรียนรู้มีค่าเท่ากับ 9.06 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติทดสอบสมมติฐาน t-test dependence มีค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

2. ผลศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาการคำนวณเรื่อง การออกแบบแก้ไขปัญหา ด้วยกระบวนการ STEAM4INNOVATOR

ตารางที่ 2 ผลศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาการคำนวณเรื่อง การออกแบบแก้ไขปัญหา ด้วยกระบวนการ STEAM4INNOVATOR

รายการ	$\overline{x}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหาเรื่องการออกแบบแก้ไขปัญหา	4.64	0.64	มากที่สุด
2. กิจกรรมตามกระบวนการ STEAM4INNOVATOR ช่วยให้เข้าใจบทเรียนมากขึ้น	4.73	0.57	มากที่สุด
3. กิจกรรมมีความน่าสนใจและกระตุ้นความอยากเรียนรู้	4.58	0.70	มากที่สุด
4. กิจกรรมช่วยพัฒนาทักษะการคิดแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน	4.76	0.43	มากที่สุด
5. ระยะเวลาในการทำกิจกรรมมีความเหมาะสม	4.45	0.74	มาก
รวม	**4.63**	**0.62**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 2 พบว่าผลความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาการคำนวณ เรื่องการออกแบบแก้ไขปัญหา ด้วยกระบวนการ STEAM4INNOVATOR จำนวน 33 คน โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{\mathbf{X}}$ = 4.63, S.D.=0.62)

สรุปและอภิปรายผล

1. ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาการคำนวณเรื่อง การออกแบบแก้ไขปัญหา ด้วยกระบวนการ STEAM4INNOVATOR พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนแบบทดสอบก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.76 และคะแนนแบบทดสอบหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.06 เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการ STEAM4INNOVATOR ในเรื่อง การออกแบบแก้ไขปัญหา ควบคู่กับการใช้โปรแกรม Tinkercad สำหรับการออกแบบชิ้นงานเป็น 3 มิติ

2. ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาการคำนวณ เรื่อง การออกแบบแก้ไขปัญหา โดยกระบวนการ STEAM4INNOVATOR พบว่า ความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{\mathbf{X}}$ = 4.63, S.D.=0.62)

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจับฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี เนื่องจากได้ความกรุณาจาก รศ.ดร. ขรรค์ชัย ตุลละสกุล อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัยที่กรุณาให้คำแนะนำปรึกษางานวิจัย และขอขอบคุณผู้อำนวยการ คณะครู นักเรียน โรงเรียนชลประทานวิทยา ให้ความร่วมมือทำให้งานวิจัยสามารถดำเนินการวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2566). แผนพัฒนาการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2566–2570. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.

สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ. (2565). STEAM4INNOVATOR by NIA Stage 4: Production & Diffusion (เอกสารหลักสูตร). สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาตร์และเทคโนโลยี. 2561 หนังสือรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ธัญวดี กำจัดภัยและศักรินทร์ ยอดแก้ว. (2568). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยสตรีมโฟร์อินโนเวเตอร์เพื่อสร้างเป็นนวัตกร สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารวิจัยวิชาการ, 8(3), 47–59.

แนวทางการมีส่วนร่วมของชุมชนต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์เทียนหอมจากสารสกัดดอกปีบของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนสมุนไพรห้วยเกิ้ง ตำบลห้วยเกิ้ง อำเภอกุมภวาปี จังหวัดอุดรธานี

Community participation approaches in developing scented candle products from Millingtonia hortensis flower extract by Huai Koeng Herbal Community Enterprise, Huai Koeng Subdistrict, Kumphawapi District, Udon Thani Province pt. หนา กึ่งกลาง)....

ริญญารัตน์ วันเพ็ญ[1], ปนิดา อุปมา[1], ณัฐริกา แก้วมาตร์[1], นาลิน นามแสน[1], สุภัสสร วันสุทะ[1] และอรณิชา ครองยุติ[1*]

Rinyarat wanphen[1], Panida Aubpama[1], Nattharika Kaewmart[1], Nalin Namsaen[1], Supasson Wansuta[1] and Ornnicha Krongyut[1*]

[1]สาขาวิชาการแพทย์แผนไทย คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี 41000

[1]Thai Traditional Medicine Program, Faculty of Science, Udon Thani Rajabhat University, Udon Thani 41000, Thailand

*Corresponding author E-mail: Ornnicha.k@udru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการมีส่วนร่วมของชุมชนในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เทียนหอมจากน้ำมันหอมระเหยดอกปีบของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนสมุนไพรห้วยเกิ้ง ตำบลห้วยเกิ้ง อำเภอกุมภวาปี จังหวัดอุดรธานี รวมถึงการพัฒนากระบวนการสกัดน้ำมันหอมระเหยและการสร้างมูลค่าเชิงพาณิชย์ให้กับสมุนไพรท้องถิ่น โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบมีส่วนร่วม (Participatory Action Research) ร่วมกับการวิจัยเชิงปริมาณและการทดลองทางห้องปฏิบัติการ ผลการศึกษาพบว่า ชุมชนมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ อยู่ในระดับมาก โดยเฉพาะการเลือกวัตถุดิบสมุนไพรและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ทั้งยังเห็นศักยภาพของเทียนหอมจากดอกปีบในการสร้างรายได้แก่ชุมชน นอกจากนี้ การสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธี Steam Distillation ให้ผลผลิตเฉลี่ยร้อยละ 5.66 และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยมีค่า IC_{50} = 484.54 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร รวมถึงพบฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย Staphylococcus epidermis และ Pseudomonas aeruginosa ส่วนด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ เทียนหอมต้นแบบมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับ โดยผู้ประเมินให้คะแนนคุณภาพและความพึงพอใจในระดับมากที่สุด โดยเฉพาะความหอมของดอกปีบ ความสม่ำเสมอของเนื้อเทียน และความเหมาะสมของบรรจุภัณฑ์ ผลลัพธ์สะท้อนว่าการบูรณาการวิทยาศาสตร์ร่วมกับภูมิปัญญาท้องถิ่นสามารถยกระดับผลิตภัณฑ์สมุนไพรในท้องถิ่น พร้อมทั้งสนับสนุนเศรษฐกิจฐานรากตามแนวทาง BCG Model ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ : การมีส่วนร่วมของชุมชน, ดอกปีบ, น้ำมันหอมระเหย, เทียนหอม, วิสาหกิจชุมชน

Abstract

This study aims to explore community participation in developing scented candles made from Peep flower (*Millingtonia hortensis*) essential oil and to enhance the value of local herbal resources within the Huai Koeng Herbal Community Enterprise, Kumphawapi District, Udon Thani Province. Participatory Action Research (PAR) approach was employed, integrating quantitative methods and laboratory experiments to support product development. The findings reveal that community members demonstrated a high level of participation, particularly in selecting raw herbal materials, product planning, and providing feedback for product improvement. The community also recognized the economic potential of Peep flower–based scented candles. Steam distillation of fresh Peep flowers yielded an average essential-oil content of 5.66%, with antioxidant activity showing an IC_{50} = 484.54 µg/mL. The extract also exhibited antimicrobial effects against Staphylococcus epidermis and Pseudomonas aeruginosa. The developed scented-candle prototype met quality standards and received the highest satisfaction scores from users, especially regarding fragrance, uniformity, and packaging design. The study highlights that integrating scientific knowledge with local wisdom can effectively enhance local herbal products, generate added economic value, and support community sustainability in alignment with the BCG economic model.

Keywords : community participation*, Millingtonia hortensis*, essential oil, scented candle, community enterprise

บทนำ

กลุ่มวิสาหกิจชุมชนสมุนไพรตำบลห้วยเกิ้ง ตำบลห้วยเกิ้ง อ.กุมภวาปี มีสมาชิกกลุ่มทั้งหมด 40 คน โดยมีนางธนพร ชินสงคราม เป็นประธานกลุ่มฯ ซึ่งมีการส่งเสริมการปลูกสมุนไพรในท้องถิ่นโดยการสนับสนุนจากโรงพยาบาลห้วยเกิ้ง ในการรับซื้อวัตถุดิบสมุนไพร นำไปทำลูกประคบสมุนไพรจำหน่ายในโรงพยาบาลและพื้นที่ใกล้เคียง การสำรวจและสัมภาษณ์ชาวบ้านในพื้นที่ ได้เห็นถึงปัญหาของกลุ่มวิสาหกิจฯ และชุมชน เช่น การขาดองค์ความรู้ในการสกัดน้ำมันหอมระเหย การพัฒนาสูตรเทียนหอมจากสมุนไพรที่เป็นอัตลักษณ์พื้นถิ่นในชุมชน บรรจุภัณฑ์ ตราสัญลักษณ์ ช่องทางการจำหน่ายและมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เป็นต้น ซึ่งในพื้นที่มีการปลูกดอกกาซะลองหรือดอกปีบ เป็นจำนวนมากและเป็นสัญลักษณ์ของชุน โดยดอกปีบมีสรรพคุณทางยา ช่วยบำรุงปอด รักษาวัณโรค รักษาอาการหอบหืด ไซนัสอักเสบ ทางกลุ่มวิสาหกิจฯจึงต้องการนำดอกปีบที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาสกัดเป็นน้ำมันหอมระเหย และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์สมุนไพรต่างๆ เพื่อเป็นการอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์ของพืชสมุนไพรให้มีประสิทธิภาพสูงสุดสู่ความยั่งยืนของชุมชน และสอดคล้องการพัฒนาเศรษฐกิจโมเดลใหม่ (BCG

Model) โดยมีเป้าหมายเพื่อใช้ในการขับเคลื่อนมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจของอุตสาหกรรมการเกษตร ลดความเหลื่อมล้ำด้วยการเพิ่มรายได้เกษตรกรและชมชุน ยกระดับพืชสมุนไพรชุมชนเพื่อสุขภาพให้มีมูลค่าสูงขึ้น (Ashokkumar et al., 2025) ประกอบกับพันธกิจของแผนพัฒนาของจังหวัดอุดรธานี 5 ปี (พ.ศ. 2566 – 2570) ส่งเสริมในด้านพัฒนาการผลิตและการตลาด เกษตรปลอดภัย เกษตรอินทรีย์ เกษตรมูลค่าสูง เกษตรอุตสาหกรรม และส่งเสริมเกษตรอัจฉริยะเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันและความมั่นคงของเศรษฐกิจฐานราก และด้านอนุรักษ์ฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เพื่อการใช้ประโยชน์อย่างคุ้มค่าและการเติบโตอย่างยั่งยืน รวมถึงประเด็นการยกระดับคุณภาพชีวิต รายได้ สุขภาพ ภูมิปัญญาท้องถิ่นให้คงอยู่ในชุมชน และความเข้มแข็งให้ชุมชน

ดอกปีบหรือกาซะลอง ชื่อวิทยาศาสตร์ *Millingtonia hortensis* จัดอยู่ในวงศ์ Bignoniaceae เป็นไม้ยืนต้นที่พบทั่วไปในประเทศไทยและภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มีคุณค่าทั้งทางด้านพฤกษศาสตร์ ภูมิปัญญาสมุนไพร และการใช้ประโยชน์เชิงภูมิทัศน์ รายงานฉบับนี้มุ่งนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะทางพฤกษศาสตร์ สรรพคุณสมุนไพร การกระจายพันธุ์ และประโยชน์ของพืชชนิดนี้จากเอกสารอ้างอิงที่เชื่อถือได้ทางวิชาการ (Gardner et al., 2000) ปีบ เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงใหญ่ สูงประมาณ 15–25 เมตร ลำต้นตั้งตรง เรือนยอดโปร่งและแตกกิ่งสูง ใบเป็นใบประกอบแบบขนนกสองชั้น ช่อดอกออกที่ปลายกิ่ง ลักษณะเด่นคือดอกเป็นหลอดสีขาว มีกลิ่นหอมมากในช่วงกลางคืน ดอกจะบานในตอนเย็นและร่วงในช่วงเช้ามืด ส่งผลให้พื้นดินใต้ต้นมีลักษณะคล้ายโปรยกลีบดอกไม้ที่สวยงาม ผลเป็นฝักแบน เมื่อแก่จะแตกออกเป็นสองซีก และเมล็ดมีลักษณะบางและมีปีกช่วยให้แพร่กระจายได้ง่าย ดอกปีบมีถิ่นกำเนิดในเอเชียใต้และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ พบได้ทั่วไปในอินเดีย พม่า ลาว และไทย ชอบขึ้นในพื้นที่ที่มีแสงแดดเพียงพอและดินระบายน้ำดี จึงมักพบปลูกเป็นไม้ประดับในเมืองและสวนสาธารณะ (Kirtikar, K. R., & Basu, B. D.,1935). สรรพคุณทางสมุนไพรของปีบ ได้แก่ ดอก ใช้เป็นยาขับเสมหะ แก้ไอ ลดการระคายคอ ใบ ใช้แก้อาการหอบและโรคหืด ราก ใช้แก้ร้อนในและช่วยให้ชุ่มคอ เปลือกต้น ใช้รักษาอาการท้องเสียและช่วยบำรุงธาตุ นอกจากสรรพคุณทางยาแล้ว ปีบยังมีประโยชน์ด้านภูมิทัศน์อย่างโดดเด่น ด้วยกลิ่นหอมของดอกและเรือนยอดโปร่งสวยงาม จึงนิยมปลูกเพื่อให้ร่มเงาและตกแต่งพื้นที่สาธารณะ ไม้ของต้นปีบสามารถใช้ทำหีบ กล่อง หรืออุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ต้องการน้ำหนักเบา (Palee, S., & Chansakaow, S. 2015)

กลุ่มวิสาหกิจชุมชนสมุนไพรตำบลห้วยเกิ้ง จึงมีความต้องการที่จะพัฒนาและยกระดับผลิตภัณฑ์เทียนหอมจากน้ำมันหอมระเหยสมุนไพรในท้องถิ่นให้ได้รับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มีการบริหารจัดการอย่างเป็นระบบและมีการทำประชาสัมพันธ์ให้เป็นที่รู้จักมากยิ่งขึ้น ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงเข้าร่วมโครงการออมสินยุวพัฒน์รักษ์ถิ่น ปี 2568 การพัฒนาและยกระดับผลิตภัณฑ์สมุนไพรในท้องถิ่นที่เป็นอัตลักษณ์ของชุมชน สร้างรายได้เสริมและกลุ่มวิสาหกิจฯ อีกทั้งยังสร้างเครือข่ายกับหน่วยงานระหว่างในชุมชน อำเภอ และจังหวัดให้เกิดความยั่งยืนต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาบทบาทและการมีส่วนร่วมของวิสาหกิจชุมชนในการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากดอกปีบ
2. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยและเทียนหอมจากดอกปีบโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับภูมิปัญญาท้องถิ่น
3. เพื่อสร้างคุณค่าให้กับสมุนไพรในท้องถิ่นเกิดมูลค่าทางเชิงพาณิชย์ของวิสาหกิจชุมชนขนาดกลางและขนาดย่อม

วิธีการดำเนินการวิจัย

จากการศึกษาวิจัย เรื่อง แนวทางการมีส่วนร่วมของชุมชนต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์เทียนหอมจากน้ำมันหอมระเหยสมุนไพร พื้นที่ชุมชนบ้านโคกผักหวาน ตำบลห้วยเกิ้ง อำเภอกุมภวาปี โดยใช้วิธีการศึกษาร่วมกับการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Participatory Action Research) ซึ่งใช้หลักการ/ทฤษฎี วิจัยเชิงปริมาณการมีส่วนร่วม สามเหลี่ยมเขยื้อนภูเขา บวร และ BCG การวิจัยเชิงปริมาณและคุณภาพ เป็นการวิจัยที่เน้นการนำข้อมูลแบบสอบถาม และการวิจัยในหลอดทดลองทางห้องปฏิบัติการ ดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร และกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาแนวทางการมีส่วนร่วมของชุมชนต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์เทียนหอมจากน้ำมันหอมระเหยสมุนไพร ดังนี้

1. ประชากรของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนสมุนไพรตำบลห้วยเกิ้ง จำนวน 30 คน

2. ผู้นำชุมชนบ้านโคกผักหวาน ตำบลห้วยเกิ้ง อำเภอกุมภวาปี จำนวน 10 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

การศึกษาแนวทางการมีส่วนร่วมของชุมชนต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์เทียนหอมจากสารสกัดดอกปีบ ใช้เครื่องมือในการวิจัย ดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลเป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับการมีส่วนร่วมในกิจกรรมชุมชน โดยแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนที่ 2 การมีส่วนร่วมในกิจกรรมชุมชน ส่วนที่ 3 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ และส่วนที่ 4 การประเมินความพึงพอใจต่อการสนับสนุนจากวิสาหกิจชุมชน ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสอบถามและทำการตรวจสอบความถูกต้องสอดคล้องและความสมบูรณ์ครบถ้วนของข้อมูลเพื่อเก็บข้อมูลในส่วนที่ไม่ครบถ้วนโดยการสอบถามซ้ำ

2. การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองทางห้องปฏิบัติการ (Experimental research) โดยมีการทดสอบ 4 ขั้นตอน ดังนี้

2.1 การสกัดดอกปีบด้วยวิธี Steam Distillation

ดอกปีบสดที่เก็บเกี่ยวแล้วคัดเลือกเฉพาะดอกที่สมบูรณ์และปลอดสิ่งปนเปื้อน จากนั้นนำมาล้างด้วยน้ำสะอาดและผึ่งให้สะเด็ดน้ำก่อนนำเข้าสกัด โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างดอกปีบที่ใช้ในแต่ละครั้ง จากนั้นนำตัวอย่างบรรจุในหม้อสกัดของเครื่องกลั่นด้วยไอน้ำ (steam distillation unit) อัตราการไหลคงที่เพื่อให้ไอน้ำผ่าน

ตัวอย่างอย่างสม่ำเสมอ ระหว่างกระบวนการไอน้ำจะพาสารหอมระเหยออกจากเนื้อเยื่อดอกปีบและเคลื่อนผ่านคอนเดนเซอร์ที่ควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมเพื่อให้สารระเหยกลับคืนสู่สถานะของเหลว น้ำกลั่นที่ได้ซึ่งประกอบด้วยน้ำมันหอมระเหยจะถูกเก็บรวบรวมในภาชนะดักแยก (separatory receiver) และปล่อยให้แยกชั้นโดยอาศัยความแตกต่างของความหนาแน่นน้ำมันหอมระเหยที่แยกได้ จากนั้นนำไปเก็บในขวดแก้วสีชา ปิดสนิทและแช่ในที่มืดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส คำนวณหาร้อยละผลผลิตของสารสกัด (%yield) แล้วเก็บสารสกัดที่ได้ไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส และนำไปทำการศึกษาฤทธิ์ต่อไป

2.2 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดดอกปีบ

การทดสอบฤทธิ์ต้านสารอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) ดัดแปลงจาก Chu และคณะ**(2000)** โดยใช้วิตามินซี (Ascorbic acid) เป็นสารมาตรฐาน (ความเข้มข้น 5-50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) จากนั้นเตรียมสารสกัดดอกปีบ (ความเข้มข้น 500-2000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) ปริมาตร 150 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลาย DPPH ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันและบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที หลังจากทำปฏิกิริยาแล้วจากนั้นจึงนำไปวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 570 นาโนเมตร คำนวณหาค่าเฉลี่ยร้อยละการยับยั้ง (%inhibition) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้สร้างกราฟความสัมพันธ์เส้นตรงคำนวณ และรายงานผลเป็นค่าการยับยั้งร้อยละ 50 (50% inhibition concentration; IC_{50})

2.3 การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเชื้อจุลชีพของสารสกัดดอกปีบ

การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเชื้อจุลชีพของสารสกัดดอกปีบ โดยวิธี Agar diffusion test (Kirby-Bauer) เป็นการวัดขนาดของโซนใส (Zone of inhibition method) ทำการศึกษาฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก คือ *Staphylococcus aureus* และเชื้อแบคทีเรียแกรมลบ คือ *Pseudomonas aeruginosa* ทำการเตรียมเชื้อทั้ง 3 ชนิด บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำลูปเขี่ยโคโลนีเดี่ยวจากเชื้อลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient Broth ปริมาตร 4 มิลลิลิตร ใส่อาหารเลี้ยงเชื้อแล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง 600 นาโนเมตร ปรับความเข้มข้นจำนวนเชื้อที่ต้องการ จากนั้นจึงนำเชื้อที่ปรับความเข้มข้นแล้วมากระจายเชื้อ (Spread) ลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Mueller Hinton Agar (MHA) จากนั้นเจาะรูด้วย Cork borer ลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ เติมสารสกัดลงในหลุมตามความเข้มข้นต่าง ๆ ปริมาตร 50 ไมโครลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยมี 1 หลุมเป็นตัวควบคุมลบ (Negative control) คือ น้ำปราศจากไอออน (Deionized water) และมีตัวควบคุมบวก (Positive control) คือ Tetracyclines (เตตราไซคลีน) จากนั้นทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนใสที่เกิดขึ้น (Inhibition zone) ด้วยเครื่อง Vernier caliper และรายงานผลเป็นมิลลิเมตร

2.4 การพัฒนาสูตรเทียนหอมน้ำมันหอมระเหยจากสารสกัดดอกปีบ

กระบวนการผลิตเทียนหอมน้ำมันหอมระเหยจากสารสกัดดอกปีบเริ่มจากการเตรียมสารสกัดดอกปีบตามความเหมาะสม จากนั้นเตรียมเนื้อเทียนใช้พาราฟินทำให้ละลายด้วยการให้ความร้อนแบบอ่างน้ำ (water bath) ที่อุณหภูมิ 70–80 องศาเซลเซียส จนได้เนื้อเทียนที่เป็นของเหลวสม่ำเสมอ หลังจากนั้นจึงเติม stearic acid ในอัตราส่วนที่กำหนด เพื่อช่วยเพิ่มความแข็งและยืดระยะเวลาการเผาไหม้ของเทียน ส่วนผสมทั้งหมดถูก

กวนอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ละลายเข้ากันอย่างสมบูรณ์ เมื่อส่วนผสมของเทียนอยู่ที่อุณหภูมิประมาณ 55–60 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเติมน้ำมันหอมระเหยจากสารสกัดดอกปีบ และกวนอย่างเบามือเพื่อป้องกันการสูญเสียความหอมจากการระเหย หลังจากนั้นจึงเทส่วนผสมลงในภาชนะต้นแบบที่เตรียมไว้ล่วงหน้า ซึ่งได้ติดไส้เทียนสำเร็จรูปตรงกึ่งกลางภาชนะโดยใช้กาวร้อนยึดฐานไส้เทียนเพื่อป้องกันการเอนเอียงระหว่างการแข็งตัวภาชนะที่บรรจุเนื้อเทียนจะถูกปล่อยให้เย็นตัวที่อุณหภูมิห้องจนเทียนแข็งตัวเต็มที่ หากพบการยุบตัวบริเวณกึ่งกลางเนื้อเทียน ได้มีการเติมเนื้อเทียนที่อุ่นอยู่เล็กน้อยเพื่อให้ผิวหน้าของเทียนเรียบสม่ำเสมอ หลังจากเทียนแข็งตัวสมบูรณ์แล้ว จึงตัดปลายไส้เทียนให้มีความยาวประมาณ 0.5–1 เซนติเมตร พร้อมนำไปเก็บในภาชนะปิดสนิทเป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมงก่อนใช้หรือทดสอบคุณสมบัติต่อไป เพื่อให้กลิ่นน้ำมันหอมระเหยกระจายตัวในเนื้อเทียนได้อย่างสมบูรณ์

3. เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลเป็นแบบประเมินคุณภาพและความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์เทียนหอมจากดอกปีบ โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนที่ 2 การประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และส่วนที่ 3 การประเมินความพึงพอใจต่อเทียนหอมจากดอกปีบ ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสอบถามและทำการตรวจสอบความถูกต้องสอดคล้องและความสมบูรณ์ครบถ้วนของข้อมูลเพื่อเก็บข้อมูลในส่วนที่ไม่ครบถ้วนโดยการสอบถามซ้ำ

4. การวิเคราะห์ทางสถิติ (Statistical analysis)

4.1 ใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เพื่อให้ทราบถึงข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง คะแนนเฉลี่ย (Mean) แลการแปลผลของระดับการประเมิน

4.2 การทดลองทำซ้ำในแต่ละตัวอย่าง จำนวน 3 ซ้ำ (n = 3) แสดงผลเป็นค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้สถิติ One-Way ANOVA

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาวิจัย เรื่อง แนวทางการมีส่วนร่วมของชุมชนต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์เทียนหอมจากน้ำมันหอมระเหยสมุนไพรของวิสาหกิจชุมชน สรุปผลการวิจัย ดังนี้

1. การประชาคมแบบมีส่วนร่วมในกิจกรรมการพัฒนาผลิตภัณฑ์เทียนหอมจากน้ำมันหอมระเหยสมุนไพรของวิสาหกิจชุมชนร่วมกับกลุ่มผู้นำชุมชน ประชากรกลุ่มวิสาหกิจชุมชน และชุมชน

คณะทำงานได้ทำประชาคมแบบมีส่วนร่วมในในกิจกรรมการพัฒนาผลิตภัณฑ์เทียนหอมจากน้ำมันหอมระเหยสมุนไพรของวิสาหกิจชุมชนร่วมกับกลุ่มผู้นำชุมชน ประชากรกลุ่มวิสาหกิจชุมชน และชาวบ้านโคกผักหวานสำรวจและวิเคราะห์ความต้องการความจำเป็นในการมีส่วนร่วมในกิจกรรม ซึ่งได้ทำแบบสอบถามและสำรวจความต้องการของกลุ่มผู้นำชุมชน ประชากรกลุ่มวิสาหกิจชุมชน และชาวบ้านโคกผักหวานเกี่ยวกับแนวทางการมีส่วนร่วมของชุมชนต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์เทียนหอมจากน้ำมันหอมระเหยสมุนไพรของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนสมุนไพรห้วยเกิ้ง ตำบลห้วยเกิ้ง อ.กุมภวาปี จ.อุดรธานี จากการตอบสอบถามและสำรวจความต้องการของชุมชนต่อผลิตภัณฑ์เทียนหอมน้ำมันหอมระเหยจากสารสกัดดอกปีบ โดยมีผู้ทำแบบสอบถามทั้งหมด 40 คน แบ่งเป็น

เพศชาย จำนวน 6 คน (คิดเป็นร้อยละ 15) และเพศหญิง จำนวน 34 คน (คิดเป็นร้อยละ 85) ช่วงอายุที่ทำแบบสอบถามมากที่สุด คือ ช่วงอายุ 41 – 50 ปี คิดเป็นร้อยละ 45 และส่วนใหญ่มีอาชีพ เกษตรกร คิดเป็นร้อยละ 60 ซึ่งได้ทำแบบสอบถามการมีส่วนร่วมในกิจกรรมชุมชนและสำรวจความต้องการของชุมชน โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 การมีส่วนร่วมในกิจกรรมชุมชน พบว่า มีผู้ตอบแบบสอบถามมีส่วนร่วมในการเลือกสมุนไพรและวัตถุดิบสำหรับผลิตภัณฑ์ เห็นคุณค่าและได้รับการยอมรับจากชุมชนอยู่ในระดับมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 4.85 รองลงมา ได้แก่ มีส่วนร่วมในการวางแผนและตัดสินใจเกี่ยวกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์เทียนหอม มีส่วนร่วมในการออกแบบบรรจุภัณฑ์และผลิตภัณฑ์ มีส่วนร่วมในการประชาสัมพันธ์และการตลาดผลิตภัณฑ์ และมีส่วนร่วมในการสกัดน้ำมันหอมระเหยหรือขั้นตอนการผลิต ตามลำดับ ส่วนที่ 2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่าผลิตภัณฑ์เทียนหอมจากดอกปีบมีศักยภาพในการสร้างรายได้ให้กับชุมชนมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 70 และมีความสนใจมากที่สุดที่จะเรียนรู้เทคนิคการสกัดน้ำมันหอมระเหยและการทำเทียนหอม คิดเป็นร้อยละ 87.50 และส่วนที่ 3 การประเมินความพึงพอใจต่อการสนับสนุนจากวิสาหกิจชุมชน พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามพึงพอใจในเรื่องความชัดเจนในการสื่อสารเกี่ยวกับกิจกรรมและโครงการ อยู่ในระดับมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 4.85 รองลงมา ได้แก่ การสนับสนุนด้านความรู้และฝึกอบรม การยอมรับความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากสมาชิก และความพร้อมของทรัพยากรและอุปกรณ์สำหรับการผลิต ตามลำดับ

2. ผลการวิจัยเชิงทดลองทางห้องปฏิบัติการ ผลการทดลอง ดังนี้

2.1 ลักษณะทางกายภาพและผลผลิตของสารสกัดดอกปีบ

จากการสกัดดอกปีบ ด้วยวิธี Steam Distillation พบว่า สารสกัดดอกปีบ มีลักษณะใส มีกลุ่นหอมเฉพาะตัว ได้ร้อยละผลผลิต 5.66 ± 0.16 (ตารางที่ 1)

2.2 ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดดอกปีบ

จากผลการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดดอกปีบ โดยใช้วิตามินซี (ascorbic) เป็นสารมาตรฐาน (IC_{50} = 12.95 ± 0.01 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) พบว่า สารสกัดดอกปีบ มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ IC_{50} = 484.54 ± 5.67 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (ตารางที่ 1)

2.3 ผลการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเชื้อจุลชีพของสารสกัดดอกปีบ

จากการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านจุลชีพของสารสกัดดอกปีบ ด้วยวิธี Agar diffusion test โดยทำการทดสอบเชื้อจุลชีพ จำนวน 2 ชนิด ได้แก่ *Staphylococcus epidermis* และ *Pseudomonas aeruginosa* พบว่า สารสกัดดอกปีบสามารถยับยั้งเชื้อ *S. Epidermis* = 7.13 ± 0.85 มิลลิเมตร และ เชื้อ *P. Aeruginosa* = 12.60 ± 1.54 มิลลิเมตร เมื่อเทียบกับยาเตตร้าไซคลิน (31.43 ± 1.32 มม. และ 32.42 ± 0.70 มม.) (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ยับยั้งเชื้อจุลชีพของสารสกัดดอกปีบ

ตัวอย่าง	ร้อยละ ผลผลิต	DPPH assay (IC_{50})	ฤทธิ์ยับยั้งเชื้อจุลชีพ (mm.)	
			S. Epidermis	*P. Aeruginosa*
1. สารสกัดดอกปีบ	5.66 ± 0.16	484.54 ± 5.67 µg/mL	7.13 ± 0.85	12.60 ± 1.54
2. วิตามินซี		12.95 ± 0.01 µg/mL		
3. ยาเตตร้าไซครีน			31.43 ± 1.32	32.42 ± 0.70

3. ผลการพัฒนาสูตรและการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์เทียนหอมจากสารสกัดดอกปีบ

ผลจากการพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตเทียนหอมน้ำมันหอมระเหยจากสารสกัดดอกปีบให้ถูกต้องตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน รวมถึงการพัฒนาบรรจุภัณฑ์และฉลากสินค้าให้สวยงามและทันสมัย (ภาพที่ 1) ซึ่งหลังจากการพัฒนาผลิตภัณฑ์แล้วได้มีการสร้างแบบประเมินคุณภาพและความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์เทียนหอมน้ำมันหอมระเหยจากสารสกัดดอกปีบ เพื่อประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์และประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานจริง โดยมีผู้ทำแบบสอบถามทั้งหมด 40 คน แบ่งเป็นเพศชาย จำนวน 6 คน (คิดเป็นร้อยละ 15) และเพศหญิง จำนวน 34 คน (คิดเป็นร้อยละ 85) ช่วงอายุที่ทำแบบสอบถามมากที่สุด คือ ช่วงอายุ 41 – 50 ปี คิดเป็นร้อยละ 45 และส่วนใหญ่ยังไม่เคยใช้ผลิตภัณฑ์เทียนหอมคิดเป็นร้อยละ 60 ซึ่งได้ทำการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์เทียนหอมน้ำมันหอมระเหยจากสารสกัดดอกปีบ พบว่า กลิ่นหอมจากดอกปีบ ได้คะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด คิดเป็นร้อยละ 4.85 (อยู่ในระดับมากที่สุด) รองลงมา สีสม่ำเสมอ และตรงตามสูตร (4.75%) เวลาเผาไหม้เต็มแท่ง (4.73%) การละลายหรือหดตัวของเทียนเมื่ออุณหภูมิห้อง (4.73%) การเกิดควันหรือเขม่าระหว่างเผา (4.70%) และลักษณะความเรียบเนียนและไม่มีฟองอากาศ (4.60%) ตามลำดับ ส่วนการประเมินความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์เทียนหอมจากดอกปีบ พบว่า ผู้ประเมินมีความพึงพอใจต่อการใช้ผลิตภัณฑ์เทียนหอมน้ำมันหอมระเหยจากสารสกัดดอกปีบอยู่ในระดับมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 4.90 รองลงมา กลิ่นหอมของเทียนหอมจากดอกปีบถูกใจและเหมาะสม (4.88%) ไม่มีสารเคมีรบกวนหรือกลิ่นฉุนเกินไป (4.85%) รูปแบบ สี และบรรจุภัณฑ์ดึงดูดใจ (4.73%) กลิ่นหอมคงทนระหว่างการใช้งาน (4.70%) ราคาเหมาะสมกับคุณภาพและปริมาณ (4.70%) ตามลำดับ



ภาพที่ 1 ผลิตภัณฑ์เทียนหอมจากสารสกัดดอกปีบ

วิจารณ์ผล

ผลการวิจัยเรื่อง แนวทางการมีส่วนร่วมของชุมชนต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์เทียนหอมจากสารสกัดดอกปีบ สะท้อนให้เห็นถึงความสำเร็จของกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (PAR) ที่มุ่งเน้นการผนวกความรู้ทางวิทยาศาสตร์เข้ากับภูมิปัญญาท้องถิ่น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด “สามเหลี่ยมเขยื้อนภูเขา” และ “บวร” ที่เน้นความร่วมมือระหว่างบ้าน วัด และราชการ รวมถึงเป้าหมายของ BCG Model ที่ต้องการสร้างมูลค่าให้ทรัพยากรชุมชนอย่างยั่งยืน

1. การมีส่วนร่วมของชุมชน ผลการประเมินการมีส่วนร่วมพบว่า ชุมชนมีบทบาทสูงในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเลือกวัตถุดิบ การร่วมวางแผน และการออกแบบผลิตภัณฑ์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ชุมชนตระหนักถึงศักยภาพของดอกปีบในฐานะสมุนไพรท้องถิ่นที่สามารถต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ได้ การที่ชาวบ้านส่วนใหญ่สนใจเรียนรู้เทคนิคการสกัดและการผลิตเทียนหอมบ่งชี้ว่า ชุมชนพร้อมเปิดรับองค์ความรู้ใหม่ และสามารถพัฒนาทักษะเพื่อเสริมสร้างเศรษฐกิจฐานรากได้อย่างมั่นคง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Phonngam, P., & namwongsa, P. (2024) ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์สมุนไพรและชุมชนในบริบทไทย พบว่าการใช้ Participatory Action Research (PAR) และการสร้างเครือข่ายกับภาครัฐ/สถาบันการศึกษา ช่วยเพิ่มความยั่งยืนทางเศรษฐกิจและทักษะการผลิต/การตลาดของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน เช่น งานพัฒนาเครือข่ายวิสาหกิจชุมชนสมุนไพร การพัฒนาผลิตภัณฑ์ OTOP/Herbal community เป็นต้น

2. ผลการทดลองสารสกัดดอกปีบ ผลิตภัณฑ์สารสกัดดอกปีบจะมีร้อยละผลผลิตไม่สูงมาก (5.66%) และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในระดับปานกลางเมื่อเทียบกับสารมาตรฐาน แต่พบว่ามีศักยภาพในการยับยั้งเชื้อจุลชีพบางชนิด เช่น *S. epidermidis* และ *P. aeruginosa* ซึ่งสอดคล้องกับคุณสมบัติทางยาและสรรพคุณ มีคุณสมบัติต้านจุลชีพบางชนิดนี้ถือเป็นข้อได้เปรียบสำหรับการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เทียนหอมเพื่อสุขภาพและการสร้างกลิ่นเฉพาะตัว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sittiwet, C. (2009) มีการรายงานฤทธิ์ต้านเชื้อจุลชีพหลายชนิด ได้แก่ *S. aureus, S. epidermidis, E. coli, P. aeruginosa*

3. ผลการประเมินคุณภาพและความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์เทียนหอม ผลิตภัณฑ์เทียนหอมจากดอกปีบได้รับการประเมินในระดับ “มากที่สุด” ทั้งด้านคุณภาพและความพึงพอใจ โดยเฉพาะกลิ่นหอมของดอกปีบที่เป็นเอกลักษณ์ สีสม่ำเสมอ และระยะเวลาในการเผาไหม้ที่เหมาะสม แสดงให้เห็นถึงความเหมาะสมของสูตรและกระบวนการผลิต การออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่สวยงามทันสมัยยังช่วยเพิ่มคุณค่าผลิตภัณฑ์ในเชิงการตลาด ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างมูลค่าเพิ่มและการแข่งขันในตลาดผลิตภัณฑ์ชุมชน

สรุปผล

จากการศึกษาวิจัยพบว่า ชุมชนมีส่วนร่วมอย่างมาก ในกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์เทียนหอม ทั้งด้านการเลือกวัตถุดิบ การวางแผน การทดลองผลิต และการออกแบบผลิตภัณฑ์ โดยชุมชนมีทัศนคติที่ดีต่อผลิตภัณฑ์จากดอกปีบและเห็นว่ามีศักยภาพในการสร้างรายได้ สารสกัดดอกปีบมีคุณสมบัติทางชีวภาพที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์เทียนหอม ได้แก่ กลิ่นหอมเฉพาะตัว คุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระในระดับหนึ่ง และสามารถยับยั้งเชื้อจุล

ชีพบางชนิดได้ แม้ฤทธิ์จะน้อยกว่าสารควบคุม แต่เพียงพอสำหรับการเพิ่มมูลค่าในผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพและความผ่อนคลาย ผลิตภัณฑ์เทียนหอมจากดอกปีบมีคุณภาพดีและเป็นที่พึงพอใจของผู้ทดลองใช้ โดยเฉพาะกลิ่นหอม ความเรียบเนียนของเนื้อเทียน ความปลอดภัย และความคุ้มค่า ซึ่งสะท้อนถึงกระบวนการพัฒนาสูตรเหมาะสมและตอบโจทย์ผู้บริโภค ดังนั้นงานวิจัยนี้ทำให้เกิดต้นแบบผลิตภัณฑ์เทียนหอมจากดอกปีบที่มีเอกลักษณ์ของชุมชนห้วยเกิ้งและมีศักยภาพเชิงพาณิชย์ สามารถนำไปต่อยอดสู่การสร้างรายได้และความยั่งยืนทั้งในระดับครัวเรือนและระดับชุมชนได้อย่างเป็นรูปธรรม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีเนื่องจากผู้วิจัยได้รับความร่วมมือและช่วยเหลือในการปฏิบัติงานจากผู้นำชุมชน กลุ่มวิสาหกิจชุมชนสมุนไพรห้วยเกิ้ง ตำบลห้วยเกิ้ง อำเภอกุมภวาปี จังหวัดอุดรธานี นักศึกษา และผู้ร่วมโครงการวิจัยทุกท่าน ขอขอบคุณทุนสนับสนุนโครงการออมสินยุวพัฒน์รักษ์ถิ่นปี 2568 ร่วมกับมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี และขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์และเครื่องมือในการวิจัย

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ขยายกลุ่มตัวอย่างให้หลากหลายขึ้น การศึกษาครั้งนี้ใช้กลุ่มตัวอย่างในชุมชนบ้านโคกผักหวานจำนวน 40 คน ซึ่งอาจยังไม่ครอบคลุมระดับผู้บริโภคทั่วไป การวิจัยครั้งต่อไปควรเพิ่มกลุ่มตัวอย่างในหลายช่วงวัย หลายอาชีพ หรือประชากรจากพื้นที่อื่น เพื่อให้ได้มุมมองด้านคุณภาพและความพึงพอใจที่หลากหลายและเชื่อถือได้มากขึ้น

2. ศึกษาปริมาณสารสำคัญในดอกปีบอย่างละเอียด ควรมีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากดอกปีบ เช่น GC–MS เพื่อระบุสารสำคัญที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระหรือฤทธิ์ต้านเชื้อจุลชีพ ซึ่งจะช่วยอธิบายผลการทดลองได้ชัดเจนขึ้นและเพิ่มความน่าเชื่อถือทางวิทยาศาสตร์ของผลิตภัณฑ์

3. เพิ่มการทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพอื่น ๆ สารสกัดดอกปีบแสดงฤทธิ์ต้านจุลชีพบางชนิด แต่ยังมีเชื้อจุลชีพอีกหลายชนิดที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพอากาศ สุขภาพผิว หรือการใช้งานภายในอาคาร การศึกษาครั้งต่อไปอาจเพิ่มการทดสอบ เช่น ฤทธิ์ต้านเชื้อรา ฤทธิ์ต้านการอักเสบ เป็นต้น ซึ่งอาจช่วยขยายประโยชน์ของผลิตภัณฑ์เทียนหอมได้มากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

Ashokkumar, K., Murugan, M., Murugesan, P., & Venkatesh, T. (2025). *M illingtonia hortensis* Lf (tree jasmine): botany, ethnopharmacology, chemical constituents, biological activities of extracts and essential oils—an updated review. *Discover Plants*, *2*(1), 22.

Gardner, S., Sidisunthorn, P., & Anusarnsunthorn, V. (2000). *A field guide to forest trees of Northern Thailand*. Kobfai Publishing Project.

Kirtikar, K. R., & Basu, B. D. (1935). *Indian medicinal plants* (Vol. 3). Allahabad: Lalit Mohan Basu.

Palee, S., & Chansakaow, S. (2015). Chemical constituents and biological activities of *Millingtonia hortensis*. *Thai Journal of Pharmaceutical Sciences, 39*(2), 47–57.

Chu, Y. H., Chang, C. L., Hsu, H. F., & Tseng, Y. H. (2000). Flavonoid content of several vegetables and their antioxidant activity. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 80*(5), 561–566.

Phonngam, P., & Namwongsa, P. (2024). Community herbal enterprise system development in Loei province. *Srinakharinwirot Research and Development Journal of Humanities and Social Sciences, 16*(31), 1–14.

Sittiwet, C. (2009). Anti-microbial activities of *Millingtonia hortensis* Linn. flowers essential oil. *Journal of Pharmacology and Toxicology, 4*(1), 41–44.

การพัฒนาแนวปฏิบัติทางการพยาบาลเพื่อป้องกันการติดเชื้อในกระแสโลหิตที่สัมพันธ์กับการใส่สายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลาง ในโรงพยาบาลเพชรบูรณ์

Development of Nursing Practice Guidelines for Preventing Central Line-Associated Bloodstream Infection in Phetchabun Hospital

จารุณี ทองอ่อน[1]

Jarunee Thong-on[1]

[1] การควบคุมและป้องกันการติดเชื้อ กลุ่มการพยาบาล โรงพยาบาลเพชรบูรณ์ 203 ต.ในเมือง อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ 67000

[1]Infection Control Unit, Nursing Group, Phetchabun Hospital 203 Nai Mueang, Mueang District, Phetchabun Province 67000

E-mail: Jarpromma@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาแนวปฏิบัติทางการพยาบาลเพื่อป้องกันการติดเชื้อในกระแสเลือดที่สัมพันธ์กับการใส่สายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลาง (CLABSI) 2) เปรียบเทียบอัตราการติดเชื้อ CLABSI 3) เปรียบเทียบความรู้ของพยาบาลวิชาชีพ และ 4) ประเมินความพึงพอใจและการปฏิบัติตามแนวปฏิบัติที่พัฒนาขึ้น วิธีดำเนินการวิจัย: กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วย 1) ผู้ป่วยที่ได้รับการใส่สายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลาง จำนวน 160 ราย แบ่งเป็นกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง กลุ่มละ 80 ราย และ 2) พยาบาลวิชาชีพในหอผู้ป่วยไอซียูอายุรกรรมและหอผู้ป่วยวิกฤตหัวใจและหลอดเลือด ซึ่งเลือกแบบเฉพาะเจาะจง ดำเนินการระหว่างเดือนเมษายน 2567 ถึงกันยายน 2568 เครื่องมือที่ใช้ดำเนินการคือแนวปฏิบัติทางการพยาบาลชุดกิจกรรม (Care Bundle) 5 กิจกรรมหลัก (IOC = 0.96) เครื่องมือรวบรวมข้อมูลได้แก่ แบบวัดความรู้ (Cronbach's Alpha = 0.67) แบบประเมินการปฏิบัติและแบบประเมินความพึงพอใจ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน Paired t-test และ Chi-square test ผลการวิจัย: 1. การวิเคราะห์สถานการณ์: พบอุบัติการณ์การติดเชื้อ CLABSI ในผู้ป่วยวิกฤตที่ได้รับยาที่มีความเข้มข้นสูง ปัญหาสำคัญคือความไม่ต่อเนื่องในการประเมินและการเตรียมอุปกรณ์ ตลอดจนขาดแคลนอุปกรณ์ป้องกันร่างกายส่วนบุคคล (PPE) ที่ได้มาตรฐาน 2. การพัฒนาแนวปฏิบัติ: ได้แนวปฏิบัติชุดกิจกรรมการพยาบาล (Care Bundle) 5 กิจกรรม ได้แก่ 1) การทำความสะอาดมือ (Hand Hygiene) 2) ใช้หลักปลอดเชื้อ (Aseptic technique) 3) การเช็ดทำความสะอาดจุดเชื่อมต่อและเทคนิคการไล่สายสวน (Scrub the hub and Push Pause flush technique) 4) การทำแผลบริเวณที่ใส่สายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลาง และ 5) การประเมินความจำเป็นของการใส่สายสวน 3. ประสิทธิผลของแนวปฏิบัติ: กลุ่มทดลองไม่พบการติดเชื้อ CLABSI (0 ครั้ง) ในขณะที่กลุ่มควบคุมพบการติดเชื้อ 6 ครั้ง (ร้อยละ 7.50) ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P=.028) 4. ความรู้และการปฏิบัติ: หลังใช้แนวปฏิบัติ พยาบาลวิชาชีพมีคะแนนเฉลี่ยความรู้เพิ่มขึ้นจากระดับปานกลาง ($\overline{X}$ =9.70)

เป็นระดับสูง ($\overline{X}$ =12.40) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<.001) และมีการปฏิบัติตามแนวปฏิบัติอยู่ในระดับสูง (ร้อยละ 98.64) 5. ความพึงพอใจ: พยาบาลวิชาชีพมีความพึงพอใจต่อการใช้แนวปฏิบัติในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ =4.77, SD=.35) ข้อเสนอแนะ: ควรนำแนวปฏิบัติ Care Bundle นี้ไปใช้เป็นมาตรฐานในหอผู้ป่วยวิกฤตอื่นๆ และผู้บริหารควรสนับสนุนอุปกรณ์ชุดเซตทำหัตถการแบบครบวงจรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันการติดเชื้ออย่างยั่งยืน

คำสำคัญ : แนวปฏิบัติทางการพยาบาล, การติดเชื้อในกระแสเลือดที่สัมพันธ์กับการใส่สายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลาง (CLABSI), สายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลาง, ชุดกิจกรรมการพยาบาล (Care Bundle)

Abstract

This research and development (R&D) study aimed to: 1) develop nursing practice guidelines for preventing Central Line-Associated Bloodstream Infection (CLABSI), 2) compare CLABSI rates before and after guideline implementation, 3) evaluate nurses' knowledge, and 4) assess nurses' compliance and satisfaction with the developed guidelines. Methodology: The sample consisted of: 1) 160 patients with central venous catheters, purposively assigned to either a control group or an experimental group (n=80 each), and 2) professional nurses working in the Medical ICU and Cardiovascular ICU, selected through purposive sampling. The study was conducted from April 2024 to September 2025. Research instruments included the developed nursing practice guidelines based on a 5-item Care Bundle (IOC = 0.96), a knowledge assessment form (Cronbach's Alpha = 0.67), a compliance evaluation form, and a satisfaction survey. Data were analyzed using percentage, mean, standard deviation, Paired t-test, and Chi-square test. Results: 1. Situation Analysis: High infection rates were identified in critically ill patients receiving high-alert medications. Key issues included inconsistent clinical assessments, inadequate equipment preparation, and a lack of standardized personal protective equipment (PPE). 2. Guideline Development: The resulting guidelines featured a 5-item Care Bundle: (1) Hand hygiene, (2) Maximal sterile barrier precautions, (3) Scrub-the-hub and Push-Pause flushing techniques, (4) Catheter site and dressing care, and (5) Daily review of catheter necessity. 3. Effectiveness: The experimental group showed zero incidence of CLABSI (0 cases), while the control group had 6 cases (7.50%). The difference was statistically significant (p=.028). 4. Knowledge and Compliance: Post-implementation, nurses' mean knowledge scores significantly increased from a moderate level ($\overline{X}$ = 9.70) to a high level ($\overline{X}$ = 12.40) at p < .001. Overall compliance with the guidelines was high (98.64%). 5. Satisfaction: Nurses reported the highest

level of satisfaction with the guidelines ($\overline{X}$ = 4.77, S.D. = 0.35). Recommendations: The Care Bundle should be implemented as a standard of care across all critical care units. Furthermore, hospital administrators should provide integrated sterile insertion kits to facilitate adherence and ensure sustainable infection control.

Keywords: Nursing Practice Guidelines, CLABSI, Central Venous Catheter, Care Bundle

บทนำ

การติดเชื้อในโรงพยาบาล (Healthcare-associated Infections: HAI) เป็นปัญหาสำคัญระดับโลกที่ส่งผลต่อความปลอดภัยของผู้ป่วย เพิ่มอัตราการเสียชีวิต และภาระค่าใช้จ่ายทางการแพทย์ โดยเฉพาะการติดเชื้อในกระแสเลือดที่สัมพันธ์กับการใส่สายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลาง (Central Line-associated Bloodstream Infection: CLABSI) ซึ่งเป็นภาวะแทรกซ้อนรุนแรงที่พบบ่อยในหอผู้ป่วยวิกฤต จากข้อมูลของศูนย์ควบคุมโรค สหรัฐอเมริกา (NHSN, 2021) พบอัตราการเกิด CLABSI ใน ICU อยู่ที่ 0.9 ครั้งต่อ 1,000 วันการใส่สายสวนฯ ขณะที่สถานการณ์ในเขตสุขภาพที่ 2 ของไทย (พ.ศ. 2565–2567) มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยอยู่ที่ 0.91 ครั้งต่อ 1,000 วันการใส่สายสวนฯ อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาข้อมูลของ โรงพยาบาลเพชรบูรณ์ กลับพบสถานการณ์ที่น่ากังวล โดยในช่วงปี พ.ศ. 2565–2567 จำนวนวันใส่คาสายสวนฯ เพิ่มขึ้นจาก 9,285 เป็น 15,179 วัน และอัตราการติดเชื้อในปีล่าสุด (2567) สูงถึง 1.58 ครั้งต่อ 1,000 วันการใส่สายสวนฯ ซึ่งเกินกว่าตัวชี้วัดที่กำหนดไว้ (ไม่เกิน 1.5/1,000 Catheter days) สะท้อนถึงความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นและจำเป็นต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน สาเหตุหลักของ CLABSI เกิดจากการปนเปื้อนของเชื้อจุลชีพผ่าน 3 ช่องทางหลัก คือ เชื้อประจำถิ่นที่ผิวหนัง (ร้อยละ 65) การปนเปื้อนบริเวณข้อต่ออุปกรณ์ (ร้อยละ 30) และการปนเปื้อนในสารน้ำ (ร้อยละ 5) ซึ่งกลไกเหล่านี้ล้วนเกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการปฏิบัติของพยาบาลวิชาชีพที่มีบทบาทหลักในการดูแลสายสวนตลอด 24 ชั่วโมง จากการทบทวนบริบทในหอผู้ป่วยวิกฤต โรงพยาบาลเพชรบูรณ์ พบว่าพยาบาลบางส่วนยังมีความรู้ไม่ครอบคลุมและมีการปฏิบัติที่ไม่เป็นไปตามมาตรฐาน สอดคล้องกับหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ระบุว่าการใช้แนวปฏิบัติ (Clinical Practice Guideline: CPG) ร่วมกับการให้ความรู้และการนิเทศอย่างเป็นระบบ (Coaching and Monitoring) สามารถลดอุบัติการณ์การติดเชื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผู้วิจัยจึงพัฒนาแนวปฏิบัติทางการพยาบาลเพื่อป้องกัน CLABSI โดยอ้างอิงมาตรฐาน CDC (2016) และปรับปรุงให้สอดคล้องกับบริบทของโรงพยาบาลเพชรบูรณ์ เพื่อมุ่งเน้นการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการปฏิบัติและยกระดับคุณภาพการพยาบาลให้เป็นมาตรฐานสากล ลดอัตราการเสียชีวิตและเพิ่มความปลอดภัยให้แก่ผู้ป่วยวิกฤตต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์สถานการณ์และปัญหาการติดเชื้อ CLABSI ในหอผู้ป่วยวิกฤต โรงพยาบาลเพชรบูรณ์
2. เพื่อพัฒนาแนวปฏิบัติทางการพยาบาลเพื่อป้องกันการติดเชื้อ CLABSI

3. เพื่อประเมินประสิทธิผลของแนวปฏิบัติฯ โดยเปรียบเทียบการติดเชื้อ, ความรู้ของพยาบาลวิชาชีพก่อนและหลังการใช้แนวปฏิบัติฯ
4. เพื่อประเมินการปฏิบัติของพยาบาลวิชาชีพ
5. ศึกษาความพึงพอใจของพยาบาลวิชาชีพที่มีต่อแนวปฏิบัติฯ

สมมติฐานการวิจัย

1. คะแนนเฉลี่ยความรู้เรื่องการป้องกัน CLABSI ของพยาบาลวิชาชีพหลังใช้แนวปฏิบัติฯ สูงกว่าก่อนใช้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
2. การปฏิบัติในการป้องกันการติดเชื้อ CLABSI ของพยาบาลวิชาชีพหลังใช้แนวปฏิบัติฯ อยู่ในระดับมาก
3. การติดเชื้อ CLABSI หลังใช้แนวปฏิบัติฯ ต่ำกว่าก่อนใช้
4. พยาบาลวิชาชีพมีความพึงพอใจต่อการใช้แนวปฏิบัติฯ ในระดับมากขึ้นไป

ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development)

ขอบเขตด้านเนื้อหา: มุ่งเน้นการพัฒนาแนวปฏิบัติ (Clinical Practice Guideline: CPG) สำหรับป้องกันการติดเชื้อ CLABSI โดยครอบคลุมตั้งแต่การเตรียมผิวหนัง การดูแลสายสวน (Maintenance care) ไปจนถึงการบริหารจัดการชุดอุปกรณ์สารน้ำ

ขอบเขตด้านประชากร: พยาบาลวิชาชีพที่ปฏิบัติงานในหอผู้ป่วยไอซียู อายุรกรรมและหอผู้ป่วยวิกฤตหัวใจและหลอดเลือด และผู้ป่วยที่ได้รับการใส่สายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลางในหอผู้ป่วยไอซียู อายุรกรรมและหอผู้ป่วยวิกฤตหัวใจและหลอดเลือด โรงพยาบาลเพชรบูรณ์

ขอบเขตด้านตัวแปร:

ตัวแปรอิสระ: แนวปฏิบัติทางการพยาบาลเพื่อป้องกันการติดเชื้อ CLABSI ที่พัฒนาขึ้น

ตัวแปรตาม: ความรู้ของพยาบาล, พฤติกรรมการปฏิบัติ, อัตราการติดเชื้อ (CLABSI Rate) และความพึงพอใจ

ขอบเขตด้านขอบเขตด้านระยะเวลา: ทำการศึกษาช่วงเดือนเมษายน 2567 ถึงเดือน กันยายน 2568

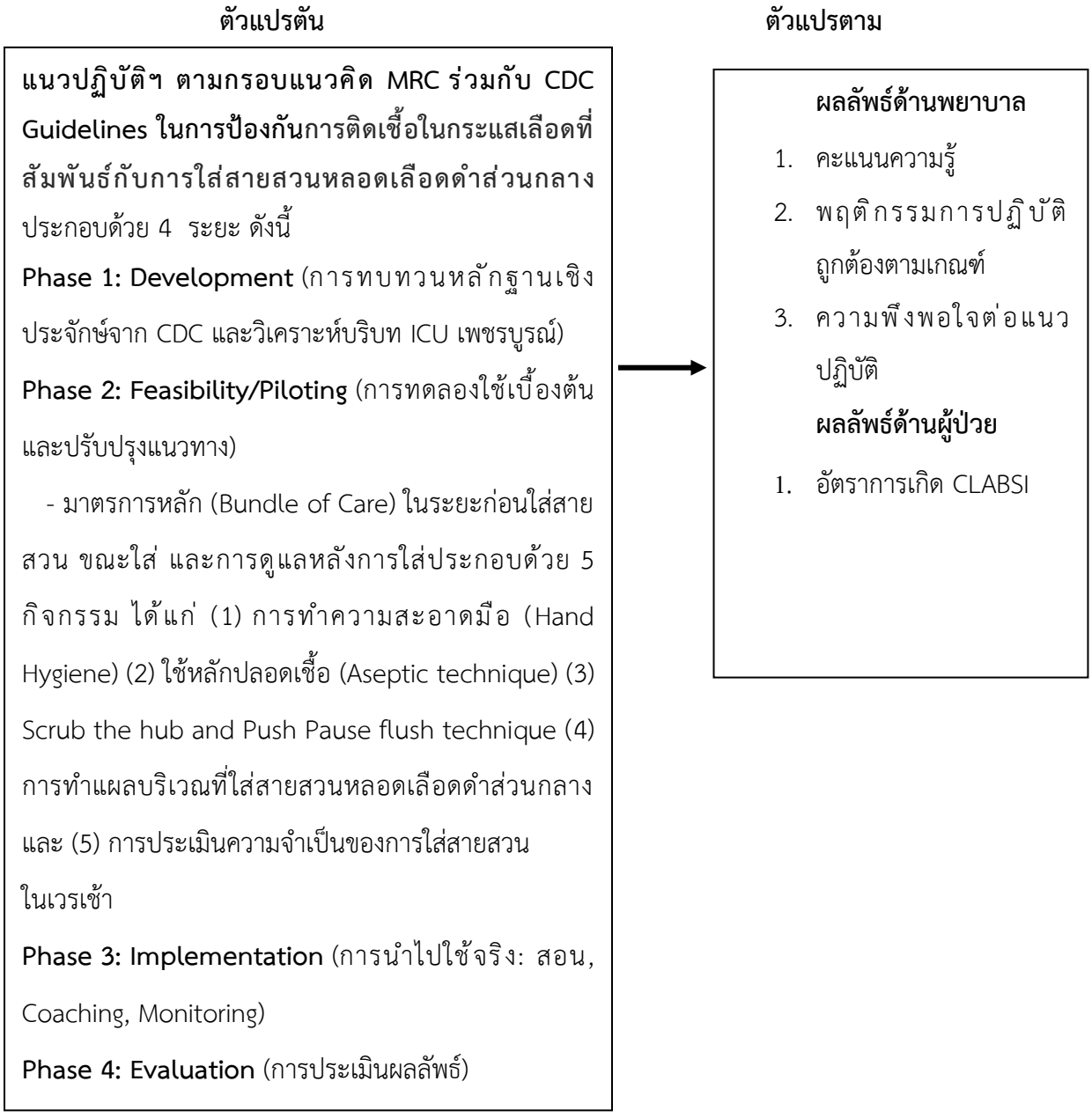
นิยามศัพท์เฉพาะ

1. **แนวปฏิบัติทางการพยาบาล:** กระบวนการที่พัฒนาตามกรอบแนวคิด MRC โดยใช้ชุดกิจกรรมจากหลักฐานเชิงประจักษ์ของ CDC (2016) ได้แก่ มาตรการ Bundle of Care เช่น การล้างมือแบบ Sterile, การใช้ 2% Chlorhexidine เตรียมผิวหนัง และการ Scrub the hub อย่างน้อย 5 วินาที
2. **พยาบาลวิชาชีพ:** พยาบาลที่ปฏิบัติงานประจำในหอผู้ป่วยวิกฤต โรงพยาบาลเพชรบูรณ์ ที่เข้าร่วมโครงการ
3. **การติดเชื้อ CLABSI:** การติดเชื้อในกระแสเลือดที่พบหลังใส่สายสวนฯ มากกว่า 2 วันปฏิทิน (ยืนยันโดยผล Lab) โดยไม่พบแหล่งติดเชื้ออื่น คำนวณเป็นอัตราต่อ 1,000 วันการใส่สายสวนฯ (Catheter days)
4. **ความรู้ในการป้องกันการติดเชื้อ:** คะแนนจากแบบทดสอบความรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

5. **การปฏิบัติของพยาบาล:** คะแนนการปฏิบัติตามกิจกรรมการพยาบาล 22 กิจกรรมในแนวปฏิบัติฯ
6. **ความพึงพอใจ:** ระดับความเชื่อมั่นและความคิดเห็นของพยาบาลต่อการใช้แนวปฏิบัติฯ วัดโดยแบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้กรอบแนวคิดของ สภาวิจัยทางการแพทย์ (Medical Research Council: MRC Framework) สำหรับการพัฒนานวัตกรรมหรือแนวปฏิบัติทางการแพทย์ที่ซับซ้อน (Complex Interventions) ร่วมกับหลักฐานเชิงประจักษ์ของ CDC (2016) ซึ่งรวมถึงมาตรการหลัก (Bundle of Care) ในระยะก่อนใส่สายสวน ขณะใส่ และการดูแลหลังการใส่ ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ระยะ ดังแสดงในภาพที่ 1 ดังนี้



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัย (Research Design)

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) เพื่อพัฒนาและประเมินประสิทธิผลของแนวปฏิบัติทางการพยาบาลเพื่อป้องกันการติดเชื้อ CLABSI ดำเนินการวิจัยระหว่างเดือนเมษายน พ.ศ. 2567 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2568 โดยแบ่งการดำเนินงานเป็น 4 ระยะ ตามกรอบแนวคิดของ Medical Research Council (MRC)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร (Population) ประกอบด้วย 1) พยาบาลวิชาชีพที่ปฏิบัติงานในหอผู้ป่วยวิกฤต โรงพยาบาลเพชรบูรณ์ จำนวน 99 คน และ 2) ผู้ป่วยภาวะวิกฤตทุกรายที่เข้ารับการรักษาและได้รับการใส่สายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลาง (Central Line) ในหอผู้ป่วยวิกฤต

กลุ่มตัวอย่าง (Sample) ผู้วิจัยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) แบ่งเป็น: 1) กลุ่มพยาบาลวิชาชีพประจำหอผู้ป่วยไอซียูอายุรกรรม และหอผู้ป่วยวิกฤตหัวใจและหลอดเลือด จำนวน 20 คน (หน่วยงานละ 10 คน) 2) กลุ่มผู้ป่วย: ผู้ป่วยที่ใส่สายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลางในหน่วยงานดังกล่าว จำนวน 160 ราย แบ่งเป็นกลุ่มควบคุม (ก่อนใช้แนวปฏิบัติ) 80 ราย และกลุ่มทดลอง (หลังใช้แนวปฏิบัติ) 80 ราย คำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างด้วยสูตร *Two Independent Proportions* ผ่านแอปพลิเคชัน N4 Studies อ้างอิงอัตราการติดเชื้อจากงานวิจัยของ จันทร ธูปบูชา (2563)

เกณฑ์การคัดเข้าและคัดออก (Inclusion/Exclusion Criteria)

1. พยาบาล: ต้องปฏิบัติงานในหอผู้ป่วยวิกฤตไม่น้อยกว่า 6 เดือน ปฏิบัติงานเวรผลัด และยินดีเข้าร่วมการศึกษา (เกณฑ์คัดออก: ลาออกหรือย้ายงานก่อนสิ้นสุดการวิจัย)
2. ผู้ป่วย: อายุ 20 ปีขึ้นไป ใส่สายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลางนานกว่า 2 วันปฏิทิน (เกณฑ์คัดออก: ติดเชื้อในกระแสเลือดก่อนรับไว้ในโรงพยาบาล, เลือกการรักษาแบบประคับประคอง หรือขอถอนตัว)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก ดังนี้:

ชุดที่ 1: เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการ (The Intervention) คือ แนวปฏิบัติทางการพยาบาลเพื่อป้องกันการติดเชื้อ CLABSI ที่พัฒนาจาก CDC Guidelines (2016) เน้นมาตรการหลัก (Bundle of Care) 5 กิจกรรม ได้แก่ 1) การทำความสะอาดมือ (Hand Hygiene) 2) การใช้หลักปลอดเชื้อ (Aseptic Technique) 3) เทคนิคการเช็ดทำความสะอาดจุดเชื่อมต่อและเทคนิคการไล่สายสวน (Scrub the hub and Push-Pause flush) 4) การทำแผลบริเวณที่ใส่สายสวน (Site Care) 5) การประเมินความจำเป็นในการคงคาสายสวนทุกเช้า

ชุดที่ 2: เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล (Evaluation Tools)

1. สำหรับผู้ป่วย ได้แก่ แบบบันทึกข้อมูลทั่วไป และแบบบันทึกการติดเชื้อ CLABSI (มาตรฐาน IC)
2. สำหรับพยาบาล ประกอบด้วย
   2.1 แบบวัดความรู้ (15 ข้อ): ปรนัย 4 ตัวเลือก แปลผลตาม เกณฑ์ของ Bloom (สูง >80%, กลาง 60-79%, ต่ำ <60%)

2.2 แบบประเมินการปฏิบัติ (22 กิจกรรม): 2 ระดับ (ปฏิบัติทุกครั้ง, ไม่ปฏิบัติ) แปลผลตามเกณฑ์ช่วงระดับ (0.00-1.00)

2.3 แบบประเมินความพึงพอใจ: มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Likert Scale) ครอบคลุม 5 ด้าน (ความเหมาะสม, ความชัดเจน, ความเป็นไปได้, ประสิทธิผล, ความพึงพอใจรวม)

คุณภาพเครื่องมือ:

ความตรง (Validity): ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน (อายุรแพทย์, หัวหน้า ICU, พยาบาล IC) ได้ค่า IOC ของแนวทางปฏิบัติ์ แบบวัดความรู้, แบบประเมินการปฏิบัติ และแบบประเมินความพึงพอใจ เท่ากับ 0.97, 0.96, 0.97 และ 1.00 ตามลำดับ, ความเชื่อมั่น (Reliability): ทดสอบ (Try-out) กับพยาบาล 10 คน ได้ค่าความเชื่อมั่นความรู้ (KR-20) เท่ากับ 0.67

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย (Research Procedure)

ระยะที่ 1: การพัฒนา (Development Phase) เป้าหมาย: ระบุปัญหาและสร้างร่างแนวปฏิบัติจากหลักฐานเชิงประจักษ์ กิจกรรม: ทบทวนวรรณกรรมและหลักฐานเชิงประจักษ์จาก CDC Guidelines วิเคราะห์สถานการณ์ (Situation Analysis) ศึกษาข้อมูลย้อนหลัง (Retrospective) 6-12 เดือนและสนทนากลุ่มเพื่อค้นหาอุปสรรคในการปฏิบัติ ผลผลิต*:* ร่างแนวปฏิบัติทางการพยาบาล (Draft CPG)

ระยะที่ 2: การทดสอบความเป็นไปได้ (Feasibility & Pilot Phase) เป้าหมาย: ทดลองใช้ในกลุ่มเล็กเพื่อปรับปรุงเครื่องมือ กิจกรรม: นำร่างแนวปฏิบัติให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ และทดลองใช้ (Try-out) ในกลุ่มเล็ก จัดประชุมประชาพิจารณ์ร่วมกับทีมงานเพื่อปรับปรุงความคล่องตัวในการปฏิบัติจริง (ระยะเวลา 4 สัปดาห์) ผลผลิต*:* แนวปฏิบัติฯ ฉบับสมบูรณ์ (Final CPG)

ระยะที่ 3: การนำไปใช้ (Implementation Phase) เป้าหมาย: ขยายผลการใช้แนวปฏิบัติสู่กลุ่มเป้าหมายทั้งหมด กิจกรรม**:** นำแนวปฏิบัติไปใช้จริงในหอผู้ป่วยไอซียูอายุรกรรม และวิกฤตหัวใจฯ (เมษายน – กันยายน 2568) ดำเนินการอบรมเชิงปฏิบัติการ, สอนหน้างาน (Coaching) และนิเทศติดตามการปฏิบัติ (Monitoring) เก็บข้อมูลการปฏิบัติของพยาบาล 20 คน และข้อมูลผู้ป่วย 80 ราย

ระยะที่ 4: การประเมินผล (Evaluation Phase) เป้าหมาย: ประเมินผลลัพธ์ทางการพยาบาลและตัวชี้วัดความสำเร็จ กิจกรรม: รวบรวมข้อมูลหลังสิ้นสุดโครงการ (Post-test) เปรียบเทียบผลลัพธ์: อัตราการติดเชื้อ CLABSI, ระดับความรู้, ทักษะการปฏิบัติ และความพึงพอใจของพยาบาล

การคุ้มครองสิทธิของกลุ่มตัวอย่าง (Ethical Consideration)

1. การวิจัยนี้ได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ (IRB)

2. ผู้วิจัยชี้แจงวัตถุประสงค์และขอความยินยอม (Informed Consent) โดยให้อิสระในการถอนตัวโดยไม่กระทบต่อการรักษาหรือการปฏิบัติงาน

3. ผู้วิจัยเก็บรักษาความลับของข้อมูล: นำเสนอผลในภาพรวม ไม่ระบุชื่อ-นามสกุล และทำลายเอกสารข้อมูลภายใน 1 ปีหลังสิ้นสุดการศึกษา

สถิติและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ข้อมูลทั่วไป: วิเคราะห์ด้วยสถิติพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปรียบเทียบผลลัพธ์
2. อัตราการติดเชื้อ CLABSI (ก่อน-หลัง): ใช้สถิติ Chi-square test
3. คะแนนเฉลี่ยความรู้พยาบาล (ก่อน-หลัง): ใช้สถิติ Dependent t-test
4. ระดับการปฏิบัติและความพึงพอใจ: วิเคราะห์ด้วย ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย นำเสนอเป็น 3 ส่วน ดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 วิเคราะห์สถานการณ์การติดเชื้อ CLABSI จากการวิเคราะห์สถานการณ์ของการติดเชื้อ CLABSI ของผู้ป่วยหนักในช่วง 6 เดือนที่ผ่านมา สามารถจำแนกสิ่งที่พบดังนี้ ด้านผู้ป่วย: จากการทบทวนพบว่าเป็นผู้ป่วยที่วิกฤตที่สูงอายุ มีโรคร่วม ภาวะเรื้อรัง ภูมิคุ้มกันต่ำ ความรุนแรงของโรคสูง มีความจำเป็นต้องใส่สายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลาง ได้รับยาที่มีความเข้มข้นสูง และมีความจำเป็นที่จะต้องมีการประเมินและติดตามการรักษาด้วยการวัดค่าแรงดันเลือดส่วนกลาง และในผู้ป่วยที่มีปัญหาของการส่งผลการตรวจทางห้องปฏิบัติการ (เจาะเลือดบ่อย / หาเส้นยาก) ด้านพยาบาล: จากผลการวิเคราะห์ด้านการปฏิบัติการพยาบาล พบว่า มีการปฏิบัติที่ยังไม่ครบถ้วน ตั้งแต่การประเมินก่อนการใส่สายสวนหลอดเลือดดำ การเตรียมอุปกรณ์ รวมถึงการดูแลภายหลังการใส่สายที่ยังมีความหลากหลาย ด้านสิ่งแวดล้อม: พบว่าบางหน่วยงานยังไม่สามารถจัดหาอุปกรณ์ที่จำเป็น เช่น ชุดสำหรับสวมขณะทำหัตถการ (มีแต่ไม่เพียงพอ)

ส่วนที่ 2 พัฒนาแนวปฏิบัติเพื่อป้องกันการติดเชื้อ CLABSI จากการวิเคราะห์สถานการณ์การติดเชื้อ CLABSI การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และความเห็นจากประสบการณ์ของพยาบาลผู้ปฏิบัติและคำแนะนำจากผู้ทรงคุณวุฒิ ร่วมกับการทบทวนวรรณกรรม จากหลักฐานเชิงประจักษ์ที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยพัฒนาแนวทางการพยาบาลเพื่อป้องกันการติดเชื้อ CLABSI ประกอบด้วย 5 กิจกรรม หลัก ดังนี้ 1. การทำความสะอาดมือ 2. ใช้หลักปลอดเชื้อ 3. การเช็ดทำความสะอาดจุดเชื่อมต่อและเทคนิคการไล่สายสวน 4. การทำแผลบริเวณที่ใส่สายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลาง และ 5. การประเมินความจำเป็นของการใส่สายสวน

ส่วนที่ 3 ผลการพัฒนาแนวปฏิบัติทางการพยาบาลเพื่อป้องกันการติดเชื้อ CLABSI ดังนี้

1. ด้านผู้ป่วย

1.1 ข้อมูลทั่วไป เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลทั่วไปของระหว่างที่ได้รับการดูแลแบบปกติ (กลุ่มควบคุม) กับกลุ่มที่ได้รับการดูแลตามแนวปฏิบัติฯ (กลุ่มทดลอง) พบว่ามีคุณลักษณะทั่วไปที่ใกล้เคียงกัน ดังนี้ เพศชาย ร้อยละ 48.80 และร้อยละ 61.10 อายุเฉลี่ย 61.37 ปี และ 59.70 ปี เกินครึ่งมีช่วงอายุ มากกว่า 60 ปี ร้อยละ 52.80 และ 55.00, มีโรคประจำตัวมากที่สุด คือระบบหัวใจและหลอดเลือด ร้อยละ 41.20 และ 38.75 ส่วนใหญ่มีตำแหน่งที่ใส่สายสวนบริเวณ Femoral vein ร้อยละ 91.20 และ ร้อยละ 95.00 ตามลำดับ ดังรายละเอียดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลทั่วไประหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง (n=80)

ข้อมูลทั่วไป	กลุ่มควบคุม (n = 80)	กลุ่มทดลอง (n = 80)	χ^2	p-value
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)		
เพศ			2.045	0.153
ชาย	39 (48.80)	49 (61.10)		
หญิง	41 (51.20)	31 (38.90)		
อายุ (ปี)				
20-60	37 (36.20)	36 (45.00)	.000	1.000
> 60	43 (52.80)	44 (55.00)		
(Mean=61.37, S.D.=13.46, Min=29, Max=89)		(Mean=59.70, S.D.=16.73, min=23, max=88)		
โรคประจำตัว			5.417	.144
ระบบทางเดินหายใจ	24 (30.00)	19 (23.75)		
ระบบหัวใจและหลอดเลือด	33 (41.20)	31 (38.75)		
ระบบทางเดินปัสสาวะ	14 (17.50)	16 (20.00)		
ระบบทางเดินอาหาร	9 (11.30)	14 (17.50)		
ตำแหน่งที่ใส่สายสวน			0.390	0.532
Jugular vein	7 (8.80)	4 (5.00)		
Femoral vein	73 (91.20)	76 (95.00)		

1.2 เปรียบเทียบการการติดเชื้อ CLABSI ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการดูแลแบบปกติ (กลุ่มควบคุม) กับกลุ่มที่ได้รับการดูแลตามแนวปฏิบัติฯ (กลุ่มทดลอง) พบว่า กลุ่มควบคุมมีการติดเชื้อ CLABSI จำนวน 6 ครั้ง ร้อยละ 7.50 ส่วนกลุ่มทดลอง ไม่พบการติดเชื้อ (p=.028) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบจำนวน ร้อยละ การติดเชื้อ CLABSI ระหว่างกลุ่ม (n=160)

เปรียบเทียบ	กลุ่มควบคุม (n=80)	กลุ่มทดลอง (n=80)	df	p-value
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)		
การติดเชื้อ			1	.028[b]
เกิด	6 (7.50)	0 (0.00)		
ไม่เกิด	74 (92.50)	80 (100.00)		

[b]Fisher'exact test

2. ด้านพยาบาลวิชาชีพ

2.1 ข้อมูลทั่วไปของพยาบาลวิชาชีพ ที่ใช้แนวทางปฏิบัติฯ จำนวน 20 คน เพศหญิงทั้งหมด ร้อยละ 100 อายุเฉลี่ย 32.05 ปี (SD = 7.57, Min = 24, Max = 51) ระดับการศึกษา ปริญญาตรีทั้งหมด ร้อยละ 100 ด้านประสบการณ์ปฏิบัติงานมากกว่า 10 ปีมากที่สุด ร้อยละ 35.00 ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงจำนวน และร้อยละ ข้อมูลทั่วไป จำแนกตาม เพศ, อายุ, ระดับการศึกษาและประสบการณ์ปฏิบัติงาน (N=20)

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน	ร้อยละ
เพศ: หญิง	20	100.00
อายุ (ปี) (Mean=32.05, S.D.=7.57, Min=24, Max=51)		
21 - 40	17	85
41 – 60	3	15
ระดับการศึกษา		
ปริญญาตรี	20	100
ประสบการณ์ปฏิบัติงาน (ปี)		
1-2	3	15.00
3-4	3	15.00
5-7	3	15.00
8-10	4	20.00
>10	7	35.00
(Mean = 9.20, S.D. = 6.768, Min=2, Max=25)		

2.2 ความรู้ของพยาบาลต่อแนวทางปฏิบัติฯ เมื่อเปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยความรู้ พบว่าหลังมีการใช้พยาบาลมีค่าคะแนนเฉลี่ยความรู้เพิ่มขึ้นจากระดับปานกลาง (Mean=9.70, S.D.=2.07) เป็นระดับสูง (Mean=12.40, S.D.=1.66) (p<.001) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังรายละเอียดในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความรู้ของพยาบาลวิชาชีพก่อนและหลังการใช้แนวทางปฏิบัติฯ (n=20)

เปรียบเทียบ	ก่อนใช้แนวทางปฏิบัติฯ			หลังใช้แนวทางปฏิบัติฯ			t	p-value
	$\overline{X}$	S.D.	ระดับ	$\overline{X}$	S.D.	ระดับ		
ความรู้	9.70	2.07	ปานกลาง	12.40	1.66	สูง	-6.46	0.000

2.3 การปฏิบัติของพยาบาลต่อการใช้แนวทางปฏิบัติฯ เมื่อประเมินการปฏิบัติของพยาบาลวิชาชีพภาพรวมอยู่ในระดับมาก ร้อยละ 98.64 โดยมีการปฏิบัติครบถ้วนครอบคลุมจำนวน 19 ข้อ จากทั้งหมด 22 ข้อ ยกเว้นข้อที่ 3, 13 และ 18 ที่มีการปฏิบัติไม่ครบถ้วนแต่ยังอยู่ในระดับมาก ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าคะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การปฏิบัติของพยาบาลในการป้องกันการติดเชื้อ CLABSI (N=20)

ข้อที่	แนวทางปฏิบัติ	ปฏิบัติ		
		จำนวน	ร้อยละ	ระดับ
1	Hand Hygiene: การทำความสะอาดมือ ทำความสะอาดมือด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ /Waterless ก่อน.....	22	100.00	มาก
2	ทำความสะอาดมือด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ /Waterless หลัง.....	22	100.00	มาก
3	หลัก Aseptic technique,แพทย์ใส่ PPE ขณะใส่.....	21	95.00	มาก
4	ใช้ Aseptic technique	22	100.00	มาก
5	2% CHG in 70% Alcohol ทำความสะอาดผิวหนัง	22	100.00	มาก
6	Scrub the hub เช็ดข้อต่อสายสวนหลอดเลือดอย่างแรง	22	100.00	มาก
7	เปลี่ยนสายให้สารน้ำและอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ร่วมกันกับ.....	22	100.00	มาก
8	การให้ TPN ชนิด Lipid emulsion เปลี่ยนสาย IV Set, ...	22	100.00	มาก
9	เปลี่ยน set ให้เลือดและส่วนประกอบของเลือดทุก	22	100.00	มาก
10	การทำ Push Pause flush technique.....	22	100.00	มาก
11	ก่อนทำการล้างสายสวนหลอดเลือดดำมีการประเมิน.....	22	100.00	มาก
12	ก่อนปลดข้อต่อด้วย 70% alcohol หรือ 2% CHG in	22	100.00	มาก
13	ขณะ flush สายใช้วิธี Push Pause flush technique ...	20	90.90	มาก
14	หลังปลด syringe เช็ดข้อต่อด้วย70% alcohol หรือ 2%..	22	100.00	มาก
15	ปิดจุก T-way หลังใช้งานทุกครั้ง	22	100.00	มาก
16	Dressing: การทำแผลบริเวณ Central line (Exit site) ปิดแผลด้วย Sterile Transparent	22	100.00	มาก
17	ปิดแผลด้วย Sterile Transparent dressing ทำแผลทุก...	22	100.00	มาก
18	เขียนวันที่ครบกำหนดเปลี่ยนแผลบนแผ่นปิดแผล.....	19	86.36	มาก
19	ประเมินลักษณะแผลทุก 8 ชั่วโมง	22	100.00	มาก
20	เมื่อพบความผิดปกติ เช่น สายสวนไม่อยู่ในตำแหน่ง.....	22	100.00	มาก
21	ลงบันทึกลักษณะแผลทุกครั้งที่เปลี่ยน Dressing	22	100.00	มาก
22	Assessment: การประเมินความจำเป็นในการใส่.....	22	100.00	มาก
	รวม	**434**	**98.63**	**มาก**

2.4 ความพึงพอใจของพยาบาลต่อการใช้แนวทางปฏิบัติฯ เมื่อประเมินความพึงพอใจของพยาบาลพบว่ามีความพึงพอใจทุกข้ออยู่ในระดับมากที่สุด (Mean=4.77, S.D.=.35) ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าคะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับเความพึงพอใจของพยาบาลต่อการใช้แนวทางปฏิบัติฯ (N=20)

ข้อที่	หัวข้อ	ความพึงพอใจ		
		$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
1	ความเหมาะสมสำหรับใช้ในการดูแลผู้ป่วย	4.70	.47	มากที่สุด
2	ความชัดเจนและสามารถปฏิบัติตามได้ง่าย	4.80	.41	มากที่สุด
3	ความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ในหน่วยงาน	4.80	.41	มากที่สุด
4	ประโยชน์ต่อการปฏิบัติงาน	4.80	.41	มากที่สุด
5	ความพึงพอใจในการใช้แนวปฏิบัติ	4.75	.44	มากที่สุด
	รวม	**4.77**	**.35**	**มากที่สุด**

วิจารณ์ผล:

จากการวิเคราะห์สถานการณ์ **ด้านผู้ป่วย** พบว่า เป็นผู้ป่วยวิกฤตที่สูงอายุ มีโรคร่วม เรื้อรัง ภูมิคุ้มกันต่ำ ความรุนแรงของโรคสูง มีความจำเป็นต้องใส่สายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลาง ได้รับยาที่มีความเข้มข้นสูง และมีความจำเป็นที่จะต้องมีการประเมินและติดตามการรักษาด้วยการวัดค่าแรงดันเลือดส่วนกลาง และในผู้ป่วยที่มีปัญหาของการส่งผลการตรวจทางห้องปฏิบัติการ (เจาะเลือดบ่อย / หาเส้นยาก) ซึ่งล้วนเป็นปัจจัยเสี่ยงสำคัญต่อการเกิดการติดเชื้อ CLABSI ผลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าภาวะของผู้ป่วยและความจำเป็นในการรักษาที่มีความซับซ้อนมีบทบาทต่อการเกิดการติดเชื้อ โดยเฉพาะในหอผู้ป่วยวิกฤตที่ต้องใช้หัตถการแบบรุกล้ำและการดูแลอย่างใกล้ชิดผลการศึกษานี้สอดคล้องกับรายงานที่พบว่า CLABSI เป็นภาวะแทรกซ้อนสำคัญในผู้ป่วยวิกฤต โดยเฉพาะในกลุ่มผู้ป่วยสูงอายุและมีโรคร่วม ซึ่งมักมีภูมิคุ้มกันลดลงและต้องได้รับการรักษาที่ซับซ้อน ส่งผลให้มีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อสูงกว่าผู้ป่วยทั่วไป (ภัทราภรณ์ ศรีพรมมา และ ดวงกมล สุขทองสา 2562; สิริลักษณ์ อภิวาณิชย์ 2562) **ด้านบุคลากรพยาบาล** พบว่ายังมีความหลากหลายของการปฏิบัติ ตั้งแต่การประเมินก่อนใส่สายสวน การเตรียมอุปกรณ์ และการดูแลภายหลังการใส่สายสวน ซึ่งอาจส่งผลต่อคุณภาพการป้องกันการติดเชื้อ สอดคล้องกับการศึกษาที่พบว่าการปฏิบัติของพยาบาลมีความสัมพันธ์กับความรู้ ประสบการณ์ และระบบสนับสนุนในหน่วยงาน (พรพิมล อรรถพรกุศล, 2560; จิราภรณ์ ปลัดศรีช่วย, 2561) อีกทั้ง**ด้านสิ่งแวดล้อม**ยังพบข้อจำกัดในการจัดหาอุปกรณ์ เช่น ชุดสำหรับสวมขณะทำหัตถการ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อความครบถ้วนของการ

ปฏิบัติในการป้องกันการติดเชื้อ (กำธร มาลาธรรม และ สุสัณห์ อาศนะเสน 2567) อย่างไรก็ตาม บางการศึกษาระบุว่าปัจจัยด้านอุปกรณ์ สิ่งแวดล้อม และระบบสนับสนุนในองค์กร เช่น ความพร้อมของชุดอุปกรณ์ปลอดเชื้อ อัตรากำลังบุคลากร และวัฒนธรรมความปลอดภัย มีผลต่อการเกิด CLABSI ไม่แพ้ปัจจัยด้านบุคลากร (Pronovost et al. 2016; CDC 2022) แสดงให้เห็นว่าการเกิดการติดเชื้อไม่ได้ขึ้นกับพฤติกรรมผู้ปฏิบัติเพียงอย่างเดียว แต่เกี่ยวข้องกับระบบบริการสุขภาพโดยรวม และบริบทของแต่ละโรงพยาบาลอาจทำให้รูปแบบของปัญหาแตกต่างกันได้ ผลการศึกษานี้จึงสะท้อนให้เห็นว่าการแก้ไขปัญหา CLABSI จำเป็นต้องดำเนินการทั้งในระดับบุคลากร กระบวนการดูแล และระบบสนับสนุนในองค์กรควบคู่กัน เพื่อให้การป้องกันการติดเชื้อเกิดประสิทธิผลและยั่งยืนในบริบทของหอผู้ป่วยวิกฤต

2. ประสิทธิผลของแนวปฏิบัติในการลดอัตราการติดเชื้อ CLABSI

ผลการวิจัยพบว่าหลังการใช้แนวปฏิบัติ กลุ่มทดลองไม่พบการติดเชื้อ (0 ครั้ง) ในขณะที่กลุ่มควบคุมพบการติดเชื้อ 6 ครั้ง (ร้อยละ 7.50) และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = .028) แสดงให้เห็นว่าแนวปฏิบัติที่พัฒนาขึ้นโดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ 5 กิจกรรมหลัก ได้แก่ Hand hygiene, Aseptic technique, Scrub the hub, Wound care และ Assessment มีประสิทธิภาพในการป้องกันการติดเชื้อ CLABSI ผลดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาที่พบว่าโปรแกรมป้องกัน CLABSI สามารถลดอัตราการติดเชื้อในหอผู้ป่วยวิกฤตได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะการเน้นการล้างมือและเทคนิคปลอดเชื้อ (สุพัตรา อุปนิสากร และคณะ, 2560; สุวรรณากรี และจุลมุสิ, 2564) และสอดคล้องกับแนวคิดการดูแลผู้ป่วยที่ใส่สายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลางที่เน้นการป้องกันในทุกระยะ ได้แก่ ก่อนใส่ ระหว่างใส่ และหลังใส่สายสวน (สิริลักษณ์ อภิวาณิชย์, 2562) แม้ว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ใส่สายสวนที่ femoral vein ซึ่งเป็นตำแหน่งที่มีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อสูง แต่ยังสามารถป้องกันการติดเชื้อได้ แสดงถึงความเข้มงวดและความเหมาะสมของแนวปฏิบัติที่พัฒนา สอดคล้องกับแนวทางการป้องกันการติดเชื้อในโรงพยาบาลที่เน้นการควบคุมความเสี่ยงทุกขั้นตอนของการดูแลสายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลาง (สถาบันบำราศนราดูร, 2567)

3. การพัฒนาความรู้และการยอมรับของพยาบาลวิชาชีพ

ความรู้และการปฏิบัติของพยาบาล: หลังการใช้แนวปฏิบัติ พยาบาลวิชาชีพมีค่าคะแนนเฉลี่ยความรู้เพิ่มขึ้นจากระดับปานกลาง (Mean= 9.70) เป็นระดับสูง (Mean = 12.40) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < .001) และมีคะแนนเฉลี่ยการปฏิบัติตามแนวปฏิบัติในภาพรวมอยู่ในระดับมาก (ร้อยละ 98.64) สามารถอธิบายได้ว่าการที่พยาบาลมีส่วนร่วมในการใช้แนวปฏิบัติที่ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ทำให้เกิดความมั่นใจในการปฏิบัติงาน การเปลี่ยนจากความรู้ระดับปานกลางสู่ระดับสูงสะท้อนว่ากระบวนการวิจัยและพัฒนา (R&D) ช่วยให้เกิดการเรียนรู้และการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมบริการอย่างเป็นระบบ สอดคล้องกับการศึกษาที่พบว่าการพัฒนาศักยภาพและการอบรมพยาบาลช่วยเพิ่มความรู้และประสิทธิภาพในการดูแลผู้ป่วย (จิราภรณ์ ปลัดศรีช่วย, 2561) **ด้านความพึงพอใจ** พยาบาลวิชาชีพมีความพึงพอใจต่อการใช้แนวปฏิบัติในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (Mean = 4.77, S.D. = 0.35) การที่พยาบาลพึงพอใจมากที่สุดแสดงว่าแนวปฏิบัตินี้ **"ใช้ได้จริง"** ไม่ซับซ้อน

จนเกินไป และช่วยลดภาระทางใจของพยาบาลในการดูแลผู้ป่วยวิกฤตที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ ผลดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาด้านการพัฒนาสื่อเพื่อป้องกัน CLABSI ที่พบว่าพยาบาลมีความพึงพอใจในระดับสูง และการใช้แนวทางช่วยสนับสนุนการปฏิบัติในการป้องกัน CLABSI ได้อย่างมีประสิทธิภาพและเพิ่มความมั่นใจในการดูแลผู้ป่วย (ฉันทนา จันแจ่ม 2563)

4. การปฏิบัติตามแนวปฏิบัติ (Compliance)

ภาพรวมการปฏิบัติอยู่ในระดับสูงมาก (ร้อยละ 98.64) ปฏิบัติครบถ้วน 19 จาก 22 ข้อ ภาพรวมการปฏิบัติตามแนวปฏิบัติอยู่ในระดับสูงมาก โดยปฏิบัติครบถ้วน 19 จาก 22 ข้อ แสดงถึงความร่วมมือและการยอมรับแนวทางในระดับหน่วยงาน สอดคล้องกับการศึกษาที่พบว่าการมีแนวปฏิบัติที่ชัดเจนและได้รับการสนับสนุนจากองค์กร ช่วยเพิ่มอัตราการปฏิบัติตามแนวทางและลดการติดเชื้อในโรงพยาบาล (กรมควบคุมโรค, 2564) อย่างไรก็ตาม ยังพบ 3 (ข้อ 3, 13, 18) ที่ปฏิบัติไม่ครบถ้วน ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับปัจจัยด้าน **"สิ่งแวดล้อมและอุปกรณ์"** ตามที่ระบุในขั้นวิเคราะห์สถานการณ์ (เช่น การขาดแคลนชุดสวมขณะทำหัตถการ) **จุดที่ควรพัฒนา** คือ หากต้องการให้การปฏิบัติครบถ้วน 100% ผู้บริหารควรสนับสนุนด้านวัสดุอุปกรณ์และระบบสนับสนุนทางวิชาชีพอย่างต่อเนื่อง (กำธร มาลาธรรม และ สุสัณห์ อาศนะเสน 2567) เพื่อลดอุปสรรคในการทำงานของพยาบาล

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

ด้านการบริหารการพยาบาล: ควรนำแนวปฏิบัติที่พัฒนาขึ้นไปประกาศใช้เป็นมาตรฐานการดูแลผู้ป่วยที่ได้รับการใส่สายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลาง (Standard of Care) ในหน่วยงานวิกฤต และจัดทำระบบสนับสนุนอุปกรณ์ (Facilities Support) เช่น การจัดเตรียมชุดหัตถการสำเร็จรูป (Bundle Kits) เพื่อเพิ่มความสะดวกและลดอัตราการปฏิบัติที่ไม่ครบถ้วน

ด้านการนิเทศการพยาบาล: ควรมีการประเมินการปฏิบัติ (Nursing Audit) อย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในหัวข้อที่มีการปฏิบัติไม่ครบถ้วน เพื่อระบุอุปสรรคและให้ข้อมูลสะท้อนกลับเพื่อการพัฒนา

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

การศึกษาความยั่งยืน: ควรมีการศึกษาถึงความยั่งยืนของการปฏิบัติตามแนวปฏิบัติ (Sustainability Study) ในระยะยาว 6-12 เดือน เพื่อประเมินว่าอัตราการติดเชื้อยังคงเป็นศูนย์อย่างต่อเนื่องหรือไม่

การศึกษาเชิงเปรียบเทียบในบริบทอื่น: ควรขยายผลการวิจัยไปยังหอผู้ป่วยประเภทอื่น เช่น หอผู้ป่วยกุมารเวชกรรมวิกฤต หรือหอผู้ป่วยศัลยกรรม เพื่อทดสอบความคงตัวของผลลัพธ์ในบริบทที่แตกต่างกัน

การประเมินความคุ้มค่า: ควรมีการวิจัยเชิงวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน (Cost-Benefit Analysis) เพื่อนำเสนอข้อมูลเชิงประจักษ์แก่ผู้บริหารในการสนับสนุนทรัพยากรที่จำเป็นต่อการป้องกันการติดเชื้อ

สรุปผล: สามารถอภิปรายผลตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยได้ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์สถานการณ์และปัญหาการติดเชื้อ CLABSI พบว่าปัจจัยสำคัญเกิดจากลักษณะผู้ป่วยเป็น

ผู้ป่วยวิกฤตที่สูงอายุ มีโรคร่วม เรื้อรัง ภูมิคุ้มกันต่ำ ความรุนแรงของโรคสูง มีความจำเป็นต้องใส่สายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลาง ได้รับยาที่มีความเข้มข้นสูง และมีความจำเป็นที่จะต้องมีการประเมินและติดตามการรักษาด้วยการวัดค่าแรงดันเลือดส่วนกลาง และในผู้ป่วยที่มีปัญหาของการส่งผลการตรวจทางห้องปฏิบัติการ (เจาะเลือดบ่อย / หาเส้นยาก) ซึ่งล้วนเป็นปัจจัยเสี่ยงสำคัญต่อการเกิดการติดเชื้อ CLABSI

2. แนวปฏิบัติทางการพยาบาลเพื่อป้องกันการติดเชื้อ CLABSI ที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ได้จริงในบริบทของหอผู้ป่วยวิกฤต และช่วยให้การดูแลสายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลางมีความเป็นระบบมากขึ้น

3. ประสิทธิผลของแนวปฏิบัติฯ พบว่า หลังการใช้แนวปฏิบัติ กลุ่มทดลองไม่พบการติดเชื้อ CLABSI ขณะที่กลุ่มควบคุมพบการติดเชื้อ แสดงให้เห็นว่าแนวปฏิบัติสามารถลดการติดเชื้อได้อย่างมีประสิทธิผล

4. ความรู้และการปฏิบัติของพยาบาลวิชาชีพภายหลังการใช้แนวปฏิบัติพบว่า พยาบาลมีความรู้เพิ่มขึ้นระดับปานกลางเป็นระดับสูง และสามารถปฏิบัติตามแนวปฏิบัติได้ในระดับมาก สะท้อนถึงการพัฒนาศักยภาพในการดูแลผู้ป่วยและการป้องกันการติดเชื้อ

5. พยาบาลวิชาชีพมีความพึงพอใจต่อการใช้แนวปฏิบัติในระดับมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าแนวปฏิบัติมีความเหมาะสม สามารถนำไปใช้ในงานจริงและเอื้อต่อการปฏิบัติงานในหอผู้ป่วยวิกฤต

บทสรุป

การวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า **"การมีแนวปฏิบัติที่ชัดเจนและเป็นมาตรฐานเดียวกัน"** สามารถชดเชยความเสี่ยงจากตัวผู้ป่วย (ภาวะวิกฤต) และความเสี่ยงจากตำแหน่งที่ใส่สายสวนบริเวณ Femoral vein ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ พญ.ณัฐวิภา โลเกศเสถียร อายุรแพทย์ โรงพยาบาลเพชรบูรณ์, พว.ปิยะฉัตร ปิตกาญจนกุล พยาบาลควบคุมและป้องกันการติดเชื้อ และ พว.รุ่งทิพย์ สวัสดี หัวหน้าหอผู้ป่วยไอซียู อายุรกรรม สำหรับการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของรูปแบบแนวปฏิบัติ, ดร.สมหมาย คชนาม สำหรับคำแนะนำเรื่องสถิติ ตลอดจนพยาบาลวิชาชีพ รวมทั้งผู้ป่วยหอผู้ป่วยไอซียู อายุรกรรมและหอผู้ป่วยวิกฤตหัวใจและหลอดเลือด โรงพยาบาลเพชรบูรณ์ ทุกคนที่ให้ความร่วมมือตลอดงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมโรค. 2564. แนวปฏิบัติการป้องกันและควบคุมการติดเชื้อในโรงพยาบาล. นนทบุรี: กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข.

กรมอนามัย. 2565. ผลลัพธ์การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ในการพยาบาลผู้ป่วยคาสายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลาง. นนทบุรี: กระทรวงสาธารณสุข.

กำธร มาลาธรรม และ สุสัณห์ อาศนะเสน. 2556. คู่มือปฏิบัติการป้องกันและควบคุมการติดเชื้อในโรงพยาบาล. กรุงเทพฯ: สถาบันบำราศนราดูร กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข.

จิราภรณ์ ปลัดศรีช่วย. 2561. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติในการป้องกันการติดเชื้อในกระแสโลหิตที่สัมพันธ์กับการใส่สายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลางของพยาบาลวิชาชีพ. วิทยานิพนธ์พยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ฉันทนา จันแจ่ม. 2563. การพัฒนาสื่อวีดิทัศน์การป้องกันการติดเชื้อในกระแสโลหิตที่สัมพันธ์กับการใส่สายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลางสำหรับพยาบาล. วิทยานิพนธ์พยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ปาลิดา นราวุฒิพร. 2565. การพยาบาลผู้ป่วยที่ติดเชื้อในกระแสเลือดจากการใส่สายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลาง: กรณีศึกษาเปรียบเทียบ. วารสารพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยคริสเตียน. 9(2): 70–87.

พรพิมล อรรถพรกุศล. 2560. ความรู้ ทัศนคติ และการปฏิบัติในการป้องกันการติดเชื้อในกระแสโลหิตที่สัมพันธ์กับการใส่สายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลางของพยาบาลวิชาชีพ. วิทยานิพนธ์พยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

พัชรีย์ ภูเงิน และคณะ. 2559. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการติดเชื้อแบคทีเรียในกระแสเลือดในผู้ป่วยหอผู้ป่วยวิกฤต. Srinagarind Medical Journal 31(4): 363–371.

ภัทราภรณ์ ศรีพรมมา และ ดวงกมล สุขทองสา. 2562. การดูแลผู้ป่วยที่ติดเชื้อในกระแสเลือดจากการใส่สายหลอดเลือดดำส่วนกลาง: กรณีศึกษา. วชิรพยาบาลสาร, 21(2), 88–99.

วงเดือน สุวรรณคิรี และ อรพิน จุลมุสิ. 2564. การป้องกันการติดเชื้อในกระแสเลือดที่สัมพันธ์กับการใส่คาสายสวนหลอดเลือดส่วนกลาง. วารสารการพยาบาลและสุขภาพ. 15(2): 14–26.

สถาบันบำราศนราดูร กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. 2567. แนวปฏิบัติเพื่อป้องกันและควบคุมการติดเชื้อในโรงพยาบาล (Updating IPC Guidelines for Thailand 2024). นนทบุรี: สำนักพิมพ์อักษรกราฟฟิคแอนด์ดีไซน์.

สมาคมโรคติดเชื้อในโรงพยาบาลแห่งประเทศไทย. 2563. แนวทางการป้องกันการติดเชื้อในกระแสเลือดจากสายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลาง. กรุงเทพฯ: สมาคมโรคติดเชื้อในโรงพยาบาลแห่งประเทศไทย.

สิริลักษณ์ อภิวาณิชย์. 2562. การควบคุมการติดเชื้อในผู้ป่วยวิกฤต. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ทางการแพทย์.

สุพัตรา อุปนิสากร และคณะ. 2560. ผลของโปรแกรมป้องกันการติดเชื้อในกระแสเลือดจากสายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลางในหอผู้ป่วยหนัก. วารสารการพยาบาล, 32(2): 1095-1104

อะเคื้อ อุณหเลขกะ. 2560. แนวปฏิบัติการป้องกันการติดเชื้อที่สัมพันธ์กับการใส่สายสวนหลอดเลือด. กรุงเทพฯ: บริษัท เทคโนเมดิคัล จำกัด (มหาชน).

Centers for Disease Control and Prevention. 2019. Targeted assessment for prevention strategies to reduce healthcare-associated infections. Available: https://www.cdc.gov/hai/prevent/tap.html. Accessed Dec. 12, 2024.

Goossens, G. A. 2015. Flushing and locking of venous catheters: Available evidence and evidence deficit. Nursing Research and Practice. 2015: Article ID 985686.

Kaewborworn, T. 2023. The effects of a prevention program for central line-associated bloodstream infection on nurses' knowledge. Nursing Science Journal of Thailand. 41(1): 1–13.

Kaewborworn, T., Sanasuttipun, W., and Danaidutsadeekul, S. 2023. Effects of a prevention program for central line-associated bloodstream infection on nurses' knowledge and practice, and infection rate in pediatric intensive care units. Nursing Science Journal of Thailand. 41(2): 76–92.

การพัฒนาโปรแกรมส่งเสริมทักษะชีวิตบนพื้นฐานหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงต่อภาวะซึมเศร้าของวัยรุ่นที่มีภาวะซึมเศร้า: การศึกษาเบื้องต้น

The Effect of an Enhancing Life Skill Based on Sufficient Economy Program on Depression Among Adolescents with Depression: A Preliminary Study

ปานชีวา วัชรานนท์[1*] อรวรรณ หนูแก้ว[2] และวีณา คันฉ้อง[2]

Panchiwa Watcharanon[1*] Orawan Nukaew2 Weena Chanchong[2]

[1]บัณฑิตศึกษาสาขาการพยาบาลจิตเวชและสุขภาพจิต คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 90110

[2]สาขาการพยาบาลจิตเวชและสุขภาพจิต คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 90110

[1] Graduate Studies in Psychiatric and Mental Health Nursing, Faculty of Nursing, Prince of Songkla University, 90110

[2] Department of Psychiatric and Mental Health Nursing, Faculty of Nursing, Prince of Songkla University, 90110

*Corresponding author E-mail: Panchiwawatch@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยและพัฒนาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมส่งเสริมทักษะชีวิตบนพื้นฐานหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงต่อภาวะซึมเศร้าของวัยรุ่นที่มีภาวะซึมเศร้า โดยใช้กระบวนการพัฒนาโปรแกรม 2 ระยะ คือ 1) พัฒนาโปรแกรมส่งเสริมทักษะชีวิตบนพื้นฐานหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ซึ่งผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจากผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน และ 2) การทดลองใช้โปรแกรมด้วยกลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 คน โดยเครื่องมือประกอบด้วย 1) โปรแกรมส่งเสริมทักษะชีวิตบนพื้นฐานหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง 2) แบบสอบถามข้อมูลทั่วไปของวัยรุ่นที่มีภาวะซึมเศร้าและผู้ปกครอง 3) แบบประเมินภาวะซึมเศร้าในวัยรุ่น (CES-D) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพรรณนาและสถิติ Wilcoxon Signed-Ranks test

ผลการศึกษา พบว่า โปรแกรมส่งเสริมทักษะชีวิตบนพื้นฐานหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงประกอบด้วย 1) รูปแบบกิจกรรมรายกลุ่ม 2) ประกอบด้วย 4 กิจกรรม กิจกรรมละ 45-50 นาที สัปดาห์ละ 1 ครั้ง ต่อเนื่องกัน 4 สัปดาห์ และ 3) ค่ามัธยฐานของคะแนนภาวะซึมเศร้าหลังได้รับโปรแกรมส่งเสริมทักษะชีวิตบนพื้นฐานหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงต่ำกว่าก่อนได้รับโปรแกรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($z=-2.831$, $p<.01$) สรุปผลการวิจัยครั้งนี้ พบว่า โปรแกรมส่งเสริมทักษะชีวิตบนพื้นฐานหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงสามารถลดภาวะซึมเศร้าของวัยรุ่นที่มีภาวะซึมเศร้าในโรงเรียนได้

คำสำคัญ : ทักษะชีวิต, หลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง, ภาวะซึมเศร้า, วัยรุ่น

Abstract

This research and development study aimed to develop a Life skill enhancement program based on Sufficiency Economy for adolescents with depression. The development process consisted of two phases: 1) Program development based on a literature review, which was validated for content validity by three experts; and 2) pilot testing the program with 10 participants. The research instruments included: 1) The Life skill enhancement program based on Sufficiency Economy, 2) Demographic questionnaires for adolescents and their parents, and 3) The Center for Epidemiologic Studies-Depression Scale (CES-D). Data were analyzed using descriptive statistics and the Wilcoxon Signed-Ranks test.

The results revealed that the program consisted of: 1) a group activity format, 2) four sessions, each lasting 45-50 minutes, conducted once a week for four consecutive weeks. Furthermore, 3) the median depression score after participating in the program was significantly lower than the pre-intervention score ($z = -2.831$, $p < .01$). In conclusion, this study suggests that the Life skill enhancement program based on Sufficiency Economy can effectively reduce depression among adolescents in school settings.

Keywords: Life skills, Sufficiency Economy, Depression, Adolescents

บทนำ

ช่วงวัยรุ่นเป็นระยะเปลี่ยนผ่านที่มีความเปราะบางทางอารมณ์สูง ซึ่งหากขาดความมั่นคงทางจิตใจอาจนำไปสู่ภาวะซึมเศร้าได้ (ดวงใจ วัฒนสิทธุ์, 2564) จากสถิติในปี 2567 ขององค์การอนามัยโลก (2024) ระบุว่าวัยรุ่นทั่วโลกเผชิญกับภาวะซึมเศร้าร้อยละ 14.3 ขณะที่สถานการณ์ในประเทศไทย พบอัตราภาวะซึมเศร้าสูงถึงร้อยละ 26 และมีความเสี่ยงต่อการฆ่าตัวตายร้อยละ 12.5 (กรมสุขภาพจิต, 2567) ซึ่งในบริบทของโรงเรียนพบนักเรียนมัธยมศึกษาที่มีภาวะซึมเศร้า ร้อยละ 43.6 (วราวรรณ สุทธิประภา และ พัชรี ด้วงคำจันทร์, 2567) นอกจากนี้ข้อมูลจากโรงพยาบาลจิตเวชสงขลาราชนครินทร์ (2566) พบว่าวัยรุ่นเป็นกลุ่มที่ป่วยด้วยโรคซึมเศร้าสูงที่สุดถึงร้อยละ 38.24

ความผิดปกติทางอารมณ์ในวัยรุ่นมักแสดงออกผ่านอาการทางคลินิกที่หลากหลาย เช่น อารมณ์เศร้าหงุดหงิดง่าย และการมีคุณค่าในตนเองต่ำ ซึ่งส่งผลกระทบไปสู่ประสิทธิภาพการเรียนและปฏิสัมพันธ์ทางสังคม

(WHO, 2023; สถาบันสุขภาพจิตเด็กและวัยรุ่นราชนครินทร์, 2561) มีความสอดคล้องกับการขาดทักษะชีวิตที่เป็นกลไกสำคัญในการป้องกันปัญหาสุขภาพจิตในวัยรุ่น ปัจจุบันวัยรุ่นที่มีความเสี่ยงภาวะซึมเศร้าในโรงเรียนจะมีการดูแลโดยการให้การปรึกษาและให้ความรู้ ติดตามโดยระบบสุขภาพจิตโรงเรียน School Health HERO (Health and Educational Reintegrating Operation) สำหรับคุณครู (กรมสุขภาพจิต, 2565)

ทักษะชีวิต ตามนิยามของ WHO (1997) คือ ขีดความสามารถในการบริหารจัดการตนเองและพฤติกรรมในเชิงบวก เพื่อเผชิญกับปัญหาในชีวิตได้อย่างเหมาะสม โดยประกอบด้วยทักษะสำคัญ 10 ด้าน ที่มุ่งเน้นการพัฒนาทั้งระบบคิด (Cognitive) อารมณ์ (Emotional) และสังคม (Social) ในขณะเดียวกันการนำหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง มาบูรณาการในโรงเรียน ถือเป็นกลยุทธ์สำคัญที่ช่วยให้วัยรุ่นสามารถปรับตัวเข้ากับสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงได้ (สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ, 2559) โดยอาศัยหลักการมีเหตุผลและการสร้างภูมิคุ้มกันที่ดี การฝึกฝนจะช่วยให้วัยรุ่นเกิดความเข้มแข็งทางจิตใจ มีทักษะการแก้ไขปัญหาที่เหมาะสม และสร้างสมดุลทางอารมณ์ ซึ่งเป็นปัจจัยปกป้องที่ช่วยลดความเสี่ยงต่อภาวะซึมเศร้า และเสริมสร้างคุณค่าในตนเองให้มั่นคง (Thummathai et al., 2020)

แม้โรงเรียนจะมีกลไกการดูแลเบื้องต้น แต่ด้วยภาระงานและสัดส่วนบุคลากรที่ไม่สมดุล ทำให้การเข้าถึงการช่วยเหลือเชิงลึกเป็นไปได้ยาก พยาบาลจิตเวชจึงต้องเข้ามามีบทบาทเชิงรุกในการออกแบบนวัตกรรมการดูแลที่สร้างสรรค์และสอดคล้องกับบริบทของวัยรุ่น (ภุมรินทร์ อินชัวรี, 2560) โดยการประยุกต์ใช้ทักษะชีวิต 10 ประการควบคู่กับหลัก 3 ห่วง 2 เงื่อนไขตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง จะช่วยให้วัยรุ่นเกิดความตระหนักรู้ มีเหตุผล และมีความสามารถในการจัดการอารมณ์ ความเครียดได้ด้วยตนเอง

ดังนั้นผู้วิจัยจึงพัฒนาโปรแกรมส่งเสริมทักษะชีวิตบนพื้นฐานหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงในวัยรุ่นที่มีภาวะซึมเศร้า โดยการศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ประกอบด้วย 2 ระยะ คือ 1) พัฒนาโปรแกรมส่งเสริมทักษะชีวิตบนพื้นฐานหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง และ 2) การทดลองใช้โปรแกรมส่งเสริมทักษะชีวิตบนพื้นฐานหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง โดยการศึกษานี้จึงมุ่งเน้นการสร้างโปรแกรมที่ส่งเสริมให้วัยรุ่นเกิดการปรับตัวทางสังคมและพัฒนาจิตใจให้เข้มแข็ง เพื่อเป็นเกราะป้องกันภาวะซึมเศร้าและลดความรุนแรงของโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ประกอบด้วย 2 ระยะ คือ 1) พัฒนาโปรแกรมส่งเสริมทักษะชีวิตบนพื้นฐานหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง และ 2) การทดลองใช้โปรแกรมส่งเสริมทักษะชีวิตบนพื้นฐานหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

ระยะที่ 1 พัฒนาโปรแกรมส่งเสริมทักษะชีวิตบนพื้นฐานหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ประกอบด้วย

1. การศึกษาและวิเคราะห์สถานการณ์ปัจจุบันของวัยรุ่นที่กำลังศึกษาอยู่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในโรงเรียนมัธยมศึกษาของรัฐบาลในจังหวัดสงขลา

2. ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับโปรแกรมการบำบัดทางจิตสังคม และภาวะซึมเศร้าในวัยรุ่น โดยใช้แนวคิด PICO คือ P: นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย, วัยรุ่นตอนปลาย (High school student, Late Adolescence, Late Adolescent, Teenager, Youth) I: โปรแกรม, ผลของโปรแกรม, ประสิทธิ์ผล (Programs, Intervention, The Effect, Effectiveness) C: การดูแลมาตรฐาน, แนวปฏิบัติ (Standard care, Routine care) และ O: ภาวะซึมเศร้า, อาการซึมเศร้า (Depression, Depressive, Depressive symptoms) โดยศึกษาในฐานข้อมูลทั้งในและต่างประเทศไทย ได้แก่ ThaiJO, Google Scholar, PubMed , Cochrane Library ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2562 – 2567 (ค.ศ. 2019 - 2024) พบว่า ในขั้นตอนการสืบค้นมีงานวิจัยทั้งหมด 126 เรื่อง วิเคราะห์ความเป็นไปได้ ความเหมาะสมของบริบทวัยรุ่นในโรงเรียน กรอบแนวคิดและนำมาประเมินค่าระดับความน่าเชื่อถือของหลักฐานเชิงประจักษ์ตามเกณฑ์การประเมินค่าของ The Joanna Briggs Institute (2014) และผ่านการวิเคราะห์และสังเคราะห์งานวิจัย ได้งานวิจัยจากการคัดเลือกจำนวน 8 เรื่อง

3. การพัฒนาโปรแกรมส่งเสริมทักษะชีวิตบนพื้นฐานหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ที่พัฒนามาจากแนวคิดทักษะชีวิตขององค์การอนามัยโลก ร่วมกับหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง และร่วมกับการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวของกับการลดภาวะซึมเศร้าในวัยรุ่น โดยพัฒนากิจกรรมจากการทบทวนหลักฐานเชิงประจักษ์

4. การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือเชิงเนื้อหาที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย คือ โปรแกรมส่งเสริมทักษะชีวิตบนพื้นฐานหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง โดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ได้ค่า IOC (Index of item objective) เท่ากับ 0.89 และปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ

ระยะที่ 2 การทดลองใช้โปรแกรมส่งเสริมทักษะชีวิตบนพื้นฐานหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

นำโปรแกรมส่งเสริมทักษะชีวิตบนพื้นฐานหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ซึ่งได้รับการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ ทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนวัยรุ่นที่กำลังศึกษาในชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 10 คน (Yalom & Leszcz, 2020) โดยคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (purposive sampling) ที่มี

คุณสมบัติตามเกณฑ์ คือ นักเรียนวัยรุ่นที่กำลังศึกษาในชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายชั้นปีที่ 4-6 อายุ 16-18 ปี มีคะแนนแบบประเมินภาวะซึมเศร้าในวัยรุ่น PHQ-A = 5-14 คะแนน (มีภาวะซึมเศร้าระดับน้อยถึงปานกลาง) ไม่ได้รับการวินิจฉัยโรคทางจิตเวช ไม่มีประวัติโรคประจำตัว และความบกพร่องทางร่างกาย ไม่มีประวัติการเกิดอุบัติเหตุ ที่กระทบกระเทือนศีรษะหรือการบาดเจ็บทางสมอง

เครื่องมือในวิจัยประกอบด้วย 3 ส่วน คือ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล และเครื่องมือคัดกรอง

1. **เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง** คือ โปรแกรมส่งเสริมทักษะชีวิตบนพื้นฐานหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง พัฒนาขึ้นโดยใช้แนวคิดทักษะชีวิตขององค์การอนามัยโลก ร่วมกับหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง และร่วมกับการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวของกับการลดภาวะซึมเศร้าในวัยรุ่น ประกอบด้วย 4 กิจกรรม กิจกรรมละ 60-90 นาที สัปดาห์ละ 1 ครั้ง ต่อเนื่องกัน 4 สัปดาห์

2. **เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล** คือ แบบสอบถามข้อมูลทั่วไปของวัยรุ่นที่มีภาวะซึมเศร้า แบบสอบถามข้อมูลผู้ปกครองของวัยรุ่นที่มีภาวะซึมเศร้า และแบบประเมินภาวะซึมเศร้าในวัยรุ่น (CES-D) พัฒนาโดย Lenore Radloff (1997) นำมาแปลฉบับภาษาไทยโดยอุมาพร ตรังคสมบัติ (2540) จำนวน 20 ข้อคำถาม เกี่ยวข้องกับอาการซึมเศร้าในระยะเวลา 1 สัปดาห์ที่ผ่านมา ซึ่งมีค่าความเที่ยงของเครื่องมือได้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาค เท่ากับ .826

3. **เครื่องมือคัดกรอง** คือ แบบประเมินภาวะซึมเศร้าในวัยรุ่น (PHQ-A) แปลไทยและพัฒนาโดย วิมลวรรณ ปัญญาว่องและคณะ (2561) แบบประเมินด้วยตนเอง มี 9 ข้อคำถาม เพื่อบอกความรุนแรงของอาการของภาวะซึมเศร้า ในช่วง 2 สัปดาห์ที่ผ่านมา

ผลการวิจัย

ผลการพัฒนาโปรแกรมส่งเสริมทักษะชีวิตบนพื้นฐานหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง พบว่า

1. โปรแกรมส่งเสริมทักษะชีวิตบนพื้นฐานหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง มีองค์ประกอบ คือ 1) รูปแบบกิจกรรมรายกลุ่ม 2) ประกอบด้วย 4 กิจกรรม กิจกรรมละ 45-50 นาที สัปดาห์ละ 1 ครั้ง ต่อเนื่องกัน 4 สัปดาห์ ดังตาราง 1

ตาราง 1 *กิจกรรมของโปรแกรมส่งเสริมทักษะชีวิตบนพื้นฐานหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง*

ชื่อกิจกรรม	**ระยะเวลา**	**วัตถุประสงค์ของกิจกรรม**
1. รู้ทันซึมเศร้า เรารับมือได้	45-50 นาที	เพื่อสร้างสัมพันธภาพ และแลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับภาวะซึมเศร้าที่สะท้อนเหตุการณ์ขณะที่ตนมีอาการแสดงของภาวะซึมเศร้าและเพิ่มพูนความรู้เกี่ยวกับภาวะซึมเศร้า แนะนำการใช้คู่มือคู่ใจประจำเทอม และมอบหมายการบ้าน
2.รู้คุณค่าหาเป้าหมายหลากหลายอารมณ์	45-50 นาที	เพื่อสร้างความตระหนักรู้คุณค่าในตนเอง สามารถกำหนดเป้าหมายในชีวิตของตนเองได้อย่างพอประมาณตามข้อดีและศักยภาพของตนเอง และร่วมกันทบทวนถึงสาเหตุของอารมณ์ที่เกิดขึ้น และการแลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับอารมณ์ สามารถเลือกวิธีการจัดการอารมณ์ได้อย่างเหมาะสมและเฉพาะเจาะจงกับตนเอง
3. สื่อสารดีมีเหตุผลข้ามพ้นความเครียด	45-50 นาที	เพื่อทบทวนถึงสาเหตุของความเครียด และแลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับวิธีการจัดการความเครียด การค้นหาทางเลือกในการตัดสินใจสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันอย่างมีเหตุผล เป็นระบบและรอบคอบ และฝึกการสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ
4. เข้าใจผู้อื่น ยืนด้วยตนเอง	45-50 นาที	เพื่อฝึกการเข้าใจผู้อื่น และสามารถนำความรู้และทักษะที่ได้ฝึกฝนไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน วางแผนเป้าหมายของตนเองในระยะยาว พร้อมทั้งมีการให้กำลังใจตนเองและผู้อื่น

2. การทดลองใช้โปรแกรมส่งเสริมทักษะชีวิตบนพื้นฐานหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง พบว่าข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง จากกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 90 นับถือศาสนาพุทธ ร้อยละ 90 อยู่ในช่วงอายุ 16 กำลังศึกษาอยู่ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในสายการเรียนโครงการห้องเรียนพิเศษภาษาอังกฤษ-จีน และภาษาอังกฤษ-ญี่ปุ่น อย่างละร้อยละ 40 มีเกรดเฉลี่ยสะสมอยู่ในช่วง 3.01-4.00 ร้อยละ 60 ได้รับเงินมาโรงเรียน 2,000-3,000 บาท/เดือน ส่วนใหญ่เพียงพอต่อการใช้จ่ายร้อยละ 90 สำหรับเพื่อนสนิทในโรงเรียน

ส่วนใหญ่มีมากกว่า 4 คน ร้อยละ 70 และมีบุคคลที่สามารถปรึกษาได้ ร้อยละ 90 ส่วนใหญ่ไม่มีประวัติการโดนกลั่นแกล้งในโรงเรียนร้อยละ 90 และสำหรับข้อมูลทั่วไปด้านผู้ปกครองของกลุ่มตัวอย่าง ส่วนใหญ่อาศัยอยู่กับบิดาและมารดา ร้อยละ 50 มีรายได้ในครอบครัว 30,001-50,000 บาท ร้อยละ 50 ส่วนใหญ่มีรายได้เพียงพอต่อการดำเนินชีวิต ร้อยละ 80 กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ปฏิเสธประวัติโรคทางจิตเวชในครอบครัว ร้อยละ 80 สำหรับความสัมพันธ์รักใคร่กลมเกลียว ร้อยละ 60 มีบุคคลที่สนิทในครอบครัวเป็นมารดา ร้อยละ 40 สำหรับรูปแบบการเลี้ยงดูเป็นการอบรมเลี้ยงดูแบบเอาใจใส่ ร้อยละ 80 การสื่อสารในครอบครัวเป็นรูปแบบรับฟังซึ่งกันและกัน ร้อยละ 50 และเวลาทำกิจกรรมร่วมกัน มีมากกว่า 21 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ ร้อยละ 40 และไม่มีเวลาร่วมกัน ร้อยละ 40

ผลจากการศึกษาเปรียบเทียบคะแนนภาวะซึมเศร้ารายด้านของวัยรุ่นที่มีภาวะซึมเศร้าก่อนและหลังได้รับโปรแกรมส่งเสริมทักษะชีวิตบนพื้นฐานหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง พบว่า หลังได้รับโปรแกรมวัยรุ่นที่มีภาวะซึมเศร้ามีคะแนนภาวะซึมเศร้าด้านความรู้สึกในทางเศร้า ความรู้สึกในทางบวก อาการทางกายและความเชื่องช้า ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล และคะแนนภาวะซึมเศร้าโดยรวมต่ำกว่าก่อนได้รับโปรแกรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (z=-2.831, p<.01) แสดงดังตาราง 2

ตาราง 2 *เปรียบเทียบค่ามัธยฐาน (Median) ค่าพิสัยกึ่งควอไทล์ (IQR) ของคะแนนภาวะซึมเศร้ารายด้านและโดยรวม ก่อนและหลังการได้รับโปรแกรม (n=10)*

ภาวะซึมเศร้า	ก่อนการทดลอง (n=10)		หลังการทดลอง (n=10)		z	*p*-value
	Mdn	IQR	Mdn	IQR		
ความรู้สึกในทางเศร้า	5.00	4	1.50	4	-2.842	.004
ความรู้สึกในทางบวก	3.00	3	2.00	2	-2.827	.005
อาการทางกายความเชื่องช้า	5.00	4	2.50	5	-2.871	.004
ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	0.00	2	0.00	1	-2.000	.046
โดยรวม	14.50	9	6.5	8	-2.831	.005

วิจารณ์ผล

จากการพัฒนาโปรแกรมส่งเสริมทักษะชีวิตบนพื้นฐานหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง เพื่อศึกษาเปรียบเทียบคะแนนภาวะซึมเศร้าของวัยรุ่นที่มีภาวะซึมเศร้า พบว่า หลังได้รับโปรแกรมวัยรุ่นที่มีภาวะซึมเศร้ามีคะแนนภาวะซึมเศร้าด้านความรู้สึกในทางเศร้า ความรู้สึกในทางบวก อาการทางกายและความเชื่องช้า ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล และคะแนนภาวะซึมเศร้าโดยรวมต่ำกว่าก่อนได้รับโปรแกรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (z=-2.831, p<.01) แสดงให้เห็นว่าโปรแกรมส่งเสริมทักษะชีวิตบนพื้นฐานหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ที่พัฒนาขึ้นโดยใช้แนวคิดทักษะชีวิตขององค์การอนามัยโลก ร่วมกับหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง และร่วมกับการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการลดภาวะซึมเศร้าในวัยรุ่น สามารถลดภาวะซึมเศร้าของวัยรุ่นที่มีภาวะซึมเศร้าในโรงเรียนได้ โดยอภิปรายกิจกรรมที่สามารถลดภาวะซึมเศร้า ได้ดังนี้

กิจกรรมที่ 1 “รู้ทันซึมเศร้า เรารับมือได้” เป็นการสร้างสัมพันธภาพและแลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับภาวะซึมเศร้า เสริมสร้างความรู้เกี่ยวกับภาวะซึมเศร้า สอดคล้องกับงานวิจัยของ ถิรนันท์ ผิวผา (2562) พบว่า การพัฒนาความรู้เกี่ยวกับภาวะซึมเศร้าจะช่วยให้สามารถฝึกทักษะที่เกี่ยวข้องกับการลดภาวะซึมเศร้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ (t = 19.65, p<.001) นอกจากนี้การค้นหาแนวทางในการจัดการภาวะซึมเศร้าที่เหมาะสมกับตนเอง โดยเปิดโอกาสให้วัยรุ่นได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ประสบการณ์ สอดคล้องกับงานวิจัยของธนพล บรรดาศักดิ์ (2564) พบว่า รูปแบบกิจกรรมกลุ่มช่วยให้วัยรุ่นมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีต่อกัน และการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ภายในกลุ่มเป็นกลไกสำคัญที่ทำให้สุขภาพจิตดีขึ้นอย่างรวดเร็ว (p<.001)

กิจกรรมที่ 2 “รู้คุณค่าหาเป้าหมาย หลากหลายอารมณ์” ช่วยให้วัยรุ่นเกิดความตระหนักรู้ในตนเอง การกำหนดเป้าหมายในชีวิตของตนเองได้อย่างพอประมาณตามข้อดีและศักยภาพของตนเอง ซึ่งการเปิดโอกาสให้วัยรุ่นได้ค้นหาจุดแข็งและตั้งเป้าหมายที่พอประมาณ ไม่กดดันตนเองจนเกินไป สอดคล้องกับแนวคิดของ Thummathai et al. (2020) พบว่า การรับรู้ความสามารถของตนเองและการมีเป้าหมายที่เหมาะสมจะช่วยสร้างภูมิคุ้มกันทางจิตใจและลดภาวะซึมเศร้าได้ นำไปสู่การเลือกวิธีการจัดการอารมณ์ได้อย่างเหมาะสมและเฉพาะเจาะจงกับตนเอง สอดคล้องกับงานวิจัยของ นครินทร์ สุวรรณแสง (2560) พบว่า การรู้จักตนเองช่วยเสริมสร้างความฉลาดทางอารมณ์ และความสามารถในการจัดการอารมณ์ ช่วยเพิ่มความเข้มแข็งในการเผชิญกับภาวะวิกฤตทางอารมณ์ได้ (t=3.12, p<.05)

กิจกรรมที่ 3 “สื่อสารดีมีเหตุผล ข้ามพ้นความเครียด” เป็นแลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับวิธีการจัดการความเครียด และการตัดสินใจแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น ค้นหาทางเลือกในการตัดสินใจสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันอย่างมีเหตุผล เป็นระบบและรอบคอบ และฝึกการสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งการได้ฝึกค้นหาทางเลือกในการตัดสินใจอย่างเป็นระบบและรอบคอบ สอดคล้องกับงานวิจัยของบัณฑิตา ประสิทธิ์ศาสตร์

(2563) พบว่า การฝึกทักษะชีวิตช่วยยกระดับกลยุทธ์การเผชิญปัญหาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น พร้อมทั้งทักษะการตัดสินใจ จะส่งผลต่อภาวะสุขภาพจิตที่ดี (t=5.49, p<.001)

กิจกรรมที่ 4 “เข้าใจผู้อื่น ยืนด้วยตนเอง” เป็นการฝึกการเข้าใจผู้อื่นและสามารถนำความรู้และทักษะที่ได้ฝึกฝนไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน สะท้อนคิดและทบทวนความรู้ วางแผนเป้าหมายของตนเองในระยะยาว พร้อมทั้งมีการให้กำลังใจตนเองและผู้อื่น ทำให้วัยรุ่นรู้สึกได้รับการประคับประคองทางอารมณ์จากเพื่อนในกลุ่ม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุตาภัทร ประดับแก้ว (2557) ที่ว่าแรงสนับสนุนทางสังคมมีอิทธิพลทางบวกต่อสุขภาพจิตของวัยรุ่น การที่สมาชิกในกลุ่มเกิดความเข้าใจเห็นใจกัน จึงเป็นเกราะป้องกันที่สำคัญที่ทำให้วัยรุ่นสามารถปรับตัวและยืนหยัดด้วยตนเองได้ในระยะยาว (p<.05)

โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถลดภาวะซึมเศร้าได้แตกต่างจากการดูแลของโรงเรียน เนื่องจากมีการเติมเต็มช่องว่างของการดูแลระบบเดิมอย่างเป็นระบบ โดยเปลี่ยนบทบาทของวัยรุ่นจากผู้รับบริการในเชิงรับ (Passive) ไปสู่การเป็นผู้จัดการอารมณ์ตนเอง ผ่านกระบวนการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ (Active Learning) ที่เน้นการฝึกทักษะชีวิตซ้ำ ๆ และการสะท้อนคิดผ่านสมุดคู่ใจประจำเทอม จนทักษะเหล่านั้นตกผลึกเป็นภูมิคุ้มกันทางใจที่ยั่งยืน ช่วยให้วัยรุ่นรับมือกับวิกฤตและความผิดหวังได้โดยไม่ทรุดตัวลงง่าย นอกจากนี้ความสำเร็จของโปรแกรมยังเกิดจากการใช้กระบวนการกลุ่มตามแนวคิดของ Yalom สร้างพื้นที่ปลอดภัยให้วัยรุ่นได้แลกเปลี่ยนประสบการณ์กับเพื่อนวัยเดียวกัน ช่วยลดความรู้สึกโดดเดี่ยวและแปลกแยก ซึ่งแตกต่างจากการปรึกษาตัวต่อตัวกับผู้ใหญ่ที่มักมีช่องว่างระหว่างวัย การได้เห็นต้นแบบการจัดการปัญหาจากเพื่อนช่วยสร้างแรงสนับสนุนทางสังคมและทัศนคติเชิงบวกต่อการบำบัด ผนวกกับการออกแบบกิจกรรมในลักษณะการเรียนรู้ผ่านการเล่น (Play-based Learning) ที่สอดคล้องกับธรรมชาติของวัยรุ่น ทำให้การเยียวยาไม่ใช่เรื่องน่าเบื่อ แต่เป็นการสร้างความสำเร็จเล็ก ๆ ในทุกกิจกรรม ซึ่งช่วยฟื้นฟูความมั่นใจและเสริมสร้างศักยภาพในการจัดการความเศร้าได้อย่างเหมาะสมตามบริบทของตนเองในระยะยาว

สรุปผล

วัยรุ่นที่มีภาวะซึมเศร้าที่ได้รับโปรแกรมส่งเสริมทักษะชีวิตบนพื้นฐานหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงสามารถลดภาวะซึมเศร้าได้ ผ่านการฝึกทักษะชีวิต ในการคิดสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การตระหนักรู้ในตน การเข้าใจผู้อื่น การตัดสินใจ การแก้ปัญหา การสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ การสร้างสัมพันธภาพระหว่างบุคคล การจัดการกับอารมณ์ และการจัดการกับความเครียด ตามความเหมาะสมของตนเอง บนหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ผ่าน 3 ห่วง 2 เงื่อนไข เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ฝึกทักษะบนข้อจำกัดและความถนัดของ

ตนเอง ทำให้เกิดการพึ่งตนเองอย่างยั่งยืน ส่งผลให้วัยรุ่นสามารถจัดการภาวะซึมเศร้าของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกลุ่มตัวอย่างทุกท่านที่ได้ให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมและให้ข้อมูลอันทรงคุณค่าสำหรับการศึกษาในครั้งนี้ และขอขอบพระคุณคณะผู้บริหารและคณะครูในโรงเรียนที่เกี่ยวข้อง ที่ได้อำนวยความสะดวกในการจัดเก็บข้อมูล

ขอขอบพระคุณ ทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ภายใต้การสนับสนุนจากกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ที่ได้พิจารณามอบทุนอุดหนุนการวิจัย

ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้คำแนะนำ อบรมสั่งสอน และเป็นแรงบันดาลใจให้กับผู้วิจัยให้เป็นผู้ที่มีความรู้และประสบความสำเร็จในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมสุขภาพจิต. (2565). คู่มือการใช้งานครูฉบับย่อระบบสุขภาพจิตโรงเรียน. แหล่งข้อมูล: https://mhc7.dmh.go.th/wp-content/uploads/2022/12/คู่มือการใช้งานครู-ฉบับย่อ-School-Health-HERO-ปป.pdf. ค้นเมื่อ 10 กรกฎาคม 2568.

กรมสุขภาพจิต. (2565). สภาวะอารมณ์ที่ไม่คงที่ในวัยรุ่น. แหล่งข้อมูล: https://dmh.go.th/news/view.asp?id. ค้นเมื่อ 10 กรกฎาคม 2568.

กรมสุขภาพจิต. (2567). รายงานสถานการณ์สุขภาพจิตคนไทยผ่านระบบ Mental Health Check-in ปีงบประมาณ 2567. แหล่งข้อมูล: https://checkin.dmh.go.th/. ค้นเมื่อ 10 กรกฎาคม 2568.

งานเทคโนโลยีสารสนเทศโรงพยาบาลจิตเวชสงขลาราชนครินทร์. (2566). รายงานสถิติประจำปีโรงพยาบาลจิตเวชสงขลาราชนครินทร์ เอกสารอัดสำเนา

ดวงใจ วัฒนสิทธุ์. (2564). ภาวะซึมเศร้าในวัยรุ่น แนวคิดพื้นฐานและการพยาบาล (1). วนิดาการพิมพ์.

ถิรนันท์ ผิวผา, นุชนาถ บรรทุมพร, และสารรัตน์ วุฒิอาภา. (2561). ผลของโปรแกรมการฝึกทักษะชีวิตต่อภาวะซึมเศร้าในนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. วารสารพยาบาลทหารบก, 19(พิเศษ), 89-98.

ธนพล บรรดาศักดิ์, เสาวลักษณ์ ตันติสุวิชวงษ์ ,นฤมล จันทรเกษม, บุญสืบ โสโสม, วรรณา ชัยชนะรุ่งเรือง และสุพรรษา ขวัญสมคิด. (2563). ผลของโปรแกรมการเสริมสร้างทักษะชีวิตต่อภาวะสุขภาพจิตของนักศึกษาพยาบาล. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์, 14(2), 77-94.

นครินทร์ สุวรรณแสง. (2560). ผลของโปรแกรมการพัฒนาทักษะชีวิตต่อความฉลาดทางอารมณ์ของวัยรุ่นหญิงในสถานสงเคราะห์เด็ก. วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

บัณฑิตา ประสิทธิ์ศาสตร์. (2563). ผลของโปรแกรมการฝึกทักษะชีวิตต่อกลยุทธ์ในการเผชิญปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่ถูกรังแก. วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. ปทุมธานี

ภุมรินทร์ อินชัวนี, ชนานันท์ แสงปาก, และสุภาพ เหมือนชู. (2560). การพยาบาลวัยรุ่นที่มีภาวะซึมเศร้า. วารสารการพยาบาล การสาธารณสุขและการศึกษา, 18(2), 14-27.

วราวรรณ สุทธิประภา และ พัชรี ด้วงคำจันทร์. (2567). ความชุกและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับภาวะซึมเศร้าในนักเรียนมัธยมศึกษา เขตอำเภอเมืองเพชรบูรณ์. วารสารวิทยาศาสตร์สุขภาพ วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี สรรพสิทธิประสงค์, 8(1), 1-16.

สุตาภัทร ประดับแก้ว. (2557). ผลของการจัดโปรแกรมทักษะชีวิตที่มีต่อความสามารถในการจัดการอารมณ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร.

สถาบันสุขภาพจิตเด็กและวัยรุ่นราชนครินทร์. (2561). คู่มือปฏิบัติการดูแลวัยรุ่นที่มีภาวะซึมเศร้า. แหล่งข้อมูล: https://dmh-elibrary.org/items/show/313. ค้นเมื่อ 10 กรกฎาคม 2568.

สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. (2559). เศรษฐกิจพอเพียงตามแนวพระราชดำริ. แหล่งข้อมูล: https://www.rdpb.go.th/th/Download/หนังสือเศรษฐกิจพอเพียง. ค้นเมื่อ 10 กรกฎาคม 2568.

อุมาพร ตรังคสมบัติ, วชิระ ลาภบุญทรัพย์, และปิยลัมพร หะวานนท์. (2540). การใช้ CES-D ในการคัดกรองภาวะซึมเศร้าในวัยรุ่น. วารสารสมาคมจิตแพทย์แห่งประเทศไทย , 42(1), 2-13

Radloff, L. S. (1977). The CES-D scale: A self-report depression scale for research in the general population. Applied Psychological Measurement, 1, 385-401.

Thummathai, K., Sethabouppha, H., Chanprasit, C., & Lasuka, D. (2020). Depression prevention in adolescents based on Buddhism and sufficiency Economy Philosophy. Arch Psychiatr Nurs, 34(1), 70-74. https://doi.org/10.1016/ j.apnu.2019.10.005.

World Health Organization [WHO]. (1997). Life skills education for children and adolescents in schools. Available: https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/63552/WHO_MNH_PSF_93.7A_Rev.2.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Accessed July.10, 2025.

World Health Organization [WHO]. (2023). Depressive disorder (Depression). Available: https://www.who.int news- room/fact-sheets/detail/depression. Accessed July.10, 2025.

World Health Organization [WHO]. (2024). Mental health of adolescents. Available: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/adolescent-mental-health. Accessed July.10, 2025.

Yalom, I. D., & Leszcz, M. (2020). The theory and practice of group psychotherapy (6th ed.). Basic Books.

ผลของการใช้แนวปฏิบัติการพยาบาลเพื่อป้องกันการติดเชื้อที่ระบบทางเดินปัสสาวะในผู้สูงอายุกระดูกสะโพกหัก โรงพยาบาลเพชรบูรณ์

Effects of Nursing Practice Guidelines for Preventing Urinary Tract Infection in Elderly Patients with Hip Fracture at Phetchabun Hospital Researcher.

นางสาวขวัญใจ คำอ่าง[1*]

Miss. Kwanjai Kumang [1*]

[1]กลุ่มงานการพยาบาลผู้ป่วยออร์โธปิดิกส์ กลุ่มการพยาบาล โรงพยาบาลเพชรบูรณ์ 67000

[1] **Organization: Orthopedic Nursing Department, Nursing Mission, Phetchabun Hospital67000**

***Corresponding author E-mail:** kwanjaikumang@gmail.com**

บทคัดย่อ

การวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental research) แบบสองกลุ่มวัดผลหลังการทดลอง มีวัตถุประสงค์ 1) เปรียบเทียบอัตราการติดเชื้อที่ระบบทางเดินปัสสาวะ และระยะเวลาวันนอนในโรงพยาบาลระหว่างกลุ่มที่ได้รับพยาบาลตามแนวปฏิบัติและกลุ่มที่ได้รับการดูแลปกติ 2) ประเมินการปฏิบัติตามแนวปฏิบัติของพยาบาลวิชาชีพ และ 3) ประเมินความพึงพอใจของพยาบาลต่อการใช้แนวปฏิบัติฯ กลุ่มตัวอย่างคือผู้ป่วยสูงอายุกระดูกสะโพกหักที่เข้ารับการรักษาในหอผู้ป่วยศัลยกรรมกระดูก โรงพยาบาลเพชรบูรณ์ คัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง จำนวน 60 ราย (กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง กลุ่มละ 30 ราย) และพยาบาลวิชาชีพที่ใช้แนวปฏิบัติจำนวน 15 ราย ดำเนินการศึกษาช่วงเดือนพฤษภาคม ถึงพฤศจิกายน พ.ศ. 2568 เครื่องมือที่ในการดำเนินการวิจัยคือ แนวปฏิบัติการพยาบาลเพื่อป้องกันการติดเชื้อที่ระบบทางเดินปัสสาวะในผู้สูงอายุกระดูกสะโพกหัก ผ่านการตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน (IOC เท่ากับ 0.88) เครื่องมือรวบรวมข้อมูล คือ แบบบันทึกข้อมูลผู้ป่วย, แบบประเมินการปฏิบัติฯ และ แบบประเมินความพึงพอใจ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพรรณนา สถิติ Chi-square test และ Independent t-test ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มที่ได้รับพยาบาลตามแนวปฏิบัติฯ มีการติดเชื้อระบบทางเดินปัสสาวะ (ร้อยละ 3.30) น้อยกว่ากลุ่มควบคุมที่ได้รับการดูแลปกติ (ร้อยละ 26.70) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = .026) และมีระยะเวลาวันนอนในโรงพยาบาลเฉลี่ย ($\bar{X}$= 6.566, SD= 0.481) น้อยกว่ากลุ่มควบคุม ($\bar{X}$ = 11.266, SD= 1.473) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p= .005), พยาบาลวิชาชีพมีการปฏิบัติตามแนวทางภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$= 0.945, SD = 0.052) โดยปฏิบัติได้ครบถ้วนตามเกณฑ์ 13 ข้อ จากทั้งหมด 19 **ข้อ และ**พยาบาลวิชาชีพมีความพึงพอใจต่อการใช้แนวปฏิบัติฯ โดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.255, SD= 0.590)

คำสำคัญ: แนวปฏิบัติการพยาบาล, การติดเชื้อที่ระบบทางเดินปัสสาวะ, ผู้สูงอายุ, กระดูกสะโพกหัก

Abstract

This quasi-experimental research employed a two-group post-test design. The objectives were: 1) to compare urinary tract infection (UTI) rates and length of hospital stay between a group receiving nursing care based on clinical practice guidelines (CPGs) and a group receiving routine care; 2) to evaluate the adherence of professional nurses to these guidelines; and 3) to assess nurses' satisfaction with the implementation of the CPGs. The sample consisted of 60 elderly patients with hip fractures admitted to the Orthopedic Ward at Phetchabun Hospital, selected through purposive sampling (30 patients each in the control and experimental groups), and 15 professional nurses who implemented the guidelines. The study was conducted from May to November 2025. The intervention tool was the Nursing Practice Guidelines for the Prevention of Urinary Tract Infections, which were validated by three experts (IOC = 0.88). Data collection tools included patient record forms, nursing practice evaluation forms, and satisfaction assessment forms. Data were analyzed using descriptive statistics, Chi-square test, and Independent t-test.

Results:

The results revealed that the experimental group receiving care based on the CPGs had a significantly lower UTI rate (3.30%) compared to the control group (26.70%) at a significance level of .05 (p= .026). Furthermore, the average length of hospital stay for the experimental group ($\bar{X}$= 6.566, SD=0.481) was significantly shorter than that of the control group ($\bar{X}$=11.266, SD=1.473) at a significance level of .05 (p=.005). Overall, the adherence of professional nurses to the guidelines was at a high level ($\bar{X}$=0.945, SD=0.052), with full compliance in 13 out of 19 criteria. Additionally, professional nurses reported a high level of satisfaction with the use of the guidelines ($\bar{X}$=4.255, SD=0.590).

Keywords: Nursing Practice Guidelines, Urinary Tract Infection, Elderly, Hip Fracture

บทนำ

ปัจจุบันโลกกำลังก้าวเข้าสู่สังคมสูงวัยอย่างรวดเร็ว โดยในปี พ.ศ. 2564 พบประชากรที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไปสูงถึงร้อยละ 14 ของประชากรโลก สำหรับประเทศไทย ข้อมูลจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (2562) ระบุว่าจำนวนผู้สูงอายุเพิ่มขึ้นเป็น 12.5 ล้านคน และคาดการณ์ว่าจะขยับขึ้นเป็นสังคมผู้สูงอายุระดับสุดยอด (Super Aged Society) ในปี พ.ศ. 2576 ซึ่งการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาตามวัยส่งผลให้ระบบร่างกายเสื่อมถอย โดยเฉพาะระบบกระดูก กล้ามเนื้อ และข้อต่อ ทำให้ผู้สูงอายุขาดความมั่นคงในการทรงตัว

ประกอบกับปัจจัยเสี่ยงด้านโรคประจำตัว และสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ส่งผลให้เกิดอุบัติเหตุการพลัดตกหกล้มได้ง่าย โดยพบว่าการบาดเจ็บบริเวณข้อสะโพกหักเป็นภาวะรุนแรงที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิต มีอัตราการเสียชีวิตภายใน 1 ปี สูงถึงร้อยละ 12–37 (กรมควบคุมโรค, 2565) ภาวะกระดูกสะโพกหักในผู้สูงอายุ นำไปสู่ข้อจำกัดในการเคลื่อนไหวและความเจ็บปวดอย่างรุนแรง ทำให้ผู้ป่วยตกอยู่ในภาวะพึ่งพิงและต้องนอนโรงพยาบาลเป็นเวลานาน ภาวะแทรกซ้อนที่สำคัญและพบบ่อยคือ การติดเชื้อในระบบทางเดินปัสสาวะ (Urinary Tract Infection: UTI) ซึ่งเกิดจากปัจจัยเสี่ยงหลายประการ เช่น ระบบภูมิคุ้มกันที่ลดลง การคั่งค้างของปัสสาวะจากการถูกจำกัดการเคลื่อนไหว (Immobility) และความจำเป็นในการใส่คาสายสวนปัสสาวะ หากไม่ได้รับการวินิจฉัยและรักษาอย่างทันท่วงที อาจลุกลามสู่การติดเชื้อในกระแสเลือด (Septicemia) เพิ่มระยะเวลาการนอนโรงพยาบาล และเพิ่มความเสี่ยงต่อภาวะสับสนเฉียบพลัน (Delirium) ซึ่งส่งผลโดยตรงต่ออัตราการเสียชีวิต

จากการทบทวนสถิติกลุ่มงานศัลยกรรมกระดูกและข้อ โรงพยาบาลเพชรบูรณ์ ระหว่างปี พ.ศ. 2565–2567 พบผู้ป่วยสูงอายุกระดูกสะโพกหักเข้ารับการรักษาจำนวนมาก (เฉลี่ย 130–150 รายต่อปี) อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่สำคัญคือพบอุบัติการณ์การติดเชื้อทางเดินปัสสาวะที่สัมพันธ์กับการใส่คาสายสวนปัสสาวะสูงถึงร้อยละ 6.5–11.8 ซึ่งสูงกว่าเป้าหมายที่โรงพยาบาลกำหนด นอกจากนี้ยังพบปัญหาการขาดการคัดกรองการติดเชื้อในระยะแรกรับ (ร้อยละ 15–21) ซึ่งสะท้อนถึงช่องว่างในการปฏิบัติงานพยาบาลที่ยังขาดความชัดเจนและไม่มีแนวทางปฏิบัติที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน โดยพยาบาลส่วนใหญ่ปฏิบัติงานตามประสบการณ์ที่แตกต่างกัน ส่งผลให้การเฝ้าระวังและการจัดการปัจจัยเสี่ยงไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ

พยาบาลวิชาชีพเป็นบุคลากรที่มีบทบาทสำคัญในการเฝ้าระวังและป้องกันภาวะแทรกซ้อน การมีแนวปฏิบัติการพยาบาล (Nursing Practice Guideline) ที่สร้างจากหลักฐานเชิงประจักษ์ จะช่วยให้พยาบาลมีความรู้ทักษะ และมีมาตรฐานการดูแลที่ชัดเจน ตั้งแต่การประเมินระยะแรกรับ การจัดการการขับถ่าย และการส่งเสริมการเคลื่อนไหว แม้จะมีการศึกษาเรื่องการป้องกันการติดเชื้อจากการใส่สายสวนปัสสาวะอยู่บ้าง แต่การศึกษาที่มุ่งเน้นกลุ่มผู้สูงอายุกระดูกสะโพกหักโดยเฉพาะยังมีจำกัด ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาผลของการใช้แนวปฏิบัติการพยาบาลเพื่อป้องกันการติดเชื้อที่ระบบทางเดินปัสสาวะในผู้สูงอายุกระดูกสะโพกหัก โรงพยาบาลเพชรบูรณ์ เพื่อให้เกิดแนวทางที่ชัดเจน สะดวกต่อการปฏิบัติ และมีประสิทธิภาพในการลดอัตราการติดเชื้อ ลดระยะเวลาการนอนโรงพยาบาล อันจะนำไปสู่การพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุและความพึงพอใจของบุคลากรผู้ปฏิบัติงานต่อไป

คำถามการวิจัย

1. การใช้แนวปฏิบัติการพยาบาลฯ ช่วยลดอัตราการติดเชื้อระบบทางเดินปัสสาวะเมื่อเทียบกับการดูแลปกติหรือไม่?

2. การใช้แนวปฏิบัติการพยาบาลฯ ช่วยลดระยะเวลาวันนอนในโรงพยาบาลของผู้สูงอายุกระดูกสะโพกหักหรือไม่?

3. พยาบาลวิชาชีพมีการปฏิบัติตามแนวปฏิบัติการพยาบาลฯ อยู่ในระดับใด?

4. พยาบาลวิชาชีพมีความพึงพอใจต่อการใช้แนวปฏิบัติการพยาบาลฯ อยู่ในระดับใด?

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบอัตราการติดเชื้อระบบทางเดินปัสสาวะระหว่างกลุ่มที่ใช้แนวปฏิบัติฯ กับกลุ่มที่ดูแลปกติ
2. เพื่อเปรียบเทียบระยะเวลาวันนอนในโรงพยาบาลระหว่างกลุ่มที่ใช้แนวปฏิบัติฯ กับกลุ่มที่ดูแลปกติ
3. เพื่อประเมินระดับการปฏิบัติตามแนวปฏิบัติการพยาบาลฯ ของพยาบาลวิชาชีพ
4. เพื่อประเมินความพึงพอใจของพยาบาลวิชาชีพต่อการใช้แนวปฏิบัติการพยาบาลฯ

สมมติฐานการวิจัย

1. กลุ่มที่ใช้แนวปฏิบัติฯ มีอัตราการติดเชื้อระบบทางเดินปัสสาวะต่ำกว่ากลุ่มที่ดูแลปกติ
2. กลุ่มที่ใช้แนวปฏิบัติฯ มีระยะเวลาวันนอนในโรงพยาบาลสั้นกว่ากลุ่มที่ดูแลปกติ
3. พยาบาลวิชาชีพมีคะแนนเฉลี่ยการปฏิบัติตามแนวปฏิบัติฯ ในระดับสูง
4. พยาบาลวิชาชีพมีความพึงพอใจต่อการใช้แนวปฏิบัติฯ โดยรวมในระดับมาก

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) แบบ 2 กลุ่ม โดยมีกลุ่มเปรียบเทียบ วัดผลหลังการทดลอง (Two group posttest designs) กลุ่มตัวอย่างคือผู้ป่วยสูงอายุกระดูกสะโพกหัก ที่เข้ารับการรักษาในหอผู้ป่วยศัลยกรรมกระดูกหญิง และศัลยกรรมกระดูกชาย โรงพยาบาลเพชรบูรณ์ ช่วงเดือนเดือนพฤษภาคม ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2568

นิยามศัพท์ในการวิจัย

1. แนวปฏิบัติการพยาบาลเพื่อป้องกันการติดเชื้อระบบทางเดินปัสสาวะ (UTI Prevention Guidelines) หมายถึง ชุดกิจกรรมการพยาบาลสำหรับผู้สูงอายุกระดูกสะโพกหักทั้งที่ใส่และไม่ใส่สายสวนปัสสาวะ ครอบคลุม 5 หมวด ได้แก่ 1) การประเมินการถ่ายปัสสาวะ 2) การเฝ้าระวังอาการติดเชื้อ 3) การส่งเสริมการปัสสาวะเอง 4) การพยาบาลเพื่อป้องกันการติดเชื้อ และ 5) การให้คำแนะนำแก่ผู้ป่วยและญาติ

2. ผู้ป่วยผู้สูงอายุกระดูกสะโพกหัก (Elderly Hip Fracture Patients) หมายถึง ผู้ที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป ที่ได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์ว่ามีกระดูกหักบริเวณส่วนต้นของกระดูกต้นขา (Neck, Intertrochanteric หรือ Subtrochanteric area) จากการหกล้ม และเข้ารับการรักษาในหอผู้ป่วยศัลยกรรมกระดูก โรงพยาบาลเพชรบูรณ์

3. ผลของการใช้แนวปฏิบัติการพยาบาลฯ ประกอบด้วยตัวชี้วัด ดังนี้:

3.1 การติดเชื้อทางเดินปัสสาวะ (Urinary Tract Infection: UTI): การอักเสบจากเชื้อจุลชีพในระบบทางเดินปัสสาวะของผู้ป่วยกลุ่มตัวอย่าง ตามเกณฑ์ CDC แบ่งเป็น:

3.1.1 การติดเชื้อที่มีอาการ (Symptomatic UTI): มีอาการอย่างน้อยหนึ่งอย่าง (ไข้ > 38°C, ปวดเหนือหัวหน่าว, ปัสสาวะขุ่น/มีกลิ่น หรือสับสนเฉียบพลัน) ร่วมกับผลเพาะเชื้อพบเชื้อ $>10^5$ CFU/ml

3.1.2 การติดเชื้อที่ตรวจพบจากห้องปฏิบัติการ (Asymptomatic Bacteriuria): ไม่

ปรากฏอาการชัดเจนแต่ผลเพาะเชื้อยืนยันว่าพบเชื้อตามเกณฑ์

3.2 การติดเชื้อที่สัมพันธ์กับการใส่สายสวน (CAUTI): การติดเชื้อขณะใส่สายสวนปัสสาวะหรือภายใน 48 ชั่วโมงหลังถอดสาย (โดยต้องใส่สายติดต่อกันอย่างน้อย 2 วันปฏิทิน)

3.3 อัตราการติดเชื้อ (Infection Rate): คำนวณจากจำนวนครั้งที่เกิดการติดเชื้อใหม่ (UTI หรือ CAUTI) เทียบกับจำนวนผู้ป่วยทั้งหมดในแต่ละกลุ่ม

3.4 ระยะเวลาการนอนโรงพยาบาล (Length of Stay: LOS): จำนวนวันพักรักษาตัวในโรงพยาบาลนับตั้งแต่วันรับเป็นผู้ป่วยในจนถึงวันจำหน่าย (นับวันแรกเป็น 1 วัน และไม่นับวันจำหน่าย)

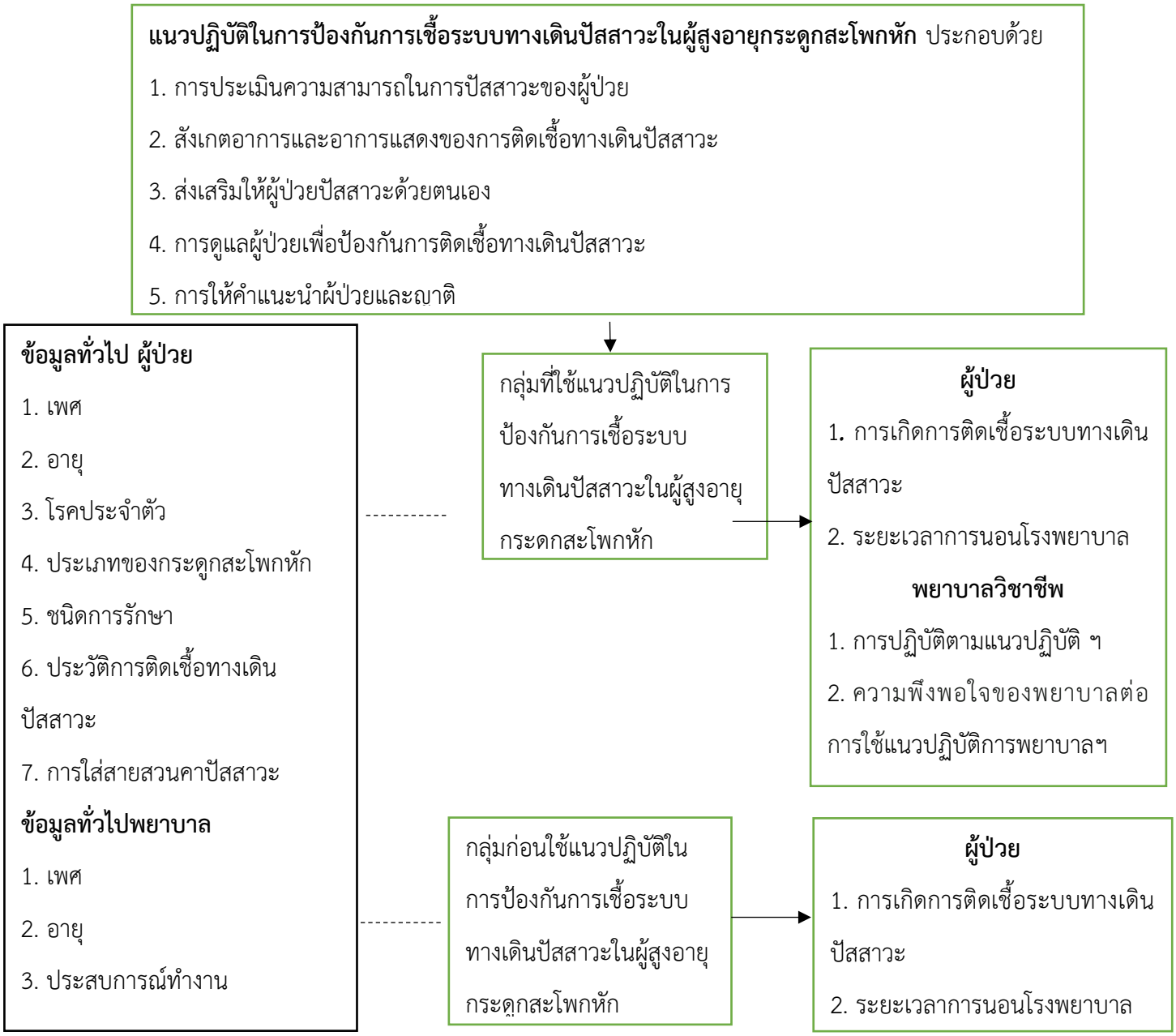
3.5 การปฏิบัติตามแนวปฏิบัติ (Adherence): การที่พยาบาลวิชาชีพดำเนินกิจกรรมการพยาบาลครบถ้วนตามขั้นตอนที่กำหนดในแนวปฏิบัติ วัดโดยแบบบันทึกการปฏิบัติฯ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

3.6 ความพึงพอใจของพยาบาล: ทัศนคติของพยาบาลต่อแนวปฏิบัติในด้านความง่ายในการใช้ความเหมาะสมกับบริบท และประโยชน์ต่อผู้ป่วย วัดโดยแบบประเมินความพึงพอใจ

กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยนี้ศึกษาผลของการใช้แนวปฏิบัติการพยาบาลเพื่อป้องกันการติดเชื้อระบบทางเดินปัสสาวะในผู้สูงอายุกระดูกสะโพกหัก โรงพยาบาลเพชรบูรณ์ โดยประยุกต์ใช้ การปฏิบัติการพยาบาลตามหลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence-Based Practice) ซึ่งเป็นการบูรณาการองค์ความรู้ที่ทันสมัยร่วมกับความเชี่ยวชาญทางคลินิกและค่านิยมของผู้ป่วย กระบวนการพัฒนาแนวปฏิบัติประกอบด้วยการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ การประเมินความน่าเชื่อถือและความเป็นไปได้โดยผู้ทรงคุณวุฒิ และการทดลองใช้ทางคลินิก (Pilot Study) โดยครอบคลุมกิจกรรมการพยาบาล 5 หมวด ได้แก่ 1) การประเมินการขับถ่ายปัสสาวะ 2) การเฝ้าระวังอาการติดเชื้อ 3) การส่งเสริมการปัสสาวะด้วยตนเอง 4) การพยาบาลเพื่อป้องกันการติดเชื้อ และ 5) การให้คำแนะนำแก่ผู้ป่วยและญาติ

ภาพที่1 กรอบแนวคิดการวิจัย



วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัย : การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) แบบ 2 กลุ่ม โดยมีกลุ่มเปรียบเทียบ วัดผลหลังการทดลอง (Two group posttest designs)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร (Population) แบ่งออกเป็น 1) ผู้ป่วยกระดูกสะโพกหักในหอผู้ป่วยศัลยกรรมกระดูก (หญิง/ชาย) โรงพยาบาลเพชรบูรณ์ และ 2) พยาบาลวิชาชีพที่ปฏิบัติงานในหอผู้ป่วยดังกล่าว รวม 23 คน

2. กลุ่มตัวอย่าง (Sample) คัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ

2.1 กลุ่มผู้ป่วยสูงอายุ (60 ราย) แบ่งเป็นกลุ่มควบคุม (30 ราย) เก็บข้อมูลช่วง พฤษภาคม ถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2568 และกลุ่มทดลอง (30 ราย) เก็บข้อมูลช่วง กันยายน ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2568

2.2 กลุ่มพยาบาลวิชาชีพ (15 ราย) พยาบาลวิชาชีพที่ปฏิบัติงานเวรผลัดบ่าย/ดึก ในหอผู้ป่วยศัลยกรรมกระดูก

การคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่าง

ใช้สูตร Two Independent Proportions ผ่านแอปพลิเคชัน N4Studies โดยอ้างอิงค่าสัดส่วนจากการศึกษาของ มารศรี มีธูป และคณะ (2566) กำหนดค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และอำนาจในการทดสอบ 95% สัดส่วนกลุ่มก่อนใช้รูปแบบ (P1) = 0.45 สัดส่วนกลุ่มหลังใช้รูปแบบ (P2)= 0.05 ผลการคำนวณ: ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างขั้นต่ำกลุ่มละ 26 ราย ผู้วิจัยเพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้จริง เพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนเป็น กลุ่มละ 30 ราย รวมเป็น 60 ราย

เกณฑ์การคัดเลือกและยุติการวิจัย

1. เกณฑ์การคัดเข้า (Inclusion Criteria)
    1.1 กลุ่มผู้ป่วย:
        1.1.1 ผู้ป่วยอายุ 60 ปีขึ้นไป ที่ได้รับการวินิจฉัยภาวะกระดูกสะโพกหัก
        1.1.2 สามารถสื่อสารด้วยภาษาไทยได้เข้าใจ
        1.1.3 ยินยอมเข้าร่วมการวิจัยโดยการลงนามในใบยินยอม
    1.2 กลุ่มพยาบาลวิชาชีพ:
        1.1.4 ปฏิบัติงานประจำ ณ หอผู้ป่วยศัลยกรรมกระดูก (ชาย/หญิง) โรงพยาบาลเพชรบูรณ์
        1.1.5 มีประสบการณ์ปฏิบัติงานไม่น้อยกว่า 1 ปี
        1.1.6 สมัครใจและยินดีเข้าร่วมการวิจัย
2. เกณฑ์การคัดออก (Exclusion Criteria)
    2.1 กลุ่มผู้ป่วย: มีภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่องรุนแรง หรือมีอาการทรุดหนัก/ภาวะช็อกที่ต้องส่งต่อหอผู้ป่วยวิกฤต (ICU)
    2.2 กลุ่มพยาบาลวิชาชีพ: ลาออก หรือย้ายหน่วยงานระหว่างดำเนินการวิจัย
3. เกณฑ์การให้ยุติการศึกษา (Discontinuation Criteria)
    3.1 สำหรับอาสาสมัคร: ผู้ป่วยหรือพยาบาลวิชาชีพขอถอนตัวจากการวิจัยด้วยความสมัครใจไม่ว่ากรณีใดๆ
    3.2 สำหรับโครงการวิจัย: ผู้วิจัยจะยุติการศึกษาเมื่อดำเนินการเก็บข้อมูลครบตามจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่กำหนดและบรรลุวัตถุประสงค์การวิจัย

เครื่องมือในการวิจัย

ผู้วิจัยพัฒนาเครื่องมือจากการทบทวนวรรณกรรมและหลักฐานเชิงประจักษ์ โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้:

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือแนวปฏิบัติการพยาบาลเพื่อป้องกันการติดเชื้อทางเดินปัสสาวะ (5 หมวด):

1.1 การประเมินแรกรับ: ซักประวัติการขับถ่าย และติดตามการปัสสาวะทุก 6 ชั่วโมงเพื่อลดภาวะปัสสาวะค้าง หากจำเป็นต้องใส่สายสวนหรือพบการติดเชื้อต้องจัดการก่อนผ่าตัด

1.2 การเฝ้าระวัง: สังเกตอาการแสบขัด ลักษณะปัสสาวะ และสัญญาณชีพ (ไข้/หนาวสั่น) ทุกเวร

1.3การส่งเสริมการขับถ่าย: กระตุ้นการปัสสาวะทุก 2-4 ชั่วโมง (ประคบเย็น/กดเบาๆ) และสนับสนุนการเคลื่อนไหว (ลุกนั่งอย่างน้อย 3 ครั้ง/วัน) โดยจัดการความปวดตามเกณฑ์ NRS หรือ Wong-Baker FACES

1.4 การป้องกันการติดเชื้อ (Bundle of Care): เน้นการล้างมือ, ทำความสะอาดอวัยวะสืบพันธุ์ด้วยน้ำสบู่ (เช้า-เย็น) และปฏิบัติตามเกณฑ์ CAUTI Bundle (ระบบปิด, ไม่หักพับสาย, ยึดตรึงถูกต้อง และถอดสายภายใน 24-48 ชม. หลังผ่าตัด)

1.5 การแนะนำผู้ป่วยและญาติ: เน้นการดื่มน้ำ > 1,500 มล./วัน, การเคลื่อนไหว, การสังเกตอาการผิดปกติ และสุขอนามัยหลังขับถ่าย

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1 แบบบันทึกข้อมูลผู้ป่วย: ข้อมูลทั่วไป, ประวัติ UTI (3 เดือนย้อนหลัง), และผลลัพธ์ทางคลินิก (UTI Rate, ระยะเวลาวันนอน)

2.2 แบบบันทึกข้อมูลพยาบาล: เพศ, อายุ, ประสบการณ์ และแผนกที่ปฏิบัติงาน

2.3 แบบประเมินการปฏิบัติตามแนวปฏิบัติ (Adherence): กิจกรรม 19 ข้อ (Rating Scale 0-1 คะแนน) การแปล เกณฑ์เฉลี่ย: 0.68–1.00 (ระดับมาก), 0.34–0.67 (ปานกลาง), 0.00–0.33 (น้อย)

2.4 แบบประเมินความพึงพอใจของพยาบาล: (ประยุกต์จาก มารศรี มีธูป และคณะ, 2566) จำนวน 6 ข้อ (Likert Scale 5 ระดับ) การแปลค่า เกณฑ์เฉลี่ย: 4.51–5.00 (มากที่สุด), 3.51–4.50 (มาก), 2.51–3.50 (ปานกลาง), 1.51 – 2.50 น้อย และ 1.00 – 1.50 น้อยที่สุด

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

1. ความตรงตามเนื้อหา (Content Validity)

ผู้วิจัยนำเครื่องมือทั้งหมด ได้แก่ แนวปฏิบัติการพยาบาลฯ, แบบประเมินการปฏิบัติฯ และแบบประเมินความพึงพอใจ เสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน (อาจารย์ผู้เชี่ยวชาญด้านการวิจัย, พยาบาลเชี่ยวชาญด้านการควบคุมการติดเชื้อ และพยาบาลเชี่ยวชาญด้านออร์โธปิดิกส์) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของภาษาและความครอบคลุมของเนื้อหาของแนวปฏิบัติการพยาบาลฯ, แบบประเมินการปฏิบัติฯ และแบบประเมินความพึงพอใจ

โดยผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 0.88, 0.91 และ 1.00 ตามลำดับ ผู้วิจัยได้ปรับปรุงเครื่องมือตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิให้มีความสมบูรณ์ก่อนนำไปใช้จริง

2. การทดลองใช้เครื่องมือ (Feasibility & Try-out)

ภายหลังการปรับปรุง ผู้วิจัยได้นำแนวปฏิบัติและแบบประเมินการปฏิบัติฯ ไปทดลองใช้ (Pilot Study) กับผู้ป่วยที่มีลักษณะคล้ายกลุ่มตัวอย่าง ณ หอผู้ป่วยศัลยกรรมอุบัติเหตุ จำนวน 5 ราย เพื่อทดสอบความเหมาะสม ความเป็นไปได้ในการปฏิบัติ และความครบถ้วนของเครื่องมือในการเก็บข้อมูล ก่อนเริ่มดำเนินการศึกษากับกลุ่มตัวอย่างจริง

ขั้นตอนและวิธีรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง โดยมีการดำเนินการวิจัยเป็น 3 ระยะ ดังนี้

1 ระยะที่ 1 (Pretest, 3 เดือน): เก็บข้อมูลอัตราการเกิด การติดเชื้อระบบทางเดินปัสสาวะในกลุ่มควบคุมที่ได้รับการดูแลแบบปกติ จำนวน 30 ราย

2. ระยะที่ 2 นำแนวปฏิบัติการพยาบาลในการป้องกันการติดเชื้อระบบทางเดินปัสสาวะในผู้สูงอายุกระดูกสะโพกหัก มาใช้และฝึกอบรมบุคลากร

3. ระยะที่ 3 (Posttest, 3 เดือน): เก็บข้อมูลอัตราการเกิดการติดเชื้อระบบทางเดินปัสสาวะหลังจากนำแนวปฏิบัติการพยาบาลในการป้องกันการติดเชื้อระบบทางเดินปัสสาวะในผู้สูงอายุกระดูกสะโพกหักในกลุ่มทดลอง 30 ราย

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ โดยมีรายละเอียดดังนี้:

1. สถิติพรรณนา (Descriptive Statistics) ใช้เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่:

1.1 ข้อมูลส่วนบุคคล (ผู้ป่วยและพยาบาล): นำเสนอด้วยความถี่ (Frequency) และร้อยละ (Percentage)

1.2 ระดับการปฏิบัติตามแนวปฏิบัติ และระดับความพึงพอใจ: นำเสนอด้วยค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

2. สถิติอนุมาน (Inferential Statistics) ใช้เพื่อทดสอบสมมติฐานการวิจัยที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 ดังนี้:

2.1 การติดเชื้อระบบทางเดินปัสสาวะ: เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองด้วยสถิติ Chi-square Test

2.2 ระยะเวลาวันนอนในโรงพยาบาล (Length of Stay): เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองด้วยสถิติ Independent t-test

ผลการวิจัย

1. ด้านผู้ป่วย

1.1 ข้อมูลทั่วไป **เพศและอายุ:** ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 66.70 และ 83.30 ตามลำดับ) ช่วงอายุที่พบมากที่สุดคือ 61–80 ปี โดยกลุ่มควบคุมมีอายุเฉลี่ย 76.57 ปี (SD = 8.22) และกลุ่มทดลองมีอายุเฉลี่ย 77.27 ปี (SD = 8.14) **ข้อมูลสุขภาพ:** ส่วนใหญ่มีโรคประจำตัว (ร้อยละ 76.70 และ 83.30) โดยพบประเภทการหักของกระดูกชนิด **Intertrochanteric fracture** มากที่สุด (ร้อยละ 66.70 และ 56.70) และเกือบทั้งหมดเข้ารับการรักษาด้วยการผ่าตัด (ร้อยละ 93.30 และ 80.00) **ประวัติการติดเชื้อและการใส่สายสวน:** กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ไม่มีประวัติการติดเชื้อทางเดินปัสสาวะในรอบ 3 เดือนที่ผ่านมา (พบเพียงร้อยละ 3.30 และ 0.00) อย่างไรก็ตาม ผู้ป่วยเกือบทั้งหมดได้รับการใส่สายสวนปัสสาวะขณะพักรักษาตัวในโรงพยาบาล (ร้อยละ 96.70 และ 93.00) ดังแสดงในตารางที่ 1

ข้อมูลทั่วไป	**กลุ่มควบคุม (n = 30)**	**กลุ่มทดลอง (n = 30)**	χ^2	p-value
	จำนวน (ร้อยละ)	**จำนวน (ร้อยละ)**		
เพศ			1.422	.233[a]
ชาย	10 (33.30)	5 (16.70)		
หญิง	20 (66.70)	25 (83.30)		
อายุ (ปี)				
61-80	21 (70.00)	18 (60.00)	.293	.588[a]
81-100	9 (30.00)	12 (40.00)		
(Mean=76.566, S.D.=8.223, Min=62, Max=91)		(Mean=77.266, S.D.=8.144, min=61,max=95)		
โรคประจำตัว			.104	.747[a]
ไม่มี	7 (23.30)	5 (16.70)		
มี	23 (76.70)	25 (83.30)		

ประเภทของกระดูกหัก			.282	.595[a]
1. Femoral neck fracture	10 (33.30)	13 (43.30)		
2. Intertrochanteric fracture	20 (66.70)	17 (56.70)		
ชนิดของการรักษา			1.298	.255[a]
ไม่ผ่าตัด	2 (6.70)	6 (20.00)		
ผ่าตัด	28 (93.30)	24 (80.00)		
ประวัติการติดเชื้อทางเดินปัสสาวะ (3 เดือนที่ผ่านมา)				1.000[b]
ไม่มี	29 (96.70)	30 (100.00)		
มี	1 (3.30)	0 (0.00)		
การใส่สายสวนปัสสาวะขณะนอนโรงพยาบาล				1.000[b]
ไม่ใส่	1 (3.30)	2 (6.70)		
ใส่	29 (96.70)	28 (93.30)		

a Chi-square, b Fisher's extact

1.2 เปรียบเทียบการติดเชื้อที่ระบบทางเดินปัสสาวะ ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการดูแบบปกติ (กลุ่มควบคุม) และกลุ่มที่ได้รับการดูแลตามแนวปฏิบัติฯ (กลุ่มทดลอง) พบว่า กลุ่มควบคุมมีการติดเชื้อระบบทางเดินปัสสาวะ จำนวน 8 ครั้ง ร้อยละ 26.70 ส่วนกลุ่มทดลอง พบการติดเชื้อระบบทางเดินปัสสาวะ จำนวน 1 ครั้ง ร้อยละ 3.30 (p=.026) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบจำนวน ร้อยละ การติดเชื้อที่ระบบทางเดินปัสสาวะ ระหว่างกลุ่ม (n=60)

เปรียบเทียบ	กลุ่มควบคุม (n=30)	กลุ่มทดลอง (n=30)	df	p-value
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)		
การติดเชื้อ			1	.026[b]
เกิด	8 (26.70)	1 (3.30)		
ไม่เกิด	22 (73.30)	29 (96.70)		

[b]Fisher'extact test

1.3 เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาวันนอนโรงพยาบาล ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการดูแบบปกติ (กลุ่มควบคุม) และกลุ่มที่ได้รับการดูแลตามแนวปฏิบัติฯ (กลุ่มทดลอง) พบว่า กลุ่มควบคุมมีระยะเวลาวันนอนโรงพยาบาลเฉลี่ยมากกว่ากลุ่มทดลอง (=11.266, S.D.=1.473) และ (Mean=6.566, S.D.=.481) (p=.005) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระยะเวลาวันนอนโรงพยาบาล ระหว่างกลุ่ม (n=60)

เปรียบเทียบ	กลุ่มควบคุม		กลุ่มทดลอง		t	P-Value
	$\overline{x}$	S.D.	$\overline{x}$	S.D.		
ระยะเวลาวันนอน (วัน)	11.266	1.473	6.566	.481	3.033	.005

2. ด้านพยาบาลวิชาชีพ

2.1 พยาบาลวิชาชีพที่ใช้แนวทางปฏิบัติฯ จำนวน 15 คน เพศหญิงทั้งหมด ร้อยละ 100.00 อายุเฉลี่ย 36.066 ปี (SD=7.591, Min=23, Max=48) ปฏิบัติงานศัลยกรรมกระดูกชาย ร้อยละ 53.30 ศัลยกรรมกระดูกหญิง ร้อยละ 46.70 ด้านประสบการณ์ปฏิบัติงานมากกว่า 10 ปี ร้อยละ 60.00 เฉลี่ย 12.866 ปี (SD 7.753, Min=1, Max=25) ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงจำนวน และร้อยละ ข้อมูลทั่วไป จำแนกตาม เพศ, อายุ, หน่วยงานที่ปฏิบัติ และประสบการณ์ปฏิบัติงาน (N=15

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน	ร้อยละ
เพศ		
หญิง	15	100.00
อายุ (ปี)		
21 - 30	4	26.70
31 – 40	6	40.00
40 - 50	5	33.30
($\bar{x}$=36.066, S.D.=7.591, Min=23, Max=48)		
หน่วยงาน		
ศัลยกรรมกระดูกชาย	8	53.30
ศัลยกรรมกระดูกหญิง	7	46.70
ประสบการณ์ปฏิบัติงาน (ปี)		
1-5	4	26.70
6 - 10	2	13.30
มากกว่า 10	9	60.00
($\bar{x}$=12.866, S.D.= 7.753, Min=1, Max=25)		

2.2 เมื่อประเมินการปฏิบัติของพยาบาลวิชาชีพในการป้องกันการติดเชื้อที่ระบบทางเดินปัสสาวะในผู้ป่วยสูงอายุกระดูกสะโพกหัก ภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ =.945, S.D.=0.052) โดยมีการปฏิบัติครบถ้วนครอบคลุมจำนวน 13 ข้อ จากทั้งหมด 19 ข้อ ยกเว้นข้อที่ 8 ที่มีการปฏิบัติอยู่ในระดับปานกลาง คือสังเกตอาการและอาการแสดงของการติดเชื้อทางเดินปัสสาวะทุกเวร ได้แก่ อาการปวด แสบ ขัด เวลาปัสสาวะสังเกตลักษณะของปัสสาวะ (สี, กลิ่น, ความขุ่น) อาการไข้ หนาวสั่น หรือปวดบริเวณเอว ($\bar{X}$=.400, S.D.=.498) ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงค่าคะแนนเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับการปฏิบัติของพยาบาลในการป้องกันการติดเชื้อที่ระบบทางเดินปัสสาวะในผู้ป่วยสูงอายุกระดูกสะโพกหัก (n=30)

หัวข้อ	**การปฏิบัติ** $\bar{X}$ (S.D.)	**ระดับ**
1. การประเมินความสามารถในการปัสสาวะของผู้ป่วย		
1.1 ประเมินแบบแผนการปัสสาวะ จำนวนครั้งของการถ่ายปัสสาวะต่อวัน	1 (.000)	มาก
1.2 ซักประวัติ **เวลา** ที่ผู้ป่วยปัสสาวะครั้งสุดท้าย	1 (.000)	มาก
1.3 บันทึกเวลาที่ผู้ป่วยควรปัสสาวะครั้งต่อไปเมื่อครบ 6 ชั่วโมง และติดตามการปัสสาวะ	1 (.000)	มาก
1.4 ประเมินความสามารถในการปัสสาวะของผู้ป่วยเมื่อครบ 6 ชั่วโมง	1 0 (.000)	มาก
1.5 ผู้ป่วยที่ไม่สามารถปัสสาวะได้เองภายใน 6 ชั่วโมง ได้รับการ retain foley’s cath	1 0 (.000)	มาก
1.6 ตรวจคัดกรองปัสสาวะ ก่อนการผ่าตัดด้วยวิธี midstream urine/ Clean cath	.933 (.257)	มาก
1.7 ผู้ป่วยที่มีติดเชื้อแรกรับ ได้รับการรักษาก่อนเข้ารับการผ่าตัด	1 (.000)	มาก

2. สังเกตอาการและอาการแสดงของการติดเชื้อทางเดินปัสสาวะ ทุกเวร ได้แก่ อาการปวด แสบ ขัด เวลาปัสสาวะสังเกตลักษณะของปัสสาวะ (สี, กลิ่น, ความขุ่น) อาการไข้ หนาวสั่น หรือปวดบริเวณเอว	.400 (.498)	ปานกลาง
3.ส่งเสริมให้ผู้ป่วยปัสสาวะด้วยตนเอง		
3.1 กระตุ้นให้ผู้ป่วยปัสสาวะทุก 2-4 ชั่วโมง ด้วยการใช้กระเป๋าน้ำแข็งวางและการกดเบาๆ บริเวณท้องน้อยของผู้ป่วย	.966 (.182)	มาก
3.2 กระตุ้นผู้ป่วยลุกนั่งบนเตียงหรือเก้าอี้ข้างเตียงอย่างน้อยวันละ 3 ครั้ง	1 (.000)	มาก
3.3 ส่งเสริมการเคลื่อนไหวด้วยการบริหารจัดการความปวด	1 (.000)	มาก
(pain score, ให้ยาตามแผนการรักษา)		
4. การดูแลผู้ป่วยเพื่อป้องกันการติดเชื้อทางเดินปัสสาวะ		
4.1 การล้างมือก่อนและหลังการสัมผัสผู้ป่วย	1 (.000)	มาก
4.2 การรักษาความสะอาดอวัยวะสืบพันธ์วันละ 2 ครั้ง เช้า–เย็นด้วยน้ำสบู่	1 (.000)	มาก
4.3 ผู้ป่วยที่ใส่ Foley’s cath ได้รับการดูแลตาม bundle of care CAUTI	.933 (.257)	มาก
5. การให้คำแนะนำผู้ป่วยและญาติ		
5.1 คำแนะนำเกี่ยวกับการสังเกตอาการผิดปกติของการติดเชื้อ	1 (.000)	มาก
5.2 การแนะนำการป้องกันการติดเชื้อระบบทางเดินปัสสาวะ	1 (.000)	มาก
5.3 การสนับสนุนการเคลื่อนไหวร่างกายเพื่อส่งเสริมการขับถ่ายปัสสาวะ	.966 (.182)	มาก
5.4 การกระตุ้นให้ผู้ป่วยดื่มน้ำ > 1,500 มิลลิลิตร	.766 (.430)	มาก
5.5 การดูแลความสะอาดหลังการขับถ่าย อุจจาระทุกครั้ง	1 (.000)	มาก
รวม	.945 (.052)	มาก

2.3 เมื่อประเมินความพึงพอใจของพยาบาลวิชาชีพในการป้องกันการติดเชื้อที่ระบบทางเดินปัสสาวะในผู้ป่วยสูงอายุกระดูกสะโพกหัก พบว่ามีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$=4.255, S.D.=.590) โดยมีข้อ 4 มีประโยชน์ต่อการปฏิบัติงานอยู่ในระดับมากที่สุดสูงสุด ($\bar{X}$= 4.533, S.D.=.516) ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงค่าคะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความพึงพอใจของพยาบาลในการป้องกันการติดเชื้อที่ระบบทางเดินปัสสาวะในผู้ป่วยสูงอายุกระดูกสะโพกหัก (N=15)

หัวข้อ	ความพึงพอใจ $\bar{X}$ (S.D.)	ระดับ
1. ความชัดเจนของแนวปฏิบัติ	4.33 (.617)	มาก
2. ความเหมาะสมกับบริบทการทำงาน	4.133 (.743)	มาก
3. ความสะดวกในการนำไปใช้	4.066 (.703)	มาก
4. ประโยชน์ต่อการปฏิบัติงาน	4.533 (.516)	มากที่สุด
5. การส่งเสริมการทำงานเป็นทีม	4.200 (.774)	มาก
6. การพัฒนาความรู้และทักษะ	4.266 (.703)	มาก
รวม	4.255 (.590)	มาก

สรุปผล

1. ผลลัพธ์ทางคลินิก (เปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม) พบว่าการติดเชื้อระบบทางเดินปัสสาวะ (UTI): กลุ่มทดลองมีการติดเชื้อเพียงร้อยละ 3.30 (1 ครั้ง) ซึ่งต่ำกว่ากลุ่มควบคุมที่พบการติดเชื้อถึงร้อยละ 26.70 (8 ครั้ง) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (.026) ด้านระยะเวลาวันนอนในโรงพยาบาล (LOS) กลุ่มทดลองมีระยะเวลาวันนอนเฉลี่ย 6.57 วัน (SD= 0.48) ซึ่งสั้นกว่ากลุ่มควบคุมที่มีค่าเฉลี่ย 11.27 วัน (SD=1.47) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ(p=.005)

2. การปฏิบัติและความพึงพอใจของพยาบาลวิชาชีพ พบว่าระดับการปฏิบัติในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ =0.945, SD=0.052) โดยปฏิบัติได้ครบถ้วน 13 จาก 19 กิจกรรม ส่วนกิจกรรมที่ควรพัฒนาคือการเฝ้าระวังอาการติดเชื้อทุกเวร (ข้อ 8) ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}$=0.400) ด้านระดับความพึงพอใจ พบว่าพยาบาลมีความ

พึงพอใจต่อแนวปฏิบัติฯ โดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$=4.255, SD=0.590) โดยระบุว่าแนวปฏิบัติฯ มีประโยชน์ต่อการปฏิบัติงานในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$=4.53, SD=0.51)

การอภิปรายผล

จากผลการวิจัย สามารถอภิปรายประเด็นสำคัญได้ 3 ประเด็นหลัก ดังนี้

1. ประสิทธิภาพของแนวปฏิบัติฯ ต่อการลดอัตราการติดเชื้อ (UTI)

ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มทดลองมีอัตราการติดเชื้อลดลงอย่างมีนัยสำคัญจากร้อยละ 26.70 เหลือเพียงร้อยละ 3.30 (p=.026) สะท้อนว่าแนวปฏิบัติที่พัฒนาบนพื้นฐานหลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence-based Practice) มีประสิทธิภาพสูงในการป้องกันการติดเชื้อ โดยเฉพาะในผู้สูงอายุกระดูกสะโพกหักซึ่งเป็นกลุ่มเสี่ยงสูง (High Risk) เนื่องจาก ข้อจำกัดด้านสรีรวิทยาและการเคลื่อนไหว กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงและมีภาวะกระดูกหักชนิด Intertrochanteric ซึ่งต้องนอนพักบนเตียง (Immobility) ส่งผลให้การระบายปัสสาวะไม่สะดวก การนำกระบวนการดูแลที่ครอบคลุม ตั้งแต่แนวปฏิบัติเน้นเทคนิคปราศจากเชื้อที่เข้มงวดและการประเมินเพื่อถอดสายสวนโดยเร็ว (Early Removal) ภายใน 24-48 ชั่วโมง ช่วยลดระยะเวลาที่เชื้อแบคทีเรียจะสะสมและก่อตัวเป็น Biofilm ในสายสวนปัสสาวะ ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของ CAUTI นอกจากนี้การคัดกรองเชิงรุกโดยการประเมินภาวะปัสสาวะค้างทุก 6 ชั่วโมง ช่วยลดการใช้สายสวนที่ไม่จำเป็นได้อย่างเป็นรูปธรรม

2. ผลของแนวปฏิบัติฯ ต่อระยะเวลาวันนอนในโรงพยาบาล (LOS) กลุ่มทดลองมีวันนอนเฉลี่ย (6.57 วัน) สั้นกว่ากลุ่มควบคุม (11.27 วัน) อย่างมีนัยสำคัญ (p=.005) โดยลดลงถึง 4.7 วัน ผลลัพธ์นี้อธิบายได้ว่าเมื่ออุบัติการณ์การติดเชื้อลดลง ผู้ป่วยจึงไม่มีภาวะแทรกซ้อนที่ก่อให้เกิดไข้หรือความเจ็บปวดซ้ำซ้อน ทำให้กระบวนการฟื้นฟูสภาพ (Rehabilitation) หลังผ่าตัดเป็นไปตามแผนการรักษาอย่างต่อเนื่อง การลดวันนอนนี้ไม่เพียงลดความเสี่ยงต่อการติดเชื้อดื้อยาในโรงพยาบาล แต่ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการเตียงและลดภาระค่าใช้จ่ายทางการแพทย์ของโรงพยาบาลเพชรบูรณ์อีกด้วย

3. การยอมรับและความเป็นไปได้ในการนำไปใช้จริงโดยพยาบาลวิชาชีพ การปฏิบัติในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$=0.945) เนื่องจากพยาบาลส่วนใหญ่มีประสบการณ์สูง (> 10 ปี) จึงมีทักษะพื้นฐานที่เข้มแข็ง อย่างไรก็ตาม การเฝ้าระวังอาการทุกเวร (ข้อ 8) ที่อยู่ในระดับปานกลาง อาจมีสาเหตุจากภาระงานที่หนักทำให้พยาบาลให้ความสำคัญกับกิจกรรมเชิงเทคนิคและการจัดการความปวดจากแผลผ่าตัดมากกว่าการสังเกตอาการทางระบบปัสสาวะที่ยังไม่แสดงอาการชัดเจน

4. ด้านความพึงพอใจ การที่พยาบาลพึงพอใจในระดับมาก โดยเฉพาะด้าน "ประโยชน์ต่อการปฏิบัติงาน" ($\bar{X}$=4.53$) ชี้ให้เห็นว่า เมื่อแนวปฏิบัติช่วยให้การทำงานมีมาตรฐานชัดเจนและเห็นผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้ป่วยอย่างเป็นรูปธรรม จะเกิดแรงจูงใจในการนำหลักฐานเชิงประจักษ์มาใช้ในงานประจำ (Routine to Research) อย่างยั่งยืน

ข้อเสนอแนะ

1. ระดับนโยบาย: ควรสนับสนุนการใช้แนวปฏิบัตินี้เป็นมาตรฐานการดูแลผู้ป่วยออร์โธปิดิกส์ทุกหอผู้ป่วย
2. ระดับปฏิบัติการ: ควรพัฒนาระบบการบันทึก (Checklist) ในข้อ 8 ให้ง่ายต่อการปฏิบัติเพื่อเพิ่มความครอบคลุมในการเฝ้าระวังอาการทุกเวร

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. การขยายผลการศึกษา: ควรนำแนวปฏิบัติฯ ไปทดลองใช้ในโรงพยาบาลระดับต่างๆ หรือกลุ่มผู้ป่วยศัลยกรรมอื่นๆ ที่มีความเสี่ยงสูงต่อการติดเชื้อ เพื่อยืนยันประสิทธิภาพในบริบทที่หลากหลาย
2. การวิเคราะห์ความคุ้มค่า: ควรศึกษาเชิงเศรษฐศาสตร์เกี่ยวกับต้นทุนและประสิทธิผล (Cost-effectiveness) เพื่อแสดงถึงมูลค่าการลดค่าใช้จ่ายจากการลดวันนอนและภาวะแทรกซ้อน
3. การใช้เทคโนโลยีสนับสนุน: พัฒนาระบบบันทึกทางการพยาบาลแบบดิจิทัลที่มีระบบแจ้งเตือน (Alert System) เพื่อช่วยกระตุ้นการเฝ้าระวังอาการและการประเมินถอดสายสวนปัสสาวะให้ครบถ้วนทุกเวร
4. การศึกษาผลลัพธ์ระยะยาว: ควรติดตามผลหลังการจำหน่าย (Follow-up) เพื่อประเมินอุบัติการณ์การติดเชื้อที่บ้าน และศึกษาความยั่งยืน (Sustainability) ของการปฏิบัติงานในหน่วยงานหลังจากจบโครงการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมกิจการผู้สูงอายุ. (2564). *สถานการณ์ผู้สูงอายุไทย พ.ศ. 2564*. https://www.dop.go.th/download/statistics/th1663828576-1747_0.pdf

กรมควบคุมโรค. (2565). *กองโรคติดต่อทั่วไป*. https://ddc.moph.go.th/dip/

กลุ่มงานศัลยกรรมกระดูกและข้อ โรงพยาบาลเพชรบูรณ์. (2565-2567). *สถิติผู้ป่วยผ่าตัดกระดูกสะโพกหัก*. โรงพยาบาลเพชรบูรณ์.

เตชินี พรมเลิส. (2567). ประสิทธิผลของการใช้แนวปฏิบัติการพยาบาลเพื่อป้องกันการติดเชื้อระบบทางเดินปัสสาวะจากการคาสายปัสสาวะในผู้ป่วยเด็ก. *วารสารสุขภาพภาคประชาชน*, *19*(1). https://he02.tci- thaijo.org/index.php/MKHJ/article/view/270228/184459

ธนัทสร นิธิวรโชติ. (2565). *กรณีศึกษาการดูแลผู้ป่วยกระดูกสะโพกหักที่ทำผ่าตัดเปลี่ยนข้อสะโพกเทียมและมีภาวะแทรกซ้อนลิ่มเลือดอุดตันหลอดเลือดดำ*. โรงพยาบาลเลิดสิน. http://lerdsin.go.th/ex/C8/C8_10.pdf

บุศรา รุ่งรัตนไชย. (2566). *ประสิทธิผลของการใช้ชุดการดูแลการคาสายสวนปัสสาวะในการป้องกันการติดเชื้อระบบทางเดินปัสสาวะในผู้ป่วยที่ได้รับการคาสายสวนปัสสาวะ*. สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเชียงใหม่. https://chiangmaihealth.go.th/document/240205170712064730.pdf

มารศร มีธูป. (2565). *ผลการใช้แนวปฏิบัติการพยาบาลเพื่อป้องกันการติดเชื้อทางเดินปัสสาวะต่อการเกิดการติดเชื้อทางเดินปัสสาวะในผู้หญิงสูงอายุกระดูกสะโพกหัก*. ศูนย์อนามัยที่ 2 พิษณุโลก.

https://hpc2appcenter.anamai.moph.go.th/academic/web/files/2567/research/M_A2567-005-01-0000001500-0000001503.pdf

เยาวลักษณ์ สงวนพานิช. (2563). *ปัจจัยที่สัมพันธ์กับการเกิดภาวะแทรกซ้อนในผู้ป่วยสูงอายุที่มีกระดูก สะโพกหัก*. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม. https://publication.npru.ac.th/bitstream/123456789/1045/1

สถาบันรับรองคุณภาพสถานพยาบาล (สรพ.). (2563). *แนวปฏิบัติเพื่อการบริหารจัดการการผ่าตัดกระดูกข้อสะโพกหักในผู้ป่วยสูงอายุ*. https://www.ha.or.th/TH/Posts/

สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2562). *การคาดประมาณประชากรของประเทศไทย พ.ศ. 2553-2583 (ฉบับปรับปรุง)*. https://www.dop.go.th/download/statistics/th1635859856-984_0.pdf

สิริภา ช้างศรกุลชัย. (2565). *Urinary Tract Infections*. CIM Journal. https://cimjournal.com/nephro-conference/infection-urinary-tract/

สุรีย์รัตน์ มงคลพันธ์, อินทิรา รูปสว่าง, และ สุภาพ อารีย์อุเอะ. (2565). อุบัติการณ์ของการติดเชื้อทางเดินปัสสาวะและผลลัพธ์ด้านสุขภาพในผู้สูงอายุที่เข้ารับการผ่าตัดสะโพก: การศึกษาเชิงคาดการณ์. *Pacific Rim International Journal of Nursing Research*, *26*(3). https://he02.tci-thaijo.org/index.php/PRIJNR/article/view/260330

อรทัย สิริวัฒนพงษ์. (2566). ประสิทธิผลของแนวปฏิบัติการพยาบาลผู้สูงอายุกระดูกสะโพกหัก. *วารสารวิจัยและนวัตกรรมทางสุขภาพ*, *6*(1). https://he01.tci-thaijo.org/index.php/jrhi/article/view/264184

Bernard, R. (2000). *Fundamentals of biostatistics* (5th ed.). Duxbury Thomson Learning.

Bliemel, C., Buecking, B., Hack, J., Aigner, R., Eschbach, D. A., Ruchholtz, S., & Oberkircher, L. (2017). Urinary tract infection in patients with hip fracture: An underestimated event? *United European Gastroenterology Journal*. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28621029/

Frodin, M., Ahlstrom, L., Gillespie, B. M., Rogmark, C., Nellgard, B., Wikstrom, E., & Andersson, A. E. (2022). Effectiveness of a care bundle to prevent urinary catheter-associated infections in hip fracture patients. *Journal of Infection Prevention*, *23*(2), 60-68. https://doi.org/10.1177/17571774211060

Kovacs, J. S., & Whitbourne, K. (2024). *Urinary tract infections (UTIs)*. WebMD. https://www.webmd.com/women/your-guide-urinary-tract-infections

Lin, Y. C., Hsu, Y. C., Wu, W. T., Lee, R. P., Wang, J. H., Chen, H. W., ... & Hsu, C. Y. (2021). The

incidence of severe urinary tract infection increases after hip fracture in the elderly: A nationwide cohort study. *Journal of Personalized Medicine*, *11*(2), 114. https://doi.org/10.3390/jpm11020114

Ngamjarus, C. (2021). *Sample size calculation for health science research* (1st ed.). Khon Kaen University Printing House.

Ngamjarus, C., & Pattanittum, P. (2024). *n4Studies: Application for sample size calculation in health science research* (Version 2.3) [Mobile app]. App Store.

Thomas, S. (2021). *Urinary catheter use in patients with hip fracture: Are current guidelines appropriate? A retrospective review*. [Source Title].

Wang, W. (2024). Risk factors for urinary tract infection in geriatric hip fracture patients: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, *19*(1). https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10884186/

ปัจจัยกำหนดเชิงระบบของสมรรถนะการปฏิบัติงานระบาดวิทยาในระบบบริการปฐมภูมิ : หลักฐานเชิงประจักษ์จากโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล จังหวัดอุบลราชธานี ประเทศไทย

Systemic Determinants of Epidemiological Practice Competency in Primary Health Care Settings: Evidence from Subdistrict Health Promoting Hospitals in Ubon Ratchathani Province, Thailand

พิมลพรรณ สัตย์ธรรม, พลากร สืบสำราญ

Phimonphan Sattham, Phalakorn Suebsomran

หลักสูตรสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตร์ วิทยาลัยแพทยศาสตร์และการสาธารณสุข มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

Master of Public Health Program, Major in Public Health, College of Medicine and Public Health, Ubon Ratchathani University.

Corresponding author E-mail: Palakorn.s@ubu.ac.th

บทคัดย่อ

สมรรถนะการปฏิบัติงานด้านระบาดวิทยาของเจ้าหน้าที่สาธารณสุขระดับปฐมภูมิมีความสำคัญต่อความสำเร็จของระบบควบคุมโรคในระดับพื้นที่และระดับประเทศ การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงวิเคราะห์แบบภาคตัดขวาง (analytical cross-sectional study) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับสมรรถนะการปฏิบัติงานด้านระบาดวิทยา และปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับสมรรถนะของเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบงานระบาดวิทยาในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล จังหวัดอุบลราชธานี กลุ่มตัวอย่างคือเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบงานระบาดวิทยา รพ.สต.ละ1 คน รวม 324 คน เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถามที่มีความเชื่อมั่นของเครื่องมืออยู่ในระดับดี (Cronbach's alpha > 0.80) ระหว่างเดือนเมษายน–กันยายน 2568 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ ordinal logistic regression (generalized ordered logit model) นำเสนอในรูปของ adjusted odds ratio (OR_{adj}) และ 95%CI

ผลการศึกษาพบว่าสมรรถนะการปฏิบัติงานอยู่ในระดับปานกลางร้อยละ 49.6 ระดับดีร้อยละ 29.0 และระดับควรได้รับการพัฒนาร้อยละ 21.3 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับสมรรถนะระดับสูงอย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ การรับรู้ความเสี่ยงต่อการปฏิบัติงานระบาดวิทยา (ระดับปานกลาง OR_{adj} = 12.24; 95%CI 5.05–29.66; p-value <0.001 และระดับสูง OR_{adj} = 5.18; 95%CI 2.18–12.32; p-value <0.001) ปัจจัยค้ำจุนในการปฏิบัติงาน (ระดับสูง OR_{adj} = 9.20; 95%CI 3.17–26.67; p-value <0.001 และระดับปานกลาง OR_{adj} = 4.13; 95%CI 1.78–9.58; p-value=0.001) ปัจจัยด้านหน่วยงานและการบริหารจัดการ (ระดับปานกลาง OR_{adj}=5.03; 95%CI 1.65–15.36; p-value =0.005 และระดับสูง OR_{adj} = 4.35; 95%CI 1.13–16.72; p-value=0.032) แรงจูงใจระดับปานกลาง (OR_{adj} = 3.08; 95%CI 1.22–7.79; p-value =0.017) เพศชาย (OR_{adj} = 3.28; 95%CI 1.66–6.47; p-value =0.001) และผู้สำเร็จการศึกษาจากคณะสาธารณสุขศาสตร์

(OR_{adj} = 15.99; 95%CI 3.39–75.49; p-value <0.001) ขณะที่ความรู้ด้านระบาดวิทยามีค่าใกล้เคียงนัยสำคัญ และอายุไม่พบความสัมพันธ์ที่ชัดเจน

สรุปผลการศึกษาชี้ว่าสมรรถนะการปฏิบัติงานด้านระบาดวิทยาของเจ้าหน้าที่สาธารณสุขอยู่ในระดับที่สามารถปฏิบัติงานได้ แต่ยังไม่ถึงระดับความเชี่ยวชาญเชิงระบบ การพัฒนาควรมุ่งเน้นเชิงระบบมากกว่ารายบุคคล โดยเสริมสร้างทักษะเชิงปฏิบัติ การคิดเชิงสาเหตุ การใช้ข้อมูลเพื่อการตัดสินใจ การสนับสนุนเชิงโครงสร้าง และระบบบริหารจัดการ เพื่อยกระดับศักยภาพระบบเฝ้าระวัง สอบสวน และตอบสนองภัยสุขภาพในระดับพื้นที่อย่างยั่งยืน

คำสำคัญ : สมรรถนะการปฏิบัติงานระบาดวิทยา เจ้าหน้าที่สาธารณสุข โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล แรงจูงใจในการปฏิบัติงาน การรับรู้ความเสี่ยงในการปฏิบัติงาน

Abstract

Background: Epidemiological practice competency among primary health care personnel is critical to the effectiveness of disease control systems at both local and national levels.

Methods: This study employed an analytical cross-sectional design to examine the level of epidemiological practice competency and its associated factors among public health officers responsible for epidemiological work in Subdistrict Health Promoting Hospitals (SHPHs) in Ubon Ratchathani Province, Thailand. A total of 324 officers (one per SHPH) were recruited. Data were collected using a structured questionnaire with good internal consistency reliability (Cronbach's alpha > 0.80) between April and September 2025. Data were analyzed using ordinal logistic regression (generalized ordered logit model), and results were presented as adjusted odds ratios (ORadj) with 95% confidence intervals (95%CI).

Results: Overall competency levels were moderate in 49.6% of participants, good in 29.0%, and in need of improvement in 21.3%. Factors significantly associated with higher competency included risk perception toward epidemiological practice (moderate level: OR_{adj} = 12.24; 95%CI 5.05–29.66; p-value < 0.001; high level: OR_{adj} = 5.18; 95%CI 2.18–12.32; p-value < 0.001), enabling/supportive factors (high level: OR_{adj} = 9.20; 95%CI 3.17–26.67; p-value < 0.001; moderate level: OR_{adj} = 4.13; 95%CI 1.78–9.58; p = 0.001), organizational and management factors (moderate level: OR_{adj} = 5.03; 95%CI 1.65–15.36; p-value = 0.005; high level: OR_{adj} = 4.35; 95%CI 1.13–16.72; p-value = 0.032), moderate work motivation (OR_{adj} = 3.08; 95%CI 1.22–7.79; p-value = 0.017), male sex (OR_{adj} = 3.28; 95%CI 1.66–6.47; p-value = 0.001), and graduation from a Faculty

of Public Health (OR_{adj} = 15.99; 95%CI 3.39–75.49; p-value < 0.001). Epidemiological knowledge showed borderline statistical significance, while age was not significantly associated with competency.

Conclusion: Epidemiological practice competency among primary health care personnel was adequate for routine operations but had not yet reached a level of systemic excellence. Capacity development should therefore prioritize system-level approaches rather than individual-based training alone, focusing on strengthening applied skills, causal reasoning, data-driven decision-making, structural support mechanisms, and management systems. Such an integrated approach is essential to sustainably enhance surveillance, investigation, and health emergency response capacities at the local level.

Keywords: epidemiological practice competency; public health officers; subdistrict health promoting hospitals; work motivation; risk perception; primary health care system

บทนำ

สมรรถนะด้านวิทยาการระบาดของบุคลากรสาธารณสุขระดับปฐมภูมิเป็นองค์ประกอบสำคัญของศักยภาพระบบสุขภาพในการเฝ้าระวัง ป้องกันควบคุมโรค และตอบโต้เหตุการณ์ด้านสาธารณสุขอย่างทันท่วงที โดยเฉพาะในบริบทที่ระบบสุขภาพต้องเผชิญกับโรคอุบัติใหม่ ภัยสุขภาพจากสิ่งแวดล้อม และภาระโรคไม่ติดต่อเรื้อรังที่มีความซับซ้อนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ความสามารถของบุคลากรด่านหน้าในการวิเคราะห์ข้อมูล การแปลผลทางระบาดวิทยา การสอบสวนโรค และการสื่อสารความเสี่ยง จึงเป็นปัจจัยชี้ขาดต่อประสิทธิผลของการดำเนินงานด้านสาธารณสุขในระดับพื้นที่

กรอบสมรรถนะด้านสาธารณสุขในระดับสากล เช่น Essential Public Health Functions ของ World Health Organization และ Applied Epidemiology Competencies ของ Centers for Disease Control and Prevention ได้กำหนดสมรรถนะหลักด้านวิทยาการระบาดไว้อย่างเป็นระบบ ครอบคลุมตั้งแต่การเฝ้าระวังโรค การวิเคราะห์และแปลผลข้อมูล การสอบสวนและควบคุมโรค การสื่อสารความเสี่ยง ไปจนถึงการใช้หลักฐานเชิงประจักษ์เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจเชิงนโยบาย [1,2] งานวิจัยในหลายบริบทสะท้อนว่าสมรรถนะดังกล่าวไม่ได้เกิดขึ้นจากบทบาทหน้าที่หรือประสบการณ์การทำงานเพียงอย่างเดียว หากแต่ถูกกำหนดโดยปัจจัยหลายระดับ ทั้งปัจจัยเชิงบุคคล เช่น การรับรู้ความเสี่ยงและแรงจูงใจในการปฏิบัติงาน และปัจจัยเชิงองค์กร เช่น การสนับสนุนจากผู้บังคับบัญชา ระบบการพัฒนาศักยภาพ และทรัพยากรที่เอื้อต่อการทำงาน [3–5]

ในบริบทของระบบบริการสุขภาพระดับปฐมภูมิของประเทศไทย งานศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับสมรรถนะด้านวิทยาการระบาดของบุคลากรสาธารณสุขส่วนใหญ่ยังคงอยู่ในลักษณะการอธิบายระดับความรู้หรือทักษะรายด้าน ขณะที่การประเมินระดับสมรรถนะ ในภาพรวม และการวิเคราะห์ปัจจัยกำหนดเชิงบุคคลและเชิงระบบ

ควบคู่กันยังมีอยู่อย่างจำกัด ข้อจำกัดดังกล่าวส่งผลให้การออกแบบนโยบายและมาตรการพัฒนาบุคลากรสุขภาพขาดหลักฐานเชิงวิเคราะห์ที่สามารถสะท้อนกลไกและลำดับความสำคัญของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อสมรรถนะอย่างแท้จริง โดยเฉพาะในระดับปฐมภูมิซึ่งเป็นด่านหน้าของระบบสุขภาพ [6]

การศึกษาครั้งนี้จึงศึกษาระดับสมรรถนะและปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระดับสมรรถนะด้านวิทยาการระบาดของบุคลากรสาธารณสุขระดับปฐมภูมิ โดยใช้การวิเคราะห์แบบเชิงลำดับเพื่อสะท้อนความแตกต่างของระดับสมรรถนะ และยึดโยงผลการศึกษากับกรอบแนวคิดสมรรถนะด้านสาธารณสุขระดับสากล ผลการศึกษาคาดว่าจะช่วยเสริมสร้างฐานหลักฐานสำหรับการกำหนดนโยบายและการออกแบบกลไกพัฒนากำลังคนด้านสาธารณสุขให้สอดคล้องกับความต้องการของระบบสุขภาพในบริบทปัจจุบัน

วิธีการดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงวิเคราะห์แบบภาคตัดขวาง (cross-sectional analytical study) เพื่อศึกษาปัจจัยที่สัมพันธ์กับระดับสมรรถนะการปฏิบัติงานด้านวิทยาการระบาดของเจ้าหน้าที่สาธารณสุขในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล จังหวัดอุบลราชธานี

ประชากรและตัวอย่าง

ประชากรเป้าหมายเป็นเจ้าหน้าที่พยาบาลวิชาชีพ นักวิชาการสาธารณสุข หรือเจ้าหน้าที่สาธารณสุขที่ได้รับแต่งตั้งให้เป็นผู้รับผิดชอบหลักด้านระบาดวิทยาประจำ รพ.สต. แห่งละ 1 คน ในทั้ง 25 อำเภอของจังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งมี รพ.สต. รวม 324 แห่ง รวมประชากรทั้งสิ้น 324 คน เกณฑ์คัดเข้า ได้แก่ (1) มีประสบการณ์ทำงานด้านระบาดวิทยาใน รพ.สต. อย่างน้อย 6 เดือน และ (2) ยินยอมเข้าร่วมการวิจัยโดยสมัครใจ

คำนวณขนาดตัวอย่าง

ด้วยโปรแกรม G*Power ในกรอบการทดสอบแบบ logistic regression ซึ่งกำหนดค่าพารามิเตอร์เป็น two-tailed, odds ratio = 3.7, Pr(Y=1|X=1) ภายใต้สมมติฐานศูนย์ (H_0) = 0.20, α = 0.05, power = 0.90, R^2 other X = 0, X distribution = binomial, X parm π = 1 ได้ขนาดตัวอย่างอย่างน้อย 62 คน และเมื่อพิจารณาการปรับด้วยค่า effect size สำหรับ regression analysis ตามแนวคิดของ Cohen ทำให้ได้ขนาดตัวอย่างเทียบเคียง 124 คน [4] แต่ power ของการศึกษาและสามารถเก็บรวบรวมข้อมูลได้ทั้งประชากรศึกษาการศึกษาในประชากรศึกษาทั้งหมด 324 คน

เครื่องมือการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นแบบสอบถามที่พัฒนาจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แบ่งเป็น 7 ส่วน ได้แก่ (1) แบบสอบถามลักษณะส่วนบุคคล 13 ข้อ (2) แบบวัดแรงจูงใจในการปฏิบัติงาน 15 ข้อ ครอบคลุม 5 ด้าน (ความสำเร็จ การยอมรับนับถือ ลักษณะงาน ความรับผิดชอบ ความก้าวหน้า) เป็นมาตรประเมินค่า 5 ระดับ ให้คะแนน 1–5 และแปลผลระดับรวมตามเกณฑ์ Best เป็น 3 ระดับ [1] (3) แบบวัดความรู้เกี่ยวกับงานระบาดวิทยา 16 ข้อ ตอบแบบใช่/ไม่ใช่ ให้คะแนน 1/0 และแปลผลตามเกณฑ์ Bloom เป็น 3 ระดับ (ดี ≥80%, ปานกลาง 60–79%, ควรพัฒนา <60%) [2] (4) แบบวัดการรับรู้ความเสี่ยงจากการ

ปฏิบัติงานระบาดวิทยา 16 ข้อ เป็นมาตรประเมินค่า 5 ระดับ มีข้อคำถามเชิงบวก 11 ข้อและเชิงลบ 1 ข้อ (5) แบบวัดปัจจัยค้ำจุนในการปฏิบัติงาน 24 ข้อ เป็นมาตรประเมินค่า 5 ระดับ (6) แบบวัดปัจจัยด้านหน่วยงานและการบริหารจัดการ 20 ข้อ เป็นมาตรประเมินค่า 5 ระดับ และ (7) แบบประเมินสมรรถนะการปฏิบัติงานด้านระบาดวิทยา 40 ข้อ เป็นมาตรประเมินค่า 4 ระดับ ให้คะแนน 0–3 ตามความถี่การปฏิบัติ (ไม่ปฏิบัติเลย =0 ปฏิบัตินานๆครั้ง =1 ปฏิบัติบ่อยครั้ง =2 ปฏิบัติเป็นประจำ =3) ครอบคลุม 5 มิติ ได้แก่ การเฝ้าระวัง (9 ข้อ) การสอบสวน/ป้องกันควบคุมโรค (14 ข้อ) การศึกษาทางระบาดวิทยา (7 ข้อ) ทักษะการใช้เทคโนโลยี (5 ข้อ) และการนำเสนอ/เผยแพร่เชิงวิชาการ (5 ข้อ) โดยตั้งแต่ส่วนที่ 4 ถึงส่วนที่ 7 กำหนดเกณฑ์การจัดระดับคะแนนรายด้านตามแนวคิด performance-based tertiary classification (อิงเกณฑ์เปอร์เซ็นไทล์) โดยจัดระดับสมรรถนะเป็น 3 ระดับ ระดับดี คะแนน >75th percentiles, ระดับปานกลาง คะแนน 25th-75th percentiles, ระดับที่ควรได้รับการพัฒนา คะแนน < 25th percentiles

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือดำเนินการ 2 ขั้นตอน ได้แก่ ความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน พบว่า ค่า IOC รายข้ออยู่ระหว่าง 0.67–1.00 จากนั้นทดสอบความเชื่อมั่นแบบความสอดคล้องภายใน (internal consistency) โดยนำแบบสอบถามไปทดลองใช้กับเจ้าหน้าที่ รพ.สต. จังหวัดศรีสะเกษ จำนวน 30 คน และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค พบว่าแบบวัดแรงจูงใจ = 0.9412, ความรู้เกี่ยวกับงานระบาดวิทยา = 0.6179, การรับรู้ความเสี่ยง = 0.9582, ปัจจัยค้ำจุน = 0.9642, ปัจจัยด้านหน่วยงานและการบริหารจัดการ = 0.9660, และสมรรถนะการปฏิบัติงานด้านระบาดวิทยา = 0.9688

การวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้สถิติเชิงพรรณนา(Descriptive Statistic) ในการพรรณนา ความถี่ ร้อยละ และค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สำหรับตัวแปรเชิงกลุ่มและตัวแปรต่อเนื่อง ตามลำดับ และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยกำหนดกับสมรรถนะการปฏิบัติงานด้านระบาดวิทยา ด้วยสถิติ multivariable ordinal logistic regression ภายใต้การทดสอบข้อสมมติฐาน proportional odds ด้วย test of parallel lines กำหนดนัยสำคัญที่ 0.05 หากข้อสมมติฐานไม่ถูกละเมิด (p>0.05) จะรายงานผลเป็น adjusted odds ratio (OR_{adj}) และ 95%CI แต่หากข้อสมมติฐานถูกละเมิด (p≤0.05) จะใช้ generalized ordered logistic regression (partial proportional odds model) และรายงาน OR_{adj} และ 95%CI แยกตามจุดตัดของระดับตัวแปรตามตามเกณฑ์ที่กำหนด

จริยธรรมการวิจัย การศึกษานี้ผ่านการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี (หมายเลขรับรอง UBU-REC-66/2568, ลงวันที่ 10 มีนาคม 2568) ผู้เข้าร่วมได้รับคำชี้แจงและให้ความยินยอมก่อนเข้าร่วม ข้อมูลถูกเก็บรักษาเป็นความลับและใช้เพื่อประโยชน์ทางวิชาการเท่านั้น

รวบรวมข้อมูลระหว่างเดือน เมษายน 2568 – กันยายน 2568

ผลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ศึกษาในผู้รับผิดชอบงานระบาดวิทยาประจำโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล จำนวน 324 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 79.3 อายุอยู่ในช่วง 25–39 ปี ร้อยละ 71.3% มีสถานภาพสมรส ร้อยละ 80.9 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ร้อยละ 91.0 จบจากคณะสาธารณสุขศาสตร์เป็นสัดส่วนสูงสุด ร้อยละ 69.8 ตำแหน่งนักวิชาการสาธารณสุข ร้อยละ 84.6 ส่วนใหญ่สังกัดกระทรวงสาธารณสุข ร้อยละ 82.7 และมีประสบการณ์การทำงานมากกว่า 10 ปี ร้อยละ 66.98 เกือบทั้งหมดเคยผ่านการฝึกอบรมด้านระบาดวิทยา ร้อยละ 96.9 เคยอบรมหลักสูตร CDCU เป็นสัดส่วนสูง ร้อยละ 95.7 และมีประสบการณ์การสอบสวนโรคและควบคุมการระบาดภาคสนามเกือบทั้งหมด ร้อยละ 98.5 โรคที่สอบสวนมากที่สุดคือโรคไข้เลือดออก ร้อยละ 92.6 แม้เจ้าหน้าที่ส่วนใหญ่เคยจัดทำรายงานสอบสวนโรค ร้อยละ 98.1 แต่กว่าครึ่งยังไม่เคยมีผลงานเชิงวิชาการหรือการนำเสนอในเวทีวิชาการ (ร้อยละ 56.8)

ระดับปัจจัยกำหนดสมรรถนะ

แรงจูงใจในการปฏิบัติงาน (ปานกลาง ร้อยละ 50.6) ความรับผิดชอบต่อบทบาทหน้าที่ ลักษณะของงาน และความสำเร็จของงาน ซึ่งอยู่ในระดับดีมากกว่า ร้อยละ 94 ในทุกมิติ สะท้อนแรงขับเชิงวิชาชีพที่เข้มแข็ง ขณะที่มิติด้านความก้าวหน้าในตำแหน่งหน้าที่การงานเป็นด้านที่อ่อนกว่าเมื่อเทียบกับด้านอื่น สะท้อนข้อจำกัดเชิงโครงสร้างด้านความก้าวหน้ามากกว่าปัญหาเชิงทัศนคติส่วนบุคคล

ความรู้เกี่ยวกับงานระบาดวิทยา (ปานกลาง ร้อยละ 59.5; คะแนนเฉลี่ย 12.42 จากคะแนนเต็ม 16 คะแนน) โดยจุดแข็งอยู่ที่ความรู้เชิงปฏิบัติการพื้นฐาน คือความเข้าใจระบบเฝ้าระวัง การสอบสวนโรค และกระบวนการควบคุมการระบาด ขณะที่จุดอ่อนสำคัญอยู่ที่องค์ความรู้เชิงวิเคราะห์ขั้นสูง โดยเฉพาะการใช้ระบาดวิทยาเชิงวิเคราะห์และสถิติเชิงอนุมานเพื่ออธิบายความสัมพันธ์เชิงเหตุ ผล ซึ่งสอดคล้องกับช่องว่างด้านการใช้ RR/OR และการทดสอบสมมติฐานในงานจริง

การรับรู้ความเสี่ยงต่อการปฏิบัติงานระบาดวิทยา (ปานกลาง ร้อยละ 46.9; ค่าเฉลี่ย 74.13 คะแนน จากคะแนนเต็ม 80 คะแนน) โดยเฉพาะการรับรู้ความเสี่ยงด้านความรับผิดชอบต่อผลกระทบของการระบาดและผลต่อชุมชน ขณะที่มิติด้านความเสี่ยงเชิงระบบและความเสี่ยงระยะยาวต่อโครงสร้างบริการยังไม่เด่นชัด สะท้อนการรับรู้ในระดับภารกิจเฉพาะหน้ามากกว่าการมองเชิงระบบสุขภาพ

ปัจจัยค้ำจุนในการปฏิบัติงาน (ปานกลาง ร้อยละ 50.0; ค่าเฉลี่ย 98.35 คะแนน) โดยจุดแข็งอยู่ที่แรงสนับสนุนจากเครือข่ายวิชาชีพและทีมงานในระบบบริการปฐมภูมิ ขณะที่จุดอ่อนสำคัญอยู่ที่ทรัพยากรเชิงโครงสร้าง ได้แก่ เครื่องมือ เทคโนโลยีสนับสนุน และระบบสนับสนุนทางวิชาการ ซึ่งยังไม่เอื้อต่อการพัฒนาสมรรถนะขั้นสูงอย่างเป็นระบบ และปัจจัยด้านหน่วยงานและการบริหารจัดการ (ปานกลาง ร้อยละ 50.9; ค่าเฉลี่ย 82.98 คะแนน) มีลักษณะต่างกันชัดเจน โดยด้านที่เป็นจุดแข็งคือระบบการทำงานประจำ การประสานงาน และโครงสร้างการปฏิบัติงานในภารกิจบริการ ขณะที่จุดอ่อนอยู่ที่ระบบสนับสนุนการพัฒนาศักยภาพระยะยาว เช่น ระบบพี่เลี้ยงทางวิชาการ ระบบพัฒนางานวิจัย งานวิชาการ และโครงสร้างสนับสนุนการผลิตองค์ความรู้ ซึ่งสะท้อนข้อจำกัดเชิงสถาบันมากกว่าศักยภาพรายบุคคล

สมรรถนะการปฏิบัติงานด้านวิทยาการระบาดโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 49.6 รองลงมา คือ ระดับดี ร้อยละ 29.0 และระดับควรได้รับการพัฒนา ร้อยละ 21.3 ประเด็นรายข้อที่สะท้อนจุดแข็งของสมรรถนะ คือ ปฏิบัติเป็นประจำและบ่อยครั้งร่วมกัน พบจุดแข็งเชิงระบบปฏิบัติการที่ชัดเจน ได้แก่ ความสามารถในการค้นหาและตรวจจับความผิดปกติของโรคหรือภัยสุขภาพและรายงานผ่านระบบเฝ้าระวังได้ทันเวลา (ร้อยละ 100.0) ปรับปรุงฐานข้อมูลที่จำเป็นต่อการปฏิบัติงานให้เป็นปัจจุบัน (รวมกันร้อยละ 93.2) ดำเนินมาตรการควบคุมโรคเบื้องต้นระหว่างการสอบสวนโรค (ร้อยละ 93.8) และวิเคราะห์เส้นโค้งการระบาด (epidemic curve) อย่างเป็นระบบ (ร้อยละ 89.8) รวมถึงความสามารถในการใช้สถิติเชิงพรรณนาเพื่อคำนวณและนำเสนออัตราป่วย–อัตราตาย (ร้อยละ 84.9) และการสื่อสารข้อมูลทางระบาดวิทยาผ่านเครื่องมือดิจิทัลเพื่อจัดทำรายงานหรือกราฟ (ร้อยละ 86.8) ตลอดจนทักษะการใช้เทคโนโลยีเฝ้าระวัง เช่น ระบบภูมิสารสนเทศ (GIS) และฐานข้อมูลดิจิทัล (ร้อยละ 89.8)

ในขณะเดียวกันเมื่อพิจารณากลุ่มปฏิบัติบางครั้งหรือไม่ปฏิบัติเลย ซึ่งสะท้อนข้อจำกัดของสมรรถนะขั้นสูง คือความพร้อมด้านทรัพยากรสนับสนุนการสอบสวนโรค โดยเฉพาะยานพาหนะสำหรับออกปฏิบัติงานภาคสนามอย่างทันท่วงที (ร้อยละ 15.1) ขีดความสามารถด้านการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงอนุมานเพื่อทดสอบสมมติฐานความสัมพันธ์ของปัจจัยเสี่ยงกับการเกิดโรคหรือการระบาด เช่น การใช้ค่า RR หรือ OR (ร้อยละ 20.7) การพัฒนาศักยภาพด้านเทคโนโลยีระบาดวิทยาขั้นสูงผ่านการอบรมและการนำไปใช้จริงในงานปฏิบัติ (ร้อยละ 34.2) และผลผลิตเชิงวิชาการในรูปแบบการตีพิมพ์เผยแพร่ซึ่งอยู่ในระดับต่ำมาก โดยการจัดทำรายงานวิชาการฉบับสมบูรณ์เพื่อการตีพิมพ์เผยแพร่พบว่าปฏิบัติบางครั้งหรือไม่ปฏิบัติเลยรวมกันสูงถึงร้อยละ91.7(ดังตารางที่ 1)

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระดับสมรรถนะ (Multivariable generalized ordered logit model)

เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ พบว่าแรงจูงใจในการปฏิบัติงานระดับปานกลาง มีความสัมพันธ์กับโอกาสมีสมรรถนะระดับสูงเพิ่มขึ้นประมาณ 3 เท่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (OR_{adj} = 3.08; 95%CI 1.22–7.79) ขณะที่ระดับสูงไม่พบความสัมพันธ์เมื่อเทียบกับกลุ่มควรได้รับการพัฒนา (OR_{adj} = 1.30; 95%CI 0.45–3.78) ด้านการรับรู้ความเสี่ยงต่อการปฏิบัติงานระบาดวิทยาระดับปานกลางมีความสัมพันธ์กับโอกาสมีสมรรถนะระดับสูงเพิ่มขึ้นประมาณ 12 เท่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (OR_{adj} = 12.24; 95%CI 5.05–29.66) และระดับสูงมีความสัมพันธ์กับโอกาสมีสมรรถนะระดับสูงเพิ่มขึ้นประมาณ 5 เท่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (OR_{adj} = 5.18; 95%CI 2.18–12.32) ด้านปัจจัยค้ำจุนในการปฏิบัติงาน พบว่า ระดับปานกลางมีความสัมพันธ์กับโอกาสมีสมรรถนะระดับสูงเพิ่มขึ้นประมาณ 4 เท่า (OR_{adj} = 4.13; 95%CI 1.78–9.58) และระดับสูงยิ่งเพิ่มโอกาสมีสมรรถนะระดับสูงเพิ่มขึ้นประมาณ 9 เท่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (OR_{adj} = 9.20; 95%CI 3.17–26.67) ด้านปัจจัยหน่วยงานและการบริหารจัดการระดับปานกลางมีความสัมพันธ์ในการลดโอกาสมีสมรรถนะระดับปานกลางถึงสูงลงร้อยละ 88.0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (OR_{adj} = 0.12; 95%CI 0.04–0.39) แต่ในขณะเดียวกันกลับมีความสัมพันธ์ในการเพิ่มโอกาสมีสมรรถนะระดับสูงเพิ่มขึ้นประมาณ 5 เท่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (OR_{adj} = 5.03; 95%CI 1.65–15.36) ขณะที่ระดับสูงมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มโอกาสมีสมรรถนะระดับสูงเพิ่มขึ้นประมาณ 4 เท่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (OR_{adj} = 4.35; 95%CI 1.13–16.72) ด้านปัจจัยด้านประชากร

พบว่า เพศชายมีโอกาสอยู่ในระดับสมรรถนะสูงมากกว่าเพศหญิงประมาณ 3 เท่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (OR_{adj} = 3.28; 95%CI 1.66–6.47) ด้านพื้นฐานการศึกษา พบว่า จบจากคณะสาธารณสุขศาสตร์มีโอกาสอยู่ในระดับสมรรถนะปานกลางถึงสูงมากกว่าผู้จบจากคณะอื่นประมาณ 15 เท่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (OR_{adj} = 15.99; 95%CI 3.39–75.49) แต่ไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับการอยู่ในระดับสมรรถนะสูงโดยเฉพาะ (OR_{adj} = 1.28; 95%CI 0.22–7.48)

ขณะที่ด้านความรู้เกี่ยวกับงานระบาดวิทยา พบว่า ระดับปานกลางและระดับสูงไม่มีความสัมพันธ์กับสมรรถนะการปฏิบัติงานด้านวิทยาการระบาด(OR_{adj} = 2.57; 95%CI 0.91–7.27 และ OR_{adj} = 2.95; 95%CI 0.99–8.76) อายุไม่พบความสัมพันธ์กับสมรรถนะระดับปานกลางถึงสูง (OR_{adj} = 1.05; 95%CI 0.97–1.14) และมีแนวโน้มผกผันกับสมรรถนะระดับสูงในระดับใกล้เคียงนัยสำคัญทางสถิติ (OR_{adj} = 0.94; 95%CI 0.88–1.00) (ดังตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 จำนวน และร้อยละของเจ้าหน้าที่จำแนกตามสมรรถนะการปฏิบัติงานระบาดวิทยารายข้อ (n=324)

สมรรถนะการปฏิบัติงานระบาดวิทยา	**แรงจูงใจในการปฏิบัติงาน**			
	เป็นประจำ	**บ่อยครั้ง**	**นานๆครั้ง**	**ไม่เลย**
	จำนวน (ร้อยละ)	**จำนวน (ร้อยละ)**	**จำนวน (ร้อยละ)**	**จำนวน (ร้อยละ)**
ด้านการเฝ้าระวังทางระบาดวิทยา				
1. ได้เข้าร่วมฝึกซ้อมแผนตอบโต้ภาวะฉุกเฉินทางสาธารณสุข	117 (36.1)	105 (32.4)	98 (30.2)	4 (1.2)
2.ในการดำเนินงานเฝ้าระวังทางระบาดวิทยา ท่านมีการประสานกับหน่วยงานในเครือข่ายและหน่วยงานนอกเครือข่ายในเรื่องของการรับ-ส่งข้อมูลการเฝ้าระวังทางระบาดวิทยา	184 (56.8)	126 (38.9)	14 (4.3)	0 (0.0)
3.มีการตรวจสอบข่าว หลังได้รับข่าวการระบาดว่ามีเหตุการณ์เกิดขึ้น	9 (2.8)	175 (54.0)	136 (42.0)	4 (1.2)
4.มีการนำข้อมูลที่วิเคราะห์สถานการณ์ เผยแพร่ไปยังหน่วยงานนอกกระทรวงสาธารณสุข เช่น องค์การบริหารส่วนท้องถิ่น สถานศึกษา หรือภาคเอกชน เพื่อเตือนภัยและใช้ประโยชน์	173 (53.4)	131 (40.4)	20 (6.2)	0 (0.0)
5.มีการตรวจสอบข่าวการระบาด จัดทำรายงานสถานการณ์โรคและภัยสุขภาพในพื้นที่รับผิดชอบ ประจำสัปดาห์/เดือน	194 (59.9)	113 (34.9)	16 (4.9)	1 (0.3)
6.จัดทำ เรียนรู้ หรือปรับปรุง คู่มือ แนวทางปฏิบัติงาน โปรแกรมหรือแบบฟอร์มการบันทึกข้อมูล เพื่อการเฝ้าระวังตรวจสอบข่าว ให้ทันสมัยและเหมาะสมกับสถานการณ์	171 (52.8)	130 (40.1)	22 (6.8)	1 (0.3)

สมรรถนะการปฏิบัติงานระบาดวิทยา	แรงจูงใจในการปฏิบัติงาน			
	เป็นประจำ	บ่อยครั้ง	นานๆครั้ง	ไม่เลย
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)
7.มีฐานข้อมูลที่จำเป็นต่อการปฏิบัติงาน เช่น ข้อมูลการเฝ้าระวังโรคและภัยสุขภาพ ข้อมูลทรัพยากรสุขภาพเกี่ยวกับการป้องกันควบคุมโรค และมีการปรับปรุงให้เป็นปัจจุบัน	196 (60.5)	106 (32.7)	22 (6.8)	0 (0.0)
8.มีการค้นหาและตรวจจับความผิดปกติของโรคหรือภัย รายงานผ่านระบบเฝ้าระวังที่เหมาะสม เช่น รง.506 รายงาน 43 แฟ้ม ระบบ DDS หรือแอปพลิเคชันอื่นๆ ได้ทันเวลา	207 (69.9)	108 (33.3)	9 (2.8)	0 (0.0)
9.มีการวิเคราะห์แนวโน้มและคาดการณ์สถานการณ์โรคในพื้นที่ จากการวิเคราะห์ข้อมูลการเฝ้าระวังโรคของพื้นที่ และเครือข่าย	184 (56.8)	118 (36.4)	22 (6.8)	0 (0.0)
ด้านการสอบสวนทางระบาดวิทยา การป้องกันและควบคุมโรค				
10.ก่อนการออกสอบสวนโรค ท่านมีการรวบรวมข้อมูลทางระบาดวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการเกิดโรคนั้นก่อนเสมอ	194 (59.9)	114 (35.2)	16 (4.9)	0 (0.0)
11.จัดทำรายงานการสอบสวนโรคเบื้องต้นภายใน 48 ชั่วโมง หลังสอบสวนโรค เสนอต่อผู้บริหารและแจ้งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทุกครั้ง	197 (60.8)	94 (29.0)	33 (10.2)	0 (0.0)
12.ในการควบคุมการระบาดของโรคติดต่อในพื้นที่ จำเป็นต้องเฝ้าระวังโรคต่อไปอีก 2 เท่า ของระยะฟักตัวยาวที่สุดของโรคนั้น	199 (61.4)	100 (30.9)	25 (7.7)	0 (0.0)
13.มีการวิเคราะห์ข้อมูล ของจำนวนผู้ป่วยกับเวลาเริ่มป่วย เพื่อเป็นแนวทางให้ทราบถึงระยะเวลาที่ผู้ป่วยไปสัมผัสกับเชื้อโรคหรือแหล่งโรค(Epidemic Curve)	207 (63.9)	84 (25.9)	33 (10.2)	0 (0.0)
14.มีการนำข้อมูลที่วิเคราะห์สถานการณ์ มาใช้ในการวางแผนป้องกันควบคุมโรค และให้คำแนะนำมาตรการควบคุมโรคเบื้องต้นที่เหมาะสมแก่ผู้เกี่ยวข้องระหว่างการสอบสวนโรค	188 (58.0)	103 (31.8)	33 (10.2)	0 (0.0)
15.มีช่องทางการนำเสนอข่าวการระบาด มาตรการควบคุมโรค และคำแนะนำการป้องกันโรคผ่านทางสื่อที่หลากหลาย ทั้งสื่อดั้งเดิมและสื่อโซเชียลมีเดีย	186 (57.4)	113 (34.9)	25 (7.7)	0 (0.0)
16.มียานพาหนะที่สามารถนำออกปฏิบัติงานได้ทันที	139	136	35	14

สมรรถนะการปฏิบัติงานระบาดวิทยา	แรงจูงใจในการปฏิบัติงาน			
	เป็นประจำ	บ่อยครั้ง	นานๆครั้ง	ไม่เลย
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)
	(42.9)	(42.0)	(10.8)	(4.3)
17.มีวัสดุอุปกรณ์ เวชภัณฑ์ และอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (PPE) ที่จำเป็นต่อการสอบสวนโรคและพร้อมใช้งาน	148 (45.7)	154 (47.5)	22 (6.8)	0 (0.0)
18.มีการกำหนดนิยามผู้ป่วยและผู้สัมผัส ค้นหาผู้ป่วยเพิ่มเติมในชุมชน	146 (45.1)	146 (45.1)	32 (9.9)	0 (0.0)
19.เก็บตัวอย่างสิ่งส่งตรวจได้เหมาะสมกับการตรวจหาเชื้อโรคหรือสาเหตุที่สงสัย โดยคำนึงถึงปริมาณตัวอย่าง วิธีการเก็บรักษา และวิธีการนำส่งที่ถูกต้อง	126 (38.9)	168 (51.9)	30 (9.3)	0 (0.0)
20.สามารถดำเนินมาตรการควบคุมโรคเบื้องต้นระหว่างการสอบสวนโรคได้	214 (66.0)	90 (27.8)	20 (6.2)	0 (0.0)
21.มีการเขียนรายงานการสอบสวนโรคฉบับสมบูรณ์ เมื่อมีการสอบสวนโรคเสร็จ	137 (42.3)	107 (33.0)	80 (24.7)	0 (0.0)
22.มีการประเมินประสิทธิผลของมาตรการควบคุมโรคที่ดำเนินการ และปรับปรุงมาตรการตามความเหมาะสม	156 (48.1)	149 (46.0)	19 (5.9)	0 (0.0)
23.มีการติดตามสถานการณ์และผลการควบคุมโรคอย่างต่อเนื่อง	189 (58.3)	109 (33.6)	26 (8.0)	0 (0.0)
ด้านการศึกษาทางระบาดวิทยา				
24.มีการนำเสนอข้อมูลการเฝ้าระวังทางระบาดวิทยามาเรียบเรียงการ กระจายการเกิดโรคตามบุคคล เวลา สถานที่ เพื่อดูสถานการณ์ของการเกิดโรค	184 (56.8)	98 (30.2)	39 (12.0)	3 (0.9)
25.มีการใช้วิทยาการระบาดเชิงวิเคราะห์เพื่ออธิบายปัจจัยกำหนดโรคหรือการระบาดของโรคในชุมชน และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเสี่ยงกับการเกิดโรค	178 (54.9)	105 (32.4)	41 (12.7)	0 (0.0)
26.ในการนำเสนอข้อมูล มีการแสดงความสัมพันธ์ของการเกิดโรคกับบุคคล เวลาและสถานที่ และการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลทุกครั้ง	181 (55.9)	105 (32.4)	38 (11.7)	0 (0.0)
27.ใช้สถิติเชิงพรรณนาในการคำนวณ นำเสนอข้อมูลทางสถิติพื้นฐาน เช่น อัตราป่วย อัตราตาย ได้ถูกต้อง	191 (59.0)	84 (25.9)	42 (13.0)	7 (2.2)

สมรรถนะการปฏิบัติงานระบาดวิทยา	แรงจูงใจในการปฏิบัติงาน			
	เป็นประจำ	บ่อยครั้ง	นานๆครั้ง	ไม่เลย
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)
28.มีการใช้สถิติเชิงอนุมานในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของปัจจัยกับการเกิดโรคหรือการระบาด เช่น การคำนวณความเสี่ยงสัมพัทธ์ (RR) หรืออัตราส่วนออดส์ (OR)	112 (34.6)	145 (44.8)	55 (17.0)	12 (3.7)
29.มีการใช้ประโยชน์ของข้อมูลจากสถานการณ์ทางระบาดวิทยาที่เครือข่ายระบาดวิทยาของท่านส่งมาให้ ในการประเมินสถานการณ์โรคในพื้นที่	174 (53.7)	107 (33.0)	43 (13.3)	0 (0.0)
30.ในกรณีเกิดการระบาด ข้อมูลการสอบสวนโรคที่รวบรวมมาได้ มีการวิเคราะห์ ในด้านบุคคล สถานที่ เวลา นำไปสู่การตั้งสมมติฐานเพื่อพิสูจน์สาเหตุการระบาด	167 (51.5)	126 (38.9)	31 (9.6)	0 (0.0)
ทักษะการใช้เทคโนโลยีทางระบาดวิทยา				
31.สามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพลดระยะเวลาในการเก็บข้อมูล วิเคราะห์ และรายงานสถานการณ์โรคได้อย่างทันเวลา	176 (51.3)	103 (31.8)	45 (13.9)	0 (0.0)
32.มีทักษะในการใช้อุปกรณ์หรือเทคโนโลยีสำหรับการเฝ้าระวังโรค เช่น ระบบภูมิสารสนเทศ (GIS) หรือระบบฐานข้อมูลดิจิทัลอื่นๆ	179 (55.2)	112 (34.6)	33 (10.2)	0 (0.0)
33.สามารถสื่อสารข้อมูลทางระบาดวิทยา (เช่น การจัดทำรายงาน หรือการสร้างกราฟ) ผ่านเครื่องมือดิจิทัล คอมพิวเตอร์	181 (55.9)	100 (30.9)	43 (13.3)	0 (0.0)
34.สามารถใช้หรือเข้าถึงเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับ Big Data, Data Visualization หรือ AI ในการเฝ้าระวังและวิเคราะห์สถานการณ์โรคระบาด	125 (38.6)	123 (38.0)	62 (19.1)	14 (4.3)
35.เคยเข้าร่วมการอบรมหรือสัมมนาเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีทางระบาดวิทยา และสามารถนำความรู้มาประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงาน	101 (31.2)	112 (34.6)	86 (26.5)	25 (7.7)
ด้านผลงานวิชาการจากการเฝ้าระวัง สอบสวนโรคหรือการตอบสนองทางสาธารณสุข				
36.เขียนบทความวิชาการ หรือบทวิจารณ์ ในวารสารวิชาการในระดับจังหวัดขึ้นไป	8 (2.5)	28 (8.6)	52 (16.0)	236 (72.8)

สมรรถนะการปฏิบัติงานระบาดวิทยา	แรงจูงใจในการปฏิบัติงาน			
	เป็นประจำ	บ่อยครั้ง	นานๆครั้ง	ไม่เลย
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)
37.เขียนรายงานวิชาการฉบับสมบูรณ์ที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่	8 (2.5)	19 (5.9)	18 (5.6)	279 (86.1)
38.เขียนบทคัดย่อ ของผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์ในเอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการ	4 (1.2)	26 (8.0)	35 (10.8)	259 (79.9)
39.นำเสนอผลงานวิชาการด้านวิทยาการระบาดแบบ oral presentation หรือ Poster presentation	6 (1.9)	56 (17.3)	118 (36.4)	144 (44.4)
40.มีการเผยแพร่ความรู้ทางระบาดวิทยาให้กับเครือข่ายบุคลากรสาธารณสุข และในชุมชน ในรูปแบบที่เข้าใจง่ายและเหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมาย	84 (25.9)	150 (46.3)	61 (18.8)	29 (9.0)

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติกเชิงอันดับ (Generalized Ordered Logit Model) เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระดับสมรรถนะการทำงานโดยควบคุมตัวแปรร่วมทั้งหมดในโมเดล นำเสนอเป็น Adjusted Odds Ratio และ 95%CI for Adjusted Odds Ratio

ตัวแปร	ระดับ	Equation 1 สมรรถนะการทำงาน (ระดับควรได้รับการพัฒนา vs ปานกลางถึงสูง)		p-value	Equation 2 สมรรถนะการทำงาน (ระดับควรได้รับการพัฒนาถึงปานกลางvs ระดับสูง)		p-value
		Adjusted OR	95% CI		Adjusted OR	95% CI	
ปัจจัยแรงจูงใจในการปฏิบัติงาน	ปานกลาง	3.08	(1.22–7.79)	0.017	3.08	(1.22–7.79)	0.017
	สูง	1.30	(0.45-3.78)	0.626	1.30	(0.45-3.78)	0.626
ปัจจัยหน่วยงานและ	ปานกลาง	0.12	(0.04-0.39)	<0.001	5.03	(1.65-15.36)	0.005

ตัวแปร	ระดับ	Equation 1 สมรรถนะการทำงาน (ระดับควรได้รับการพัฒนา vs ปานกลางถึงสูง)		p-value	Equation 2 สมรรถนะการทำงาน (ระดับควรได้รับการพัฒนาถึงปานกลางvs ระดับสูง)		p-value
		Adjusted OR	95% CI		Adjusted OR	95% CI	
การบริหารจัดการ	สูง	0.19	(0.03-1.06)	0.059	4.35	(1.13-16.72)	0.032
ความรู้เกี่ยวกับงานระบาดวิทยา	ปานกลาง	2.57	(0.91-7.27)	0.075	2.57	(0.91-7.27)	0.075
	สูง	2.95	(0.99-8.76)	0.051	2.95	(0.99-8.76)	0.051
การรับรู้ความเสี่ยงต่อการปฏิบัติงานระบาดวิทยา	ปานกลาง	12.24	(5.05-29.66)	<0.001	12.24	(5.05-29.66)	<0.001
	สูง	5.18	(2.18-12.32)	<0.001	5.18	(2.18-12.32)	<0.001
ปัจจัยค้ำจุนในการปฏิบัติงาน (แรงสนับสนุน)	ปานกลาง	4.13	(1.78-9.58)	0.001	4.13	(1.78-9.58)	0.001
	สูง	9.20	(3.17-26.67)	<0.001	9.20	(3.17-26.67)	<0.001
เพศ	ชาย	1.10	(0.50-2.42)	0.804	3.28	(1.66-6.47)	0.001
อายุ	ต่อปี	1.05	(0.97-1.14)	0.197	0.94	(0.88-1.00)	0.065
คณะที่จบการศึกษา	สาธารณสุขศาสตร์	15.99	(3.39-75.49)	<0.001	1.28	(0.22-7.48)	1.784

วิจารณ์ผล

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าบุคลากรสาธารณสุขระดับปฐมภูมิส่วนใหญ่อยู่ในระดับสมรรถนะปานกลาง และมีเพียงประมาณหนึ่งในสามที่อยู่ในระดับดี ขณะที่ยังมีสัดส่วนที่ต้องได้รับการพัฒนาอย่างมีนัยสำคัญ ภาพรวมนี้สะท้อนว่าบุคลากรสามารถปฏิบัติงานตามหน้าที่พื้นฐานได้ แต่ยังไม่เพียงพอต่อการดำเนินภารกิจเฝ้าระวัง สอบสวน และตอบสนองภัยสุขภาพเชิงรุกอย่างเป็นระบบ โดยเฉพาะในด้านการสอบสวนและควบคุมโรค การสื่อสารความเสี่ยง และการพัฒนางานประจำไปสู่ผลผลิตทางวิชาการ ซึ่งสะท้อนปัญหาเชิงโครงสร้างว่ามีความรู้ แต่ยังไม่สามารถใช้ความรู้นั้นให้เกิดผลลัพธ์เชิงระบบได้จริง สอดคล้องกับกรอบแนวคิดสมรรถนะและแรงจูงใจที่อธิบายว่าสมรรถนะการทำงานเกิดจากการผสมผสานระหว่างความรู้ ทักษะ แรงจูงใจ ทรัพยากรสนับสนุน และระบบบริหารจัดการ ไม่ใช่คุณลักษณะของบุคคลเพียงลำพัง [1–3]

ความรู้ทางระบาดวิทยาจึงทำหน้าที่เป็นเพียงฐานความรู้ ในความหมายของความเข้าใจพื้นฐานด้านแนวคิด วิธีวิทยา และกรอบการคิดทางระบาดวิทยา แต่ขาดทักษะการคิดเชิงสาเหตุ การแปลผลข้อมูล และการใช้ข้อมูลเพื่อการตัดสินใจเชิงปฏิบัติการ ความรู้นั้นย่อมไม่สามารถแปรเปลี่ยนเป็นคุณภาพงานเชิงระบบได้ [4–6] กล่าวคือ ความรู้จะคงอยู่ในระดับความรู้เชิงทฤษฎีมากกว่าการพัฒนาเป็นความสามารถเชิงปฏิบัติที่ส่งผลต่อคุณภาพการเฝ้าระวัง การสอบสวน และการตอบสนองปัญหาสุขภาพในพื้นที่อย่างเป็นรูปธรรม ขณะเดียวกันการรับรู้ความเสี่ยงมีบทบาทสำคัญต่อการลงมือปฏิบัติ โดยบุคลากรที่ตระหนักต่อความเสี่ยงจะมีแนวโน้มเตรียมความพร้อม วางแผน และตอบสนองต่อสถานการณ์ได้ดีกว่า ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดด้านการรับรู้ความเสี่ยงที่มองว่าพฤติกรรมการป้องกันเกิดจากกระบวนการประเมินความเสี่ยงที่เชื่อมโยงประสบการณ์ ความรู้ และบริบทของการทำงานเข้าด้วยกัน [7] ความรู้และการรับรู้ความเสี่ยงไม่ได้ทำงานอย่างอิสระ แต่เชื่อมโยงสัมพันธ์กับปัจจัยค้ำจุน ระบบบริหารจัดการ และแรงจูงใจในลักษณะเครือข่ายเชิงระบบ กล่าวคือการรับรู้ความเสี่ยงจะไม่ก่อให้เกิดการปฏิบัติจริง หากขาดทรัพยากรสนับสนุน โครงสร้างงานที่เอื้ออำนวย และกลไกการจัดการที่ชัดเจน ขณะเดียวกันทรัพยากรและระบบบริหารจัดการก็ไม่สามารถสร้างสมรรถนะได้ หากบุคลากรขาดความรู้ความเข้าใจ และการตระหนักต่อความเสี่ยงเชิงวิชาชีพ [2,8–14] ความสัมพันธ์ดังกล่าวสะท้อนลักษณะการเสริมแรงซึ่งกันและกัน ระหว่างปัจจัยบุคคลและปัจจัยระบบ โดยแต่ละองค์ประกอบทำหน้าที่เป็นทั้งตัวส่งเสริมสมรรถนะ และ ตัวที่อาจส่งผลต่อการลดสมรรถนะต่อกันในกระบวนการพัฒนาสมรรถนะ ในบริบทนี้สมรรถนะเชิงระบบ คือความสามารถในการปฏิบัติงานที่เกิดจากการทำงานร่วมกันของบุคลากร โครงสร้างทรัพยากร ระบบบริหารจัดการ กลไกสนับสนุนทางวิชาการ และกระบวนการทำงานขององค์กร มิใช่เพียงความเก่งหรือความสามารถเฉพาะตัวของบุคคลใดบุคคลหนึ่ง กล่าวคือ เป็นสมรรถนะที่สะท้อนศักยภาพของระบบงานทั้งระบบที่เอื้อให้บุคลากรสามารถใช้ความรู้ ทักษะ และแรงจูงใจไปสู่การปฏิบัติจริงได้อย่างต่อเนื่องและมีคุณภาพ

สรุปผล

การศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า ระบบกำลังคนปฐมภูมิมีสมรรถนะพื้นฐานที่สามารถรองรับภารกิจงานระบาดวิทยาเชิงปฏิบัติการได้ในระดับหนึ่ง แต่ยังขาดขีดความสามารถเชิงระบบในการเฝ้าระวังเชิงรุก การวิเคราะห์เชิงสาเหตุ และการตอบสนองต่อความเสี่ยงสุขภาพที่ซับซ้อน สมรรถนะระดับสูงไม่ได้เกิดจากความรู้หรือ

คุณลักษณะบุคคลเพียงอย่างเดียว หากแต่เกิดจากโครงสร้างระบบสนับสนุน การบริหารจัดการทรัพยากรและบริบทองค์กรที่เอื้อต่อการใช้ข้อมูลและการตัดสินใจเชิงระบบ

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณา และความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.พลากร สืบสำราญ ที่กรุณาสละเวลาให้แนวคิดและคำแนะนำตลอดจนตรวจสอบข้อบกพร่องในการทำวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ ผู้ศึกษารู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอขอบคุณท่านอาจารย์ไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบคุณ ดร.เพ็ชรบูรณ์ พูลผล และ ผศ.ดร. นิยม จันทร์นวล คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนด้านข้อมูลและคำแนะนำ อันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้ นอกจากนี้ยังได้รับความร่วมมืออย่างดีจากผู้รับผิดชอบงานควบคุมโรคแต่ละอำเภอทั้ง 25 อำเภอ และเจ้าหน้าที่สาธารณสุขผู้รับผิดชอบงานด้านระบาดวิทยาในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลทุกพื้นที่ในจังหวัดอุบลราชธานี

ท้ายสุดนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ผู้เป็นเบื้องหลังอันยิ่งใหญ่ที่ทำให้ผู้จัดทำมีวันนี้ได้ ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านซึ่งเป็นผู้ประสิทธิ์ประสาทวิชานับตั้งแต่ครั้งเยาว์วัยจวบจนกระทั่งทุกวันนี้ และขอบคุณเพื่อนหลักสูตรสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตร์ที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจด้วยดีตลอดมา

เอกสารอ้างอิง

1. World Health Organization. **Essential public health functions, health systems and health security: developing conceptual clarity and a WHO roadmap for action**. Geneva: WHO; 2018.
2. Centers for Disease Control and Prevention. **Applied Epidemiology Competencies (AECs)**. Atlanta: CDC; 2019.
3. Slovic,P.Perception of risk. *Science*. 1987;236(4799):280–285. doi:10.1126/science.3563507
4. Bandura A. Social foundations of thought and action: A social cognitive theory. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall; 1986.
5. Deci EL, Ryan RM. *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. New York: Plenum Press; 1985. doi:10.1007/978-1-4899-2271-7
6. World Health Organization. **Global public health surveillance and response**. Geneva: WHO; 2014.
7. Jones DS, Dicker RC, Fontaine RE, Boore AL, Omolo JO. Building global epidemiology and response capacity with field epidemiology training programs. *Emerg Infect Dis*. 2017;23(Suppl 1):S158–S165. doi:10.3201/eid2313.170509

8. Thacker SB, Dannenberg AL, Hamilton DH. Epidemic Intelligence Service of the Centers for Disease Control and Prevention: 50 years of training and service in applied epidemiology. *Am J Epidemiol*. 2001;154(11):985–992.
9. World Health Organization. **Global strategy on human resources for health: Workforce 2030**. Geneva: WHO; 2016.
10. Frenk J, Chen L, Bhutta ZA, et al. Health professionals for a new century: transforming education to strengthen health systems in an interdependent world. *Lancet*. 2010;376(9756):1923–1958.
11. Rogers RW. A protection motivation theory of fear appeals and attitude change. *J Psychol*. 1975;91(1):93–114.
12. Nsoesie EO, Mararthe MV, Brownstein JS. Forecasting peaks of seasonal influenza epidemics. *PLoS Curr*. 2014;6:ecurrents.outbreaks.bb1e879a23137022ea79a8c508b030bc.
13. Sandman PM. Responding to community outrage: strategies for effective risk communication. Fairfax, VA: American Industrial Hygiene Association; 1993.
14. World Health Organization. **Global strategic framework for integrated vector management**. Geneva: WHO; 2004.

ผลการวิเคราะห์สารสำคัญว่านแร้งคอคำที่ปลูกภายในระบบปิดด้วยเครื่อง HPLC

Analysis of the major compounds in Crinum latifolium grown under a closed system using HPLC

กตญาณ พลกัลป์.[1*] ดร.สุนันต์ ใจสมุทร[2] ผช.ดร.ชัยชพล ธงชัยสุรัชต์กุล[3].

Katayan Polkan[1*] Dr. Sunan Jaisamut[2] Asst. Dr. Chaichapon Thongchaisuratkul[3]

[1] คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

[2]สาขาวิชาเภสัชเวทและเภสัชเคมี คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา 169 ถนนลงหาดบางแสน ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี 20131

[3] คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

[1] ชื่อของหน่วยงาน ที่อยู่และรหัสไปรษณีย์ (ภาษาอังกฤษ) (TH SarabunPSK 12 pt. หนา กึ่งกลาง)

[1]Faculty of Industrial Education, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 1518 Pracharat 1 Road, Wong Sawang Subdistrict, Bang Sue District, Bangkok 10800

[2]Department of Pharmacology and Pharmaceutical Chemistry, Faculty of Pharmacy, Burapha University, 169 Longhat Bangsaen Road, Saen Suk Subdistrict, Mueang District, Chonburi Province 20131

[3] Faculty of Industrial Education, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 1518 Pracharat 1 Road, Wong Sawang Subdistrict, Bang Sue District, Bangkok 10800

E-mail s6602025910057@email.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

ว่านแร้งคอคำ(Crinum latifolium)เป็นพืชสมุนไพรที่มีสารออกฤทธิ์คุณสมบัติต้านมะเร็ง,และช่วยอาการอักเสบ,พืชว่านแร้งคอคำที่ปลูกในระบบปลูกและปลูกนอกระบบนำมาทำการสกัดเพื่อให้ได้สารสำคัญเพื่อเปรียบเทียบว่าสารสำคัญภายในพืชว่านแร้งคอคำที่ปลูกในระบบกับพืชว่านแร้งคอคำที่ปลูกในระบบ การวิจัยนี้มุ่งเน้นการวิเคราะห์ปริมาณสารสกัดหยาบและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญใน ว่านแร้งคอคำ โดยใช้เครื่อง HPLC (High-Performance Liquid Chromatography) ซึ่งเป็นเทคนิคที่มีความแม่นยำและประสิทธิภาพสูงในการแยกและวิเคราะห์สารประกอบทางเคมี การวิจัยนี้จะช่วยให้เข้าใจถึงปริมาณและประเภทของสารสำคัญในว่านแร้งคอคำ เพื่อการประยุกต์ใช้ในทางการแพทย์ต่อไป

คำสำคัญ : ปัญหาเกษตรกรรม สมาร์ทฟาร์มระบบปิด เทคโนโลยีส่งเสริมการเกษตร อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

Abstract

Crinum latifolium is an herbal plant with active compounds known for their anti-cancer properties and anti-inflammatory effects. This study focuses on comparing the active compounds in Crinum latifolium grown under controlled conditions with those grown in an open environment. The goal is to analyze the crude extract content from Crinum latifolium using High-Performance Liquid Chromatography (HPLC), a technique renowned for its accuracy and high efficiency in separating and analyzing chemical compounds. This research will provide insights into the quantity and types of active compounds in Crinum latifolium, facilitating its medical application.

Keywords : agricultural problems closed system smart farm Agricultural Extension Technology internet of everything

1.บทนำ

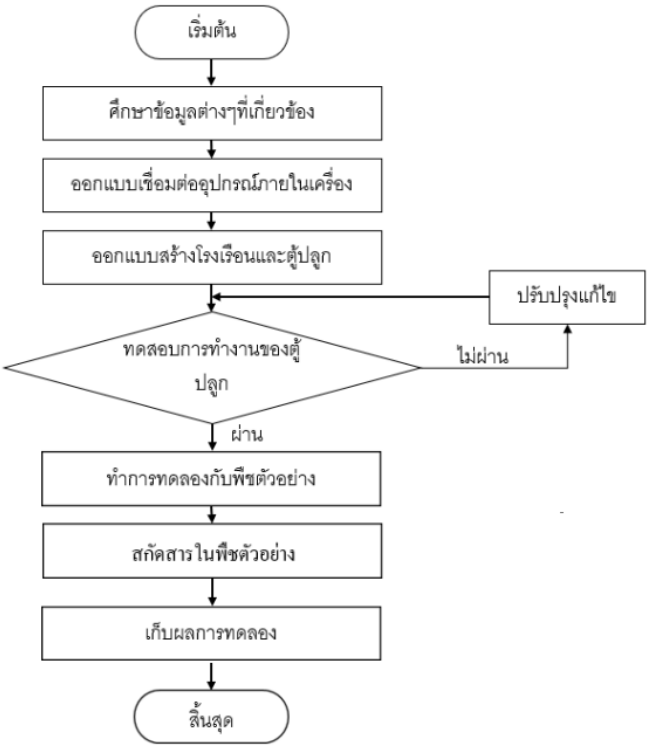
ว่านแร้งคอคำ(Crinum latifolium)เป็นพืชที่มีความสำคัญทางการแพทย์พื้นบ้านและสมัยใหม่ โดยมีการใช้ส่วนต่างๆ ของพืชนี้ในหลายๆ วัฒนธรรมเพื่อการรักษาโรคและป้องกันโรคต่างๆ ต้น Crinum latifolium เป็นสมาชิกของวงศ์ Amaryllidaceae และมักพบในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ รวมถึงประเทศไทย ซึ่งเป็นที่รู้จักกันดีในเรื่องของคุณสมบัติทางยาและสารออกฤทธิ์ที่มีศักยภาพในการรักษาโรคพืช Crinum latifolium มีสารออกฤทธิ์ที่สำคัญหลายชนิด ซึ่งได้รับการศึกษาและรายงานว่ามีฤทธิ์ในการลดอาการอักเสบ และต้านมะเร็ง การสกัดสารจาก Crinum latifolium จึงเป็นการดำเนินการที่มีความสำคัญในการนำสารที่มีคุณสมบัติทางการแพทย์แต่สารสำคัญที่ได้จากว่านแร้งคอคำที่ปลูกตามธรรมชาติให้ปริมาณสารสำคัญภายในปริมาณน้อยไม่เพียงพอนำมาซึ่งแนวทางในการพัฒนาการปลูกเพื่อเร่งสารสำคัญ เมื่อผ่านการปลูกในระบบที่ออกแบบ จำนำมาสกัดเพื่อการเปรียบเทียบระหว่างต้นที่ปลูกภายในระบบกับต้นที่ปลูกนอกระบบเพื่อเป็นการเปรียบเทียบสารสำคัญว่าวิธีใดได้สารสำคัญอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดโดย
การสกัดสารจากพืชชนิดนี้สามารถทำได้ด้วยหลากหลายวิธี รวมถึงการสกัดด้วยระบบเครื่อง HPLC ใช้วิเคราะห์ปริมาณสารสกัดหยาบ การเลือกวิธีการสกัดที่เหมาะสมจะช่วยให้ได้สารออกฤทธิ์ที่มีคุณภาพสูงและสามารถนำไปใช้ในการผลิตยาและผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่มีคุณค่าทางการแพทย์ การวิจัยและพัฒนาการสกัดสารจาก Crinum latifolium ไม่เพียงแต่มีความสำคัญต่อการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ แต่ยังช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพของการรักษาและการพัฒนาผลิตภัณฑ์สุขภาพที่ดีขึ้น จากความสำคัญของว่านแร้งคอคำในทางการแพทย์ และข้อสังเกตว่าสารสำคัญในพืชที่ปลูกตามธรรมชาติมีปริมาณต่ำกว่าความต้องการ การวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการเปรียบเทียบปริมาณสารสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารกลุ่ม Alkaloids ที่ได้จากการปลูกว่านแร้งคอคำในระบบ

ปิด (Smart Farm) เทียบกับการปลูกแบบดั้งเดิม เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเทคโนโลยีการปลูกในการเพิ่มปริมาณสารออกฤทธิ์ที่มีคุณสมบัติต้านมะเร็งและลดอาการอักเสบ ในการศึกษาการสกัดสารจาก Crinum latifolium จึงเป็นก้าวสำคัญในการนำความรู้ทางการแพทย์พื้นบ้านมาผสมผสานกับเทคโนโลยีสมัยใหม่ เพื่อการสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและปลอดภัยสำหรับการใช้ประโยชน์ในทางการแพทย์และสุขภาพ การพัฒนานวัตกรรมในกระบวนการสกัดสารนี้จะช่วยส่งเสริมการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

2.วิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 การเตรียมพืชและรูปแบบการปลูก

วิธีการดำเนินงานและขั้นตอนการสร้างเครื่องควบคุมระบบการเพาะปลูกพืชในโรงเรือนระบบปิด ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้



รูปที่1 การดำเนินการวิจัย

จากรูปที่ 1 ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับว่านแร้งคอคำเป็นพืชสกุลพลับพลึง มีการกระจายพันธุ์เป็นหลักในแถบแอฟริกา อเมริกา ออสเตรเลีย และเอเชียใต้ เป็นพืชที่ชอบน้ำและแสง จากการศึกษาการเจริญเติบโตของ

ต้นว่านแร้งคอคำจะมีช่วงที่ผลัดใบและแตกใบออกใหม่ประมาณทุก ๆ 6-7 สัปดาห์ ในการศึกษาได้

แบ่งรูปแบบการปลูกเป็น 2 แบบ ได้แก่

1) ปลูกในสภาพธรรมชาติ โดยเราได้เอาต้นพืชลงกระถางและรดน้ำธรรมดาโดยไม่มีการควบคุมแสงหรืออากาศเพื่อสังเกตการเจริญเติบโตของต้นพืชว่ามีการเจริญเติบโตแบบใด

2) ปลูกในระบบปิด โดยได้นำพืชปลูกลงในตู้ภายในโรงเรือน โดยใช้ระบบควบคุมการให้น้ำ แสงและอากาศตามที่พืชวงศ์พลับพลึงต้องการ

เพื่อศึกษาสารสำคัญของพืชตัวอย่างทั้ง 2 ระบบว่ามีการให้สารสำคัญแตกต่างกันอย่างไรเมื่อสกัดออกมา

2.2 วิธีการสกัดสารพืช

2.2.1 การเตรียมวัตถุดิม

เริ่มจากนำว่านแร้งคอคำจะถูกนำมาล้างทำความสะอาด จากนั้นนำไนนำไปตากให้แห้งและอบด้วยความร้อน อุณหภูมิประมาณ 50-60℃ จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนัก แล้วหั่นทุกส่วนๆแบบหยาบ

2.2.2 การสกัดหยาบขั้นต้น

ผงพืชแห้งที่ได้จะถูกนำมาสกัดด้วยตัวทำละลายที่มีขั้วเหมาะสม และการสกัดด้วยคลื่นความถี่สูง ตัวทำละลายที่มีขั้วจะถูกกรอง จากนั้นนำมาลดปริมาตรภายใต้ความดันต่ำ จนกระทั่งได้สารสกัดหยาบรวม

2.2.3 การแยกส่วนและการทำให้แห้ง

สารสกัดหยาบรวมจะถูกนำมาละลายในน้ำ ก่อนจะผ่านกระบวนการ แยกส่วนแบบของเหลว-ของเหลว โดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีขั้วแตกต่างกันตามลำดับ และทำการแยกส่วนด้วย สารประกอบอินทรีย์ที่เป็นเอสเตอร์ เพื่อให้ได้สารสกัดหยาบชั้นที่ต้องการ สารที่ได้จะถูกนำมาระเหยตัวทำละลายออกจนแห้งสนิทด้วย จากนั้นจึงเก็บรักษาไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4℃ เพื่อรอการนำไปเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ด้วย HPLC ต่อไป

2.3 การเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์

2.3.1 การเตรียมตัวอย่าง

สารสกัดหยาบชั้น Ethyl acetate ชั่งมา 5.0 mg เจือจางให้ได้ความเข้มข้น 50 μg/ml กรองผ่านกระดาษกรองขนาด 0.45 ไมครอน (Nylon syringe filter for HPLC)

2.3.2 ระบบที่ใช้ในการวิเคราะห์

Isocratic mode ตัวทำละลาย 80% methanol in H2O (MeOH HPLC grade และ DI water)

Flow rate 1.0 ml/min อุณหภูมิคอลัมน์ 40℃ ฉีดครั้งละ 10 μL เวลา 30 นาทีระบบเครื่อง HPLC ใช้วิเคราะห์ปริมาณสารสกัดหยาบด้วย เครื่อง High-performance liquid chromatography

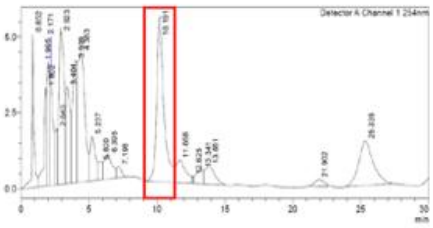
(Shimadsu, SIL-20A HT autosampler, CT0-10ASvp column oven, LC-20AD pump, และ SPD-M20A diode array detector (DAD) คอลัมน์ที่ใช้วิเคราะห์ ACE5 C18 column (150 mm x 4.6 mm i.d., 5μm) with a C18 guard Column)

3.ผลการวิจัย (TH SarabunPSK 16 pt. หนา ชิดซ้าย)

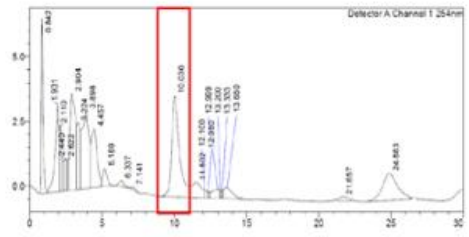
ผลการวิจัยผู้วิจัยผลทางด้านปริมาณสารสำคัญ

3.1 ข้อมูลทางด้านปริมาณสารสำคัญ

ตารางแสดงข้อมูลผลการวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญของว่านแร้งคอคำด้วยเครื่อง **HPLC** โดยแสดงค่า **Peak Area** (พื้นที่ใต้กราฟโครมาโทแกรม) ซึ่งเป็นสัดส่วนของปริมาณสารที่ตรวจพบ, **Peak Height** (ความสูงของพีค) และ **Concentration** (ความเข้มข้นของสาร) ของสารตัวอย่างแต่ละรายการ



Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
1	0.842	171198	6792	0.000			
2	1.931	190393	3412	0.000		V	
3	2.110	93688	2563	0.000		V	
4	2.440	48487	1255	0.000		V	
5	2.622	31942	1229	0.000		V	
6	2.904	305431	3745	0.000		V	
7	3.324	118274	2585	0.000		V	
8	3.898	316628	3027	0.000		V	
9	4.457	197008	2272	0.000		V	
10	5.189	44835	697	0.000		V	
11	6.337	17475	242	0.000			
12	7.141	5475	103	0.000			
13	10.030	452033	3927	0.000			
14	11.502	85811	592	0.000		V	
15	12.100	10450	310	0.000		V	
16	12.350	8510	254	0.000		V	
17	12.999	39029	358	0.000		V	
18	13.200	6916	350	0.000		V	
19	13.333	7983	349	0.000		V	
20	13.650	54183	429	0.000		V	
21	21.657	28720	159	0.000		V	
22	24.883	237386	1051	0.000		V	
Total		2463855	35700				



Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	Name
1	0.852	54445	5047	0.000			
2	1.802	39591	3224	0.000		V	
3	1.995	50213	4032	0.000		V	
4	2.171	62895	3675	0.000		V	
5	2.640	21430	1855	0.000		V	
6	2.923	134948	5149	0.000		V	
7	3.404	66970	3178	0.000		V	
8	3.999	86294	4036	0.000		V	
9	4.383	161142	4258	0.000		V	
10	5.237	40390	1460	0.000		V	
11	5.800	12526	594	0.000		V	
12	6.395	32223	793	0.000		V	
13	7.198	9519	368	0.000		V	
14	10.191	199549	5422	0.000		S	
15	11.668	39697	744	0.000		V	
16	12.625	1388	231	0.000		V	
17	13.341	17124	470	0.000		V	
18	13.851	29648	601	0.000		V	
19	21.902	11146	230	0.000		V	
20	25.335	108837	1462	0.000		SV	
Total		1179977	46829				

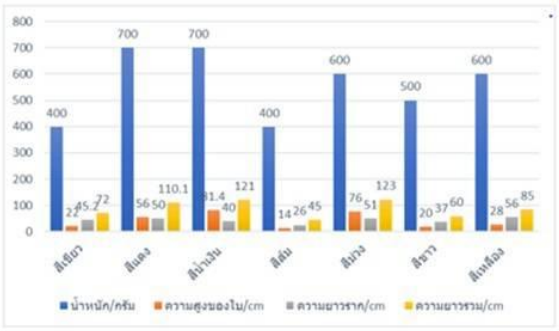
พืชปลูกในระบบ **พืชปลูกนอกระบบ**

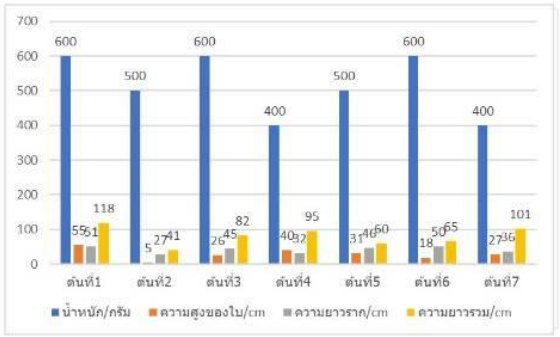
รูปที่2ปริมาณสารสำคัญของว่านแร้งคอคำที่ปลูกในระบบและปลูกนอกระบบ

จากรูปที่ 2 พบว่าค่าเฉลี่ย Peak Area ของสารสำคัญในว่านแร้งคอคำที่ ปลูกนอกระบบ มีค่าสูงกว่าพืชที่ปลูกในระบบปิดอย่างชัดเจน โดยค่าเฉลี่ย Peak Area ของพืชปลูกนอกระบบอยู่ที่ 1,441,400 ±117,680 และพืชที่ปลูกในระบบปิดอยู่ที่ 998,500 ± 94,690 ซึ่งคิดเป็นการเพิ่มขึ้นประมาณ 0.4414 เท่า เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าความแตกต่างของปริมาณสารสำคัญระหว่างพืชที่ปลูกในระบบปิดและนอกระบบมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) บ่งชี้ว่าสภาวะการปลูกมีผลต่อการสร้างสารสำคัญของว่านแร้งคอคำ หากพิจารณาจากค่า Peak Height และ Concentration ก็พบแนวโน้มที่สอดคล้องกัน โดยพืชปลูกนอกระบบมีค่าเฉลี่ย Peak Height (114,859 ± 10,364) และ Concentration (14.40 ± 1.20 mg/mL) สูงกว่าพืชปลูกในระบบปิดที่มีค่าเฉลี่ย Peak Height (80,000 ± 8,000) และ Concentration (9.95 ± 0.95 mg/mL)

3.2 การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของพืชว่านแร้งคอคำ

3.2.1ทางด้านกายภาพ





พืชปลูกในระบบ **พืชปลูกนอกระบบ**

ภาพ ผลทางด้านกายภาพของว่านแร้งคอคำที่ปลูกในระบบและปลูกนอกระบบ

ตาราง สรุปผลการเจริญเติบโตของว่านแร้งคอคำที่ปลูกในระบบ

รายการ	สีเขียว	สีแดง	สีน้ำเงิน	สีส้ม	สีม่วง	สีขาว	สีเหลือง
น้ำหนัก/กรัม	400	700	700	400	600	500	600
ความสูงของใบ/cm	22	56	81.4	14	76	20	28
ความยาวราก/cm	45.2	50	40	26	51	37	56
ความยาวรวม/cm	72	110.1	121	45	123	60	85

ตาราง สรุปผลการเจริญเติบโตของว่านแร้งคอคำที่ปลูกนอกระบบ

รายการ	ต้นที่1	ต้นที่2	ต้นที่3	ต้นที่4	ต้นที่5	ต้นที่6	ต้นที่7
น้ำหนัก/กรัม	600	500	600	400	500	600	400
ความสูงของใบ/cm	55	5	26	40	31	18	27
ความยาวราก/cm	51	27	45	32	46	50	36

ความยาวรวม/cm	118	41	82	95	60	65	101

ตาราง สรุปผลการเจริญเติบโตของว่านแร้งคอคำที่ปลูกในระบบและนอกระบบ

ตัวแปรการเจริญเติบโต	ปลูกในระบบปิด ($\bar{x}$±SD)	ปลูกนอกระบบ ($\bar{x}$ ±SD)
น้ำหนัก/กรัม	500.00±130.93	514.29±90.04
ความสูงของใบ/cm	45.10±29.81	28.86±16.03
ความยาวราก/cm	43.60±10.33	41.00±9.07
ความยาวรวม/cm	81.01±31.06	80.29±29.41

จากการเปรียบเทียบผลทางด้านกายภาพของว่านแร้งคอคำที่ปลูกในระบบปิดและนอกระบบ ดังแสดงในกราฟและตาราง พบว่าค่าเฉลี่ยน้ำหนักและค่าเฉลี่ยความยาวรากของพืชทั้งสองกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน และจากการวิเคราะห์ทางสถิติ (เช่น t-test) พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สำหรับตัวแปรเหล่านี้ อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาจากภาพรวมและความสมบูรณ์ของใบ รวมถึงค่าเฉลี่ยความสูงของใบและค่าเฉลี่ยความยาวรวม พบว่าพืชที่ปลูกในระบบปิดแสดงออกถึงความสมบูรณ์ทางกายภาพของใบที่ดีกว่าพืชที่ปลูกนอกระบบ และอาจมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในด้านความสูงของใบและความยาวรวม

วิจารณ์ผล

จากการศึกษาพบว่าว่านแร้งคอคำที่ปลูกนอกระบบ (ในสภาพธรรมชาติ) ให้ปริมาณสารสำคัญสูงกว่าพืชที่ปลูกในระบบปิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแตกต่างจากข้อสังเกตเบื้องต้นด้านกายภาพที่พบว่าพืชในระบบปิดมีความสมบูรณ์ของใบที่ดีกว่า ข้อค้นพบนี้ชี้ให้เห็นว่าสภาวะการควบคุมสิ่งแวดล้อมที่เข้มงวดในระบบปิด อาจส่งผลต่อการตอบสนองทางชีวเคมีของพืชในการผลิตสารทุติยภูมิ (Secondary Metabolites) ซึ่งรวมถึงสารออกฤทธิ์ทางยา เป็นไปได้ว่าพืชที่เจริญเติบโตในสภาพธรรมชาติอาจเผชิญกับความเครียดจากสิ่งแวดล้อม (Environmental Stress) เช่น การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ, ความเข้มแสงที่แตกต่างกัน, หรือการสัมผัสกับปัจจัยทางชีวภาพภายนอก ซึ่งอาจกระตุ้นกลไกการป้องกันตัวเองของพืชและนำไปสู่การสังเคราะห์สารสำคัญในปริมาณที่สูงขึ้น ในทางตรงกันข้าม สภาพแวดล้อมที่ถูกควบคุมอย่างสมบูรณ์ในระบบปิดอาจลดความจำเป็นที่พืช

จะต้องสร้างสารเหล่านี้เพื่อปกป้องตนเอง ทำให้พืชใช้พลังงานไปกับการเจริญเติบโตทางกายภาพ (เช่น การเพิ่มขนาดของใบและลำต้น) มากกว่าการสร้างสารสำคัญ

อย่างไรก็ตาม การวิจัยนี้มีข้อจำกัดในการระบุชื่อสารสำคัญเฉพาะเจาะจงทั้งหมดที่ปรากฏในโครมาโทแกรม ทำให้การอภิปรายถึงกลไกการสังเคราะห์สารเฉพาะอาจยังไม่สมบูรณ์ นอกจากนี้ การศึกษาปัจจัยแวดล้อมที่ส่งผลต่อการสร้างสารสำคัญในระบบปิดยังคงต้องการการวิจัยเพิ่มเติม เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุด (เช่น การปรับความเข้มแสง, ชนิดของแสง, สารอาหาร, หรือการจำลองความเครียดเล็กน้อย) ในการกระตุ้นให้ว่านแร้งคอคำผลิตสารสำคัญได้ในปริมาณสูงภายใต้การควบคุม การวิจัยในอนาคตจึงควรมุ่งเน้นการระบุและปริมาณสารสำคัญเชิงลึก (Phytochemical profiling) โดยใช้เทคนิคที่ละเอียดกว่า รวมถึงการประเมินฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดจากพืชที่ปลูกในแต่ละสภาวะ เพื่อยืนยันประสิทธิภาพทางเภสัชวิทยาสำหรับการประยุกต์ใช้ทางการแพทย์ต่อไป

4.สรุปผล

จากการที่ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาเครื่องมือควบคุมการเพาะปลูกพืชในโรงเรือนในระบบปิดผลการวิจัยพบว่าการปลูกว่านแร้งคอคำในระบบปิดส่งผลให้พืชมีความสมบูรณ์ทางกายภาพที่ดีกว่าอย่างชัดเจนอย่างไรก็ตามผลการวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญด้วยระบบเครื่อง HPLC พบว่า ข้อมูลทางด้านปริมาณสารสำคัญของต้นว่านแร้งคอคำการปลูกพืชในระบบปิดให้ปริมาณสารสำคัญภายในต่างกับพืชที่ปลูกตามธรรมชาติ เมื่อสกัดด้วยระบบเครื่อง HPLCแล้วพบว่ามีสารสำคัญภายในของพืชที่ปลูกในระบบปิดมีปริมาณสารน้อยกว่าที่ปลูกตามธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพืชที่ปลูกนอกระบบมีค่าเฉลี่ย Peak Area สูงกว่าประมาณ 0.4414 เท่า

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ผศ.ดร.ชัยยพล ธงชัยสุรัชต์กูล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ของการวิจัยมาโดยตลอด ขอขอบคุณดร. สุนันต์ ใจสมุทร อาจารย์มหาวิทยาลัยบูรพาที่ให้ความอนุเคราะห์ในการช่วยเหลือเครื่องมือห้องปฏิบัติการและการตรวจสอบสารในแลป และทุนการวิจัยบางส่วนได้รับจากทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัยจึงขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยครั้งนี้มา ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

[1] ข่าวไทยพีบีเอส. ทุกข์ของเกษตรอีสาน. [ออนไลน์] 2562. [สืบค้น 1 ตุลาคม 2564]. จาก https://news.thaipbs.or.th/content/278175

[2] จักรกฤษณ์ หมั่นวิชา. (2559). “เทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะ.” วารสารหาดใหญ่วิชาการ. ปีที่ 14

ฉบับที่ 2 : 204.

[3] ชัยวัฒน์ ทวีผล. (2560). ระบบฟาร์มอัตโนมัติแบบแนวตั้งโดยใช้ราสเบอรี่พาย. สารนิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[4] เดชฤทธิ์ ไชยสิทธิ์ และคนอื่น ๆ (2559). การพัฒนา แบบจำลองฟาร์มเห็ดอัตโนมัติบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์. การประชุมวิชาการ ระดับชาติการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

[5] ธนกฤต วัฒนะศุภชัย. (2559). ระบบจัดการสวนด้วยราสเบอร์รี่พายและสมาร์ทโฟน. วิทยาศาสตร์ มหาบัณฑิต สาขาวิชาการสื่อสารข้อมูลและเครือข่าย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2559

[6] ธนทร ทิชนันท์. (2557). ระบบสวนไฮโดรโปนิกส์อัจฉริยะ. สารนิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[7] ธนากร น้ำหอมจันทร์ และอติกร เสรีพัฒนานนท์. ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ใน

โรงเรือนเพาะปลูกพืชไร้ดินแบบทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำร่วมกับการสเปรย์ละอองน้ำแบบอัตโนมัติ โดยใช้ระบบควบคุมเชิงตรรกะแบบโปรแกรมได้. [ออนไลน์] 2557. [สืบค้น 1 ตุลาคม 2564]. จาก file:///C:/Users/(%5E~%5E)/Downloads/

kmathaha,+Journal+manager,+98-111.pdf

[8] ฤทธิ์ธิเทพ สายสาหร่าย และปรวี อริพ่าย. (2560). ระบบฟาร์มอัจฉริยะสำหรับปลูกผักต้นอ่อน.

ปริญญานิพนธ์ครุศาสตรอุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[9] วรพจน์ บุญมาก, เชาวรินทร์ ยอแสง และนพลักษณ์ ห้าวแสน. (2563). เครื่องควบคุมการทำงาน

ของโรงเรือนระบบปิดควบคุมผ่านระบบอินเทอร์เน็ต. ปริญญานิพนธ์อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์กำลัง ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรม วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[10] Ming-Xin Chen a, Jian-Min Huo a, Jiang Hu b, Zi-Ping Xu a, Xue Zhang a (2561). Amaryllidaceae alkaloids from Crinum latifolium with cytotoxic, antimicrobial, antioxidant, and anti-inflammatory activities

การนวดไทยแบบราชสำนักร่วมกับน้ำมันไพล: ผลความพึงพอใจของผู้รับบริการสูงอายุ

Royal Thai Massage Combined with Phlai Oil: Effects on Patient Satisfaction among Older Adults

ศราวุฒิ อิสโร[1,2] ปราณี ศรีราช[1] จตุพร ประทุมเทศ[1] และรัชฎาวรรณ อรรคนิมาตย์[1*]

Sarwut Issaro[1,2] Pranee Sriraj[1] Jatuporn Prathumtet[1] and Ratchadawan Aukkanimart[1*]

[1]หลักสูตรการแพทย์แผนไทยมหาบัณฑิต สาขาวิชาแพทย์แผนไทย คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร จังหวัดสกลนคร 47160

[1] Master in Thai traditional Medicine program, Department of Thai Traditional Medicine, Faculty of Natural Resources, Rajamangala University of Technology Isan, Sakon Nakhon campus, Sakon Nakhon, 47160

[2]ศูนย์การแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก เขตสุขภาพที่ 8 จังหวัดอุดรธานี 41000

[2]Regional Thai Traditional and Alternative Medicine Center 8, Udon Thani Province, 41000

*Corresponding author E-mail: Ratchadawan.au@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

ภาวะท้องผูกเรื้อรังเป็นปัญหาสุขภาพที่พบบ่อยในผู้สูงอายุและส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตทั้งด้านร่างกายและจิตใจ การรักษาด้วยวิธีไม่ใช้ยา โดยเฉพาะการนวดแผนไทย ได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีความปลอดภัยและสอดคล้องกับแนวคิดการดูแลแบบองค์รวม การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการนวดไทยแบบราชสำนักร่วมกับน้ำมันไพลต่อผลการรักษาและความพึงพอใจของผู้สูงอายุที่มีภาวะท้องผูกเรื้อรัง การวิจัยเป็นการทดลองแบบสุ่ม (Randomized controlled trial) กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้สูงอายุที่ได้รับการวินิจฉัยว่ามีภาวะท้องผูกเรื้อรัง จำนวน 78 ราย แบ่งเป็นกลุ่มทดลองที่ได้รับการนวดไทยแบบราชสำนักร่วมกับน้ำมันไพล (n=39) และกลุ่มควบคุมที่ได้รับการนวดไทยแบบราชสำนักเพียงอย่างเดียว (n=39) ดำเนินการรักษาสัปดาห์ละ 3 ครั้ง ต่อเนื่องเป็นเวลา 3 สัปดาห์ เก็บข้อมูลก่อนและหลังการทดลอง เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ แบบประเมินผลการรักษาและแบบประเมินความพึงพอใจ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ Paired t-test และ Independent t-test ผลการศึกษาพบว่า หลังการรักษา ผู้สูงอายุทั้งสองกลุ่มมีระดับความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับสูงมาก กลุ่มทดลองมีความพึงพอใจต่อขั้นตอนการให้บริการรักษาสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) อย่างไรก็ตาม ความพึงพอใจในด้านผลการรักษา ผู้นวด สถานที่ให้บริการ เครื่องแต่งกาย และความพึงพอใจภาพรวม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) สรุปได้ว่า การนวดไทยแบบราชสำนักร่วมกับน้ำมันไพลสามารถเสริมความพึงพอใจต่อกระบวนการรักษา และยังคงรักษาระดับความพึงพอใจโดยรวมในระดับสูง เหมาะสมต่อการประยุกต์ใช้ในระบบบริการสุขภาพและคลินิกการแพทย์แผนไทยสำหรับผู้สูงอายุ

คำสำคัญ : ท้องผูก ผู้สูงอายุ นวดราชสำนัก ความพึงพอใจในการรักษา น้ำมันไพล

Abstract

Chronic constipation is a common health condition among older adults and significantly affects both physical and psychological well-being. Non-pharmacological interventions, particularly Thai traditional massage, have gained increasing attention due to their safety and holistic therapeutic approach. This study aimed to evaluate the effects of Royal Thai Massage combined with Phlai oil (*Zingiber cassumunar*) on treatment outcomes and satisfaction among older adults with chronic constipation. A randomized controlled trial was conducted among 78 older adults diagnosed with chronic constipation. Participants were randomly assigned to an experimental group receiving Royal Thai Massage combined with Phlai oil (n=39) or a control group receiving Royal Thai Massage alone (n=39). The intervention was administered three times per week for three consecutive weeks. Data were collected before and after the intervention using treatment outcome assessments and a structured satisfaction questionnaire. Statistical analyses were performed using paired t-tests and independent t-tests. The results demonstrated that both groups reported very high levels of overall satisfaction following the intervention. The experimental group showed significantly higher satisfaction with treatment procedures compared to the control group ($p<0.001$). However, no statistically significant differences were observed between groups in satisfaction regarding treatment outcomes, therapists, treatment facilities, attire, or overall satisfaction ($p>0.05$). In conclusion, Royal Thai Massage combined with Phlai oil enhances satisfaction with treatment procedures while maintaining high overall satisfaction among older adults with chronic constipation. This integrative approach is appropriate for implementation in Thai traditional medicine services and geriatric healthcare settings.

Keywords : Constipation, Eldery, Royal Thai Massage, Satisfaction, *Zingiber cassumunar* oil,

บทนำ

ประเทศไทยกำลังก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุอย่างสมบูรณ์ ส่งผลให้ปัญหาสุขภาพในกลุ่มผู้สูงอายุเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะภาวะท้องผูกเรื้อรังซึ่งพบได้บ่อย ผู้สูงอายุมีความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะดังกล่าวสูงกว่ากลุ่มอายุอื่น ประมาณร้อยละ 40 (กรมอนามัย, 2567). การขับถ่ายอุจจาระเป็นกระบวนการพื้นฐานของร่างกาย โดยหากมีความถี่ในการขับถ่ายน้อยกว่าสัปดาห์ละ 3 ครั้งต่อเนื่อง หรือมีอาการยาวนานเกิน 3–6 เดือน จะจัดเป็นภาวะท้องผูกเรื้อรัง (Mearin et al., 2016). ภาวะนี้พบได้บ่อยในผู้สูงอายุเพศหญิง และสัมพันธ์กับหลายปัจจัย เช่น พฤติกรรมสุขภาพ โรคประจำตัว การใช้ยา และข้อจำกัดด้านการเคลื่อนไหว ภาวะท้องผูกเรื้อรังส่งผลกระทบต่อ

คุณภาพชีวิตทั้งด้านร่างกายและจิตใจ โดยเฉพาะในผู้ที่มีกิจกรรมทางกายน้อย ซึ่งทำให้การเคลื่อนไหวของลำไส้ลดลง (Maloni, 2011) แนวทางการรักษาภาวะท้องผูกแบ่งออกเป็นการรักษาด้วยยาและการรักษาโดยไม่ใช้ยา การใช้ยาระบายเป็นวิธีที่แพร่หลายและช่วยบรรเทาอาการได้รวดเร็ว อย่างไรก็ตาม การใช้ต่อเนื่องอาจก่อให้เกิดผลข้างเคียง เช่น การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของผนังลำไส้ ภาวะขาดน้ำ และความไม่สมดุลของอิเล็กโทรไลต์ (Bharucha et al., 2013; Gundom et al., 2025) ส่งผลให้แนวทางการบำบัดทางเลือก โดยเฉพาะการนวดได้รับความสนใจมากขึ้น เนื่องจากช่วยลดอาการปวด คลายกล้ามเนื้อ และส่งเสริมการผ่อนคลายของร่างกาย (Field, 2016).

ตามแนวคิดการแพทย์แผนไทย ภาวะท้องผูกเรื้อรังสอดคล้องกับภาวะ ดานลม ซึ่งเกิดจากความไม่สมดุลของตรีธาตุ โดยเฉพาะการแปรปรวนของธาตุลม อาการสำคัญ ได้แก่ การขับถ่ายลำบากติดต่อกันหลายวันและอุจจาระแข็งเป็นก้อน แนวทางการรักษามุ่งฟื้นฟูสมดุลธาตุผ่านการนวดแผนไทยเพื่อลดการกำเริบของธาตุลม การนวดบริเวณหน้าท้องและหลังส่วนล่างสามารถกระตุ้นการทำงานของระบบย่อยอาหารและเพิ่มการเคลื่อนไหวของลำไส้ ส่งผลให้การขับถ่ายดีขึ้น นอกจากนี้ การใช้สมุนไพร เช่น ใบมะขามแขก (*Senna alexandrina*) และตำรับยาตรีผลา ซึ่งประกอบด้วยสมอไทย สมอพิเภก และมะขามป้อม มีบทบาทในการกระตุ้นการขับถ่ายและช่วยปรับสมดุลธาตุ ร่วมกับการประคบสมุนไพร การออกกำลังกายเชิงบำบัด และการปรับพฤติกรรมสุขภาพ ทั้งนี้การรักษาจำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยเฉพาะบุคคล เช่น อายุ เวลา และฤดูกาล โดยมีรายงานว่าสารบาราคอล (Barakol) ในใบมะขามแขกช่วยเพิ่มความถี่ในการขับถ่ายในผู้สูงอายุ (Deachapunya et al., 2005) การบำบัดเสริม เช่น การนวดหน้าท้องและการนวดกดจุดสะท้อน ยังได้รับการรายงานว่าสามารถช่วยกระตุ้นการเคลื่อนไหวของลำไส้และลดความรุนแรงของอาการท้องผูกได้ (Franken et al., 2020; Sinclair, 2011; Woodward et al., 2010) จากข้อมูลของศูนย์การแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก เขตสุขภาพที่ 8 จังหวัดอุดรธานี ระหว่างปี พ.ศ. 2563–2567 พบว่ามีผู้เข้ารับบริการรักษาภาวะท้องผูกจำนวน 1,306 ราย สะท้อนให้เห็นถึงความชุกของปัญหาในระบบบริการสุขภาพ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยที่ศึกษาประสิทธิผลของการนวดไทยแบบราชสำนักร่วมกับน้ำมันไพล (*Zingiber cassumunar:* Phlai oil) ต่อความพึงพอใจของผู้รับบริการสูงอายุ**ที่**มีอาการท้องผูกยังมีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความพึงพอใจผลของการนวดไทยแบบราชสำนักร่วมกับน้ำมันไพลต่อผู้สูงอายุที่มีอาการท้องผูกที่มารับบริการ ณ ศูนย์การแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก เขตสุขภาพที่ 8 เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนการนำแนวทางดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในการให้บริการในการดูแลผู้สูงอายุในระบบบริการสุขภาพและคลินิกการแพทย์แผนไทยอย่างเหมาะสมต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้รับการพิจารณาและรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ จากคณะกรรมการพิจารณาการศึกษาวิจัยรับรองด้านจริยธรรมในมนุษย์มหาวิทยาลัยเนชั่น เลขที่ AF11-02-009/2568 เมื่อวันที่ 9 พฤษภาคม 2568 เป็นการวิจัยเชิงคลินิกแบบสุ่ม (randomized controlled trial) กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้คือกลุ่มผู้สูงอายุที่ได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์แผนไทยและแพทย์แผนไทยประยุกต์ว่ามีอาการท้องผูก (โรคดานลม)

ที่มารับบริการที่ศูนย์การแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก เขตสุขภาพที่ 8 จังหวัดอุดรธานี ร่วมกับการวินิจฉัยของแพทย์แผนปัจจุบัน การทดลองและให้ปัจจัยดำเนินการเป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ โดยทำการรักษาสัปดาห์ละ 3 ครั้ง และเก็บข้อมูลก่อนและหลังการรักษาในสัปดาห์ที่ 0 และ 3

ประชากรได้จากแหล่งเก็บข้อมูล ศูนย์การแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก เขตสุขภาพที่ 8 จังหวัดอุดรธานี โดยคัดกรองจากประชากรทั้งเพศชายและ/หรือเพศหญิงที่ได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์แผนไทยและแพทย์แผนไทยประยุกต์ ร่วมกับแพทย์แผนปัจจุบัน ว่าเป็นโรคท้องผูก (ดานลม) จากรายงานเวชระเบียนพบว่าผู้ที่มีอาการท้องผูก ในปี 2564 จำนวน 28 ราย ปี 2565 จำนวน 65 ราย ปี 2566 จำนวน 265 ราย ปี 2567 จำนวน 948 ราย การวิจัยครั้งนี้มีประชากรที่ใช้ในการศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิผลของการนวดไทยแบบราชสำนักต่อผู้สูงอายุที่มีอาการท้องผูก โดยการคำนวณกลุ่มตัวอย่างผู้เข้ารับบริการศูนย์การแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก เขตสุขภาพที่ 8 จังหวัดอุดรธานี ที่ช่วงอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป คำนวณกลุ่มตัวอย่างโดยใช้โปรแกรม G*power 3.1 (effect size = 0.8, σ=0.05) ข้อมูลการคัดกรองปี 2563-2567 ประชากรที่ได้รับการคัดกรองจากโรคท้องผูก (ดานลม) และมีภาวะท้องผูก จำนวน 1,306 คน กลุ่มตัวอย่างที่ได้ทั้งหมด 70 คน (ทำการเก็บตัวอย่างเกินจากการคำนวณกลุ่มตัวอย่าง 10% จะได้กลุ่มตัวอย่าง 78 คน) จากนั้นแบ่งอาสาสมัครเข้ากลุ่มโดยการสุ่มแบบง่าย (simple random sampling) โดยการจับสลาก คือ กลุ่มทดลอง (นวดไทยแบบราชสำนักร่วมกับน้ำมันไพล) 39 คน และกลุ่มควบคุม (การนวดไทยรักษาอาการท้องผูกตามมาตรฐานการรักษาทางการแพทย์แผนไทย) 39 คน

เกณฑ์การคัดเข้า (inclusion criteria) ดังนี้ อาสาสมัครเพศหญิงหรือเพศชายที่มีอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป อ่านออกเขียนได้มีสติสัมปชัญญะครบถ้วน ได้รับการซักประวัติ ตรวจร่างกายและวินิจฉัยจากแพทย์แผนไทย หรือแพทย์แผนไทยประยุกต์ว่าเป็นโรคดานลม (U6686 ดานลม) ยินดีเข้าร่วมโครงการด้วยความสมัครใจ สามารถปฏิบัติตามขั้นตอนการวิจัยและมาตรวจรักษาตามที่นัดได้ด้วยตนเอง และไม่อยู่ระหว่างการใช้ยาที่มีผลทำให้เกิดอาการท้องผูก เช่น ยาแก้ซึมเศร้า ยาแก้ปวดกลุ่มโอปิออยด์

เกณฑ์คัดอาสาสมัครออกจากโครงการ (exclusion Criteria) ดังนี้ ผู้ป่วยโรคอัมพาต (hemiplegia หรือ paresis) โรคผิวหนังที่ติดต่อได้ เช่น อีสุกอีไส งูสวัด เป็นต้น อาสาสมัครที่ไม่สามารถพูดสื่อสารได้เข้าใจ หรือไม่สามารถทำตามคำแนะนำได้ มีไข้สูงกว่า 37.5 องศาเซลเซียส ในวันที่เข้าร่วมการรักษา ความดันโลหิตสูงที่ยังควบคุมไม่ได้ (>170/90 mmHg) ภาวะลิ่มเลือดอักเสบ และอุดตันด้วยลิ่มเลือด รับประทานยาที่ต้านการแข็งตัวของลิ่มเลือด เช่น aspirin, clopidogrel, prasugrel, ticlopidine เป็นต้น และมีประวัติแพ้สมุนไพรไพล

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ส่วนที่ 1 แบบประเมินความพึงพอใจในการรักษาและผลการรักษา จะใช้ประเมินความพึงพอใจในขั้นตอนและผลการรักษา โดยจะประเมินหลังการรักษาสัปดาห์ที่ 3 จำนวน 5 ข้อ โดยมีคำตอบให้เลือกตอบได้ 5 ตัวเลือก ได้แก่ 5=พึงพอใจมาก 4=ค่อนข้างพึงพอใจ 3=พึงพอใจเล็กน้อย 2=เฉยๆ และ 1=ไม่พึงพอใจ โดยกลุ่มทดลอง จะได้รับการนวดไทยแบบราชสำนักร่วมกับน้ำมันไพล ตามเวชปฏิบัติแพทย์แผนไทยในการรักษาโรคท้องผูก น้ำมันไพล เป็นเครื่องมือเสริมการนวดในการแพทย์แผนไทย เพื่อช่วยลดการเสียดสีระหว่างการนวด เพิ่มประสิทธิภาพในการซึมผ่านของสารสมุนไพร และส่งเสริมผลทางการรักษา เช่น ลดอักเสบ

ปวดเกร็ง และฟื้นฟูการไหลเวียนเลือด และทำให้รู้สึกผ่อนคลาย กลุ่มทดลอง ได้รับการนวดแบบราชสำนักต่อเนื่องเป็นเวลา 3 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 ครั้ง ใช้น้ำมันไพล หยดครั้งละ 20 หยด (1 มิลลิลิตร/หยด) ทาน้ำมันบริเวณหน้าท้อง ทานวดท่าแหวก ท่าโกย ร่วมกับการนวดแก้อาการท้องผูก และประคบสมุนไพรด้วยลูกประคบสมุนไพร บริเวณท้อง เป็นเวลา 15 นาที รวมระยะเวลาทั้งหมด 60 นาที

กลุ่มควบคุม จะได้รับการนวดไทยแบบราชสำนัก ตามเวชปฏิบัติแพทย์แผนไทยในการรักษาโรคท้องผูก ได้รับการนวดแบบราชสำนัก ต่อเนื่องเป็นเวลา 3 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 ครั้ง และประคบสมุนไพรด้วยลูกประคบสมุนไพร บริเวณท้อง เป็นเวลา 15 นาที รวมระยะเวลาทั้งหมด 60 นาที

สถิติที่ใช้ การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของผู้รับบริการสูงอายุจากการนวดไทยแบบราชสำนักร่วมกับน้ำมันไพลกับการนวดไทยแบบราชสำนัก โดยการเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความพึงพอใจการนวดไทยแบบราชสำนักร่วมกับน้ำมันไพลก่อนและหลังในกลุ่มเดียวกันโดยใช้สถิติ Paired-Samples T-test และเปรียบเทียบความพึงพอใจหลังการรักษาระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมใช้สถิติ Independent-Sample T-test กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (21.0)

ผลการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้ได้ศึกษาการนวดไทยแบบราชสำนักร่วมกับน้ำมันไพลต่อความพึงพอใจของผู้สูงอายุที่มีอาการท้องผูกที่มารับบริการศูนย์การแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก เขตสุขภาพที่ 8 จังหวัดอุดรธานี ซึ่งผลการศึกษา ดังนี้

ประเมินความพึงพอใจในการรักษาและผลการรักษา วัดผลก่อนและหลังการศึกษา ความพึงพอใจในการรักษาและผลการรักษาหลังการทดลองระหว่างกลุ่มนวดไทยแบบราชสำนักร่วมกับน้ำมันไพล และกลุ่มนวดไทยแบบราชสำนัก (กลุ่มควบคุม) พบว่า ด้านความพึงพอใจต่อผลการรักษา กลุ่มที่ได้รับการนวดไทยแบบราชสำนักร่วมกับน้ำมันไพลมีค่าเฉลี่ย 4.88±0.54 กลุ่มนวดไทยแบบราชสำนักมีค่าเฉลี่ย 4.67±0.48 ผลการเปรียบเทียบพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แสดงให้เห็นว่ากลุ่มนวดไทยแบบราชสำนักเพียงอย่างเดียวมีระดับความพึงพอใจต่อผลการรักษาสูงกว่าเล็กน้อย ด้านความพึงพอใจต่อขั้นตอนการรักษา พบว่ากลุ่มนวดไทยแบบราชสำนักร่วมกับน้ำมันไพลมีค่าเฉลี่ย 5.00±0.00 ส่วนกลุ่มนวดไทยแบบราชสำนักมีค่าเฉลี่ย 4.79±0.41 ผลการเปรียบเทียบพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) แสดงว่ากลุ่มที่ได้รับการนวดร่วมกับน้ำมันไพลมีความพึงพอใจต่อขั้นตอนการรักษามากกว่า ด้านความพึงพอใจต่อผู้นวด พบว่าทั้งสองกลุ่มมีค่าเฉลี่ยเท่ากันที่ 4.97±0.16 แต่ผลการทดสอบทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) ซึ่งคะแนนที่แตกต่างเล็กน้อยอาจสะท้อนถึงประสบการณ์หรือการรับรู้ของผู้รับบริการ ในด้านความพึงพอใจต่อสถานที่ในการรักษา และความพึงพอใจต่อเครื่องแต่งกายที่ใช้ในการรักษา ทั้งสองกลุ่มมีค่าเฉลี่ยเท่ากันคือ 5.00±0.00 แต่ผลการเปรียบเทียบพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งอาจเนื่องจากทำการรักษาอยู่ในสภาพแวดล้อมเดียวกัน ด้านความพึงพอใจภาพรวม พบว่ากลุ่มที่ได้รับการนวดไทยแบบราชสำนักร่วมกับน้ำมันไพลมีค่าเฉลี่ย 4.87±0.27 และกลุ่มนวดไทยแบบราชสำนักมีค่าเฉลี่ย 4.85±0.15

โดยผลการเปรียบเทียบไม่พบความแตกต่างกัน ($p>0.05$) แสดงให้เห็นว่าทั้งสองวิธีให้ผลความพึงพอใจโดยรวมในระดับสูงใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานความพึงพอใจในการรักษาและผลการรักษาหลังการทดลองระหว่างกลุ่มนวดไทยราชสำนักร่วมกับน้ำมันไพล และกลุ่มนวดไทยแบบราชสำนัก

ความพึงพอใจรายด้าน	กลุ่มนวดไทยราชสำนักร่วมกับน้ำมันไพล (n=39)	กลุ่มนวดไทยแบบราชสำนัก (n=39)
ผลการรักษาที่ผ่านมา	4.88±0.54	4.67±0.48*
ขั้นตอนการให้การรักษา	5.00±0.00	4.79±0.41*
ผู้นวด/ผู้ให้การรักษา	4.97±0.16	4.97±0.16
สถานที่ในการรักษา	5.00±0.00	5.00±0.00
เครื่องแต่งกายของผู้ให้การรักษา	5.00±0.00	5.00±0.00
ความพึงพอใจรวม	4.87±0.27	4.85±0.15

หมายเหตุ: *กำหนดนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ $p<0.05$ เมื่อเทียบระหว่างกลุ่มนวดไทยราชสำนักร่วมกับน้ำมันไพลและกลุ่มนวดไทยราชสำนัก

วิจารณ์ผลการวิจัย

ภาวะท้องผูกเรื้อรัง (Chronic Constipation) เป็นหนึ่งในปัญหาสุขภาพที่พบได้อย่างมากในผู้สูงอายุ จากการศึกษาทบทวนวรรณกรรมและ Meta-analysis ในอายุผู้สูงอายุทั่วโลกอายุระหว่าง 60-93 ปี จนถึงปี 2022 พบว่ามีความชุกอยู่มากที่สุดที่แอฟริกา (32.3%) และน้อยสุดในทวีปเอเชีย (13.6%) (Salari et al., 2023) ปัญหาสุขภาพดังกล่าวส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตและการใช้ชีวิตประจำวัน ปัจจัยหลายประการที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดอาการท้องผูกในผู้สูงอายุ เช่น การดื่มน้ำ โรคประจำตัว การไม่เคลื่อนไหว ออกกำลังกาย การใช้ยา และอื่นๆ (Werth & Christopher, 2021) ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การนวดไทยแบบราชสำนักมีส่งผลด้านความพึงพอใจพบว่า กลุ่มที่ได้รับการนวดไทยแบบราชสำนักร่วมกับน้ำมันไพลมีคะแนนความพึงพอใจของผลการรักษาที่ผ่านมาและขั้นตอนการรักษาสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งสองวิธีการรักษานั้นแม้จะมีความแตกต่างกันในการใช้น้ำมันไพรร่วมกับการนวดรักษา และถูกประเมินว่าให้ผลดีพอสมควรจากมุมมองของผู้สูงอายุ ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับทฤษฎีด้าน non-pharmacological care ซึ่งระบุว่าการดูแลที่ไม่เน้นใช้ยา โดยเฉพาะการนวดเป็นรูปแบบการดูแลที่ผู้สูงอายุยอมรับได้ดี เนื่องจากไม่ซับซ้อน ไม่ก่อให้เกิดความเจ็บปวด และทำให้รู้สึกผ่อนคลายระหว่างการรักษา สอดคล้องกับแนวคิด touch-based intervention ที่มีผลต่อทั้งด้านกายและด้านอารมณ์ โดยช่วยลดความเครียด ความกังวล และทำให้ผู้สูงอายุรู้สึกได้รับการดูแล ส่งผล

ต่อการประเมินผลการรักษาในเชิงบวกมากขึ้น (Nouhi et al., 2022) ส่วนในด้านขั้นตอนการรักษาพบว่า กลุ่มที่ได้รับการนวดไทยแบบราชสำนักร่วมกับน้ำมันไพลมีความพึงพอใจสูงที่สุดและสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการนวดไทยแบบราชสำนักเพียงอย่างเดียว ผลลัพธ์นี้สะท้อนถึงการรับรู้เชิงคุณภาพของกระบวนการรักษาของกลุ่มทดลอง ซึ่งประเมินว่าการรักษาด้วยการนวดไทยแบบราชสำนักร่วมกับน้ำมันไพลมีขั้นตอนที่ครบถ้วนกว่า เช่น การนวดตามแนวเส้นร่วมกับการทาน้ำมันไพล การรักษาที่มีหลายองค์ประกอบสร้างความรู้สึกว่าการรักษามีความสมบูรณ์และใช้ความใส่ใจมากกว่า ซึ่งส่งผลต่อคะแนนความพึงพอใจที่สูงขึ้น หลักการนี้สอดคล้องกับแนวคิด value-added perception ซึ่งอธิบายได้ว่ากลุ่มทดลองมักประเมินคุณภาพสูงขึ้นเมื่อกระบวนการรักษามีองค์ประกอบมากกว่า 1 ขั้นตอน แม้ประสิทธิผลทางสรีรวิทยาจะใกล้เคียงกันก็ตาม (Romero-García et al., 2024) นอกจากนี้พบว่า ผู้รับบริการทั้งสองกลุ่มมีความพึงพอใจต่อผู้นวดในระดับสูงมาก แสดงให้เห็นว่าทักษะ ความสามารถ และความสุภาพของผู้นวดเป็นปัจจัยสำคัญที่มีความสม่ำเสมอระหว่างกลุ่มทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยด้านคุณภาพบริการ T&CM (Traditional and Complementary Medicine) รายงานว่าความชำนาญและมารยาทของผู้ให้บริการ มีผลโดยตรงต่อระดับความพึงพอใจของผู้รับบริการ โดยเพิ่มความไว้วางใจและความรู้สึกปลอดภัย (Ling Men, 2025)

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาพบว่าผู้สูงอายุที่มีอาการท้องผูกในกลุ่มนวดไทยราชสำนักร่วมกับน้ำมันไพล มีความพึงพอใจต่อผลการรักษาที่ผ่านมาและขั้นตอนการให้การรักษาขั้นตอนการรักษาสูงกว่ากลุ่มนวดไทยราชสำนักอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ความพึงพอใจด้านอื่นๆ ได้แก่ ผู้ที่ให้การรักษา สถานที่ในการรักษา เครื่องแต่งกายของผู้ให้บริการ และความพึงพอใจภาพรวม ไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งการใช้น้ำมันไพลสริมกับการนวดไทยราชสำนักมีความเหมาะสมต่อการประยุกต์ใช้ในระบบบริการสุขภาพและคลินิกการแพทย์แผนไทยสำหรับผู้สูงอายุ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณอาสาสมัครผู้สูงอายุทุกคนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยนี้ ขอขอบคุณผู้อำนวยการศูนย์การแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก เขตสุขภาพที่ 8 จังหวัดอุดรธานี ที่อำนวยความสะดวก ให้การสนับสนุนและช่วยประสานในการเก็บข้อมูลงานวิจัยในครั้งนี้จนสำเร็จด้วยดี และคณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร จังหวัดสกลนคร ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการจัดเตรียมน้ำมันไพลสำหรับใช้ในอาสาสมัคร

เอกสารอ้างอิง

กรมอนามัย. (2567). ผลสำรวจอนามัยโพล อาการยอดฮิตในฤดูร้อน 2567. แหล่งข้อมูล: https://hfd.anamai.moph.go.th/th/news-anamai-2/224626. ค้นเมื่อ 10 กุมภาพันธ์ 2568.

Bharucha, A.E., Pemberton, J.H., & Locke, G.R., 3rd. (2013). American Gastroenterological Association technical review on constipation. Gastroenterology, 144(1), 218-238.

Deachapunya, C., Poonyachoti, S., Thongsaard, W., & Krishnamra, N. (2005). Barakol extracted from *Cassia siamea* stimulates chloride secretion in rat colon. Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics, 314(2), 732-737.

Field, T. (2016). Massage therapy research review. Complementary Therapies in Clinical Practice, 24, 19-31.

Franken, M., Kanters, T., Coenen, J., de Jong, P., Jager, A., & Groot, C. U. (2020). Hospital-based or home-based administration of oncology drugs? A micro-costing study comparing healthcare and societal costs of hospital-based and home-based subcutaneous administration of trastuzumab. The Breast, 52, 71-77.

Gundom, T., Sukketsiri, W., & Panichayupakaranant, P. (2025). Phytochemical analysis and biological effects of *Zingiber cassumunar* extract and three phenylbutenoids: targeting NF-**K**B, Akt/MAPK, and caspase-3 pathways. BMC Complementary Medicine and Therapies, 25(1), 180.

Men, L., Liang, L.L., Wu, S.W., Sun, Y., Liu, H., Mi, Q., Mazhar, M., Luo, G., Liu, Q.Y., & Liu, M.N. (2025). A narrative review of aromatherapy: Mechanisms and clinical value in physiological and psychological regulation. Complementary Therapies in Medicine.

Maloni, J. A. (2011). Lack of evidence for prescription of antepartum bed rest. Expert Review of Obstetrics & Gynecology, 6(4), 385-393.

Mearin, F., Lacy, B.E., Chang, L., Chey, W.D., Lembo, A.J., Simrén, M., & Spiller, R. (2016). Bowel disorders. Gastroenterology, 150(6), 1393–1407.

Nouhi, E., Mansour-Ghanaei, R., Hojati, S.A., & Chaboki, B.G. (2022). The effect of abdominal massage on the severity of constipation in elderly patients hospitalized with fractures: A randomized clinical trial. International Journal of Orthopaedic and Trauma Nursing, 47, 100936.

Romero-García, P.A., Ramirez-Perez, S., Miguel-González, J.J., Guzmán-Silahua, S., Castañeda-Moreno, J.A., Komninou, S., & Rodríguez-Lara, S.Q. (2024). Complementary and Alternative Medicine (CAM) Practices: A Narrative Review Elucidating the Impact on Healthcare Systems, Mechanisms and Paediatric Applications. Healthcare, 12(15), 1547.

Salari, N., Ghasemianrad, M., Ammari-Allahyari, M., Rasoulpoor, S., Shohaimi, S., & Mohammadi, M. (2023). Global prevalence of constipation in older adults: a systematic review and meta-analysis. Wiener Klinische Wochenschrift, 135(15-16), 389-398.

Sinclair, M. (2011). The use of abdominal massage to treat chronic constipation. Journal of Bodywork and Movement Therapies, 15(4), 436-445.

Werth, B.L., & Christopher, S.A. (2021). Potential risk factors for constipation in the community. World Journal of Gastroenterology, 27(21), 2795–2817.

Woodward, S., Norton, C., & Barriball, K.L. (2010). A pilot study of the effectiveness of reflexology in treating idiopathic constipation in women. Complementary Therapies in Clinical Practice, 16(1), 41-46.

การประเมินความเสี่ยงการรับสัมผัสฝุ่นละออง PM2.5 และสมรรถนะของเครื่องฟอกอากาศไฟฟ้าสถิตเพื่อป้องกันสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานกลุ่มเสี่ยง

Assessment of PM2.5 Exposure Risk and the Performance of Electrostatic Air Purifiers in Protecting the Health of Vulnerable Office Workers

พรนิภา บริบูรณ์สุขศรี[1*] ปุณณภา จันท์ครบ[2] ณัฐ จันท์ครบ[1] และวีรพล พุ่มพวง[2]

Phonnipha Boriboonsuksri[1*] , Punnapha Jun-krob[2], Natth Jun-Krob[1] and Weerapon Pumpoung[2]

[1] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ กรุงเทพฯ 10160

[1] Faculty of Engineering, Southeast Asia University, Bangkok 10160.

[2] กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนโพธิสารพิทยากร แขวงบางระมาด เขตตลิ่งชัน กรุงเทพฯ 10170

[2] Science & Technology Learning, Potisarnpittayakorn School, Bang Ramat, TalingChan, BKK. 10170

*Corresponding author E-mail: phonniphab@sau.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเสี่ยงจากการรับสัมผัสฝุ่น PM2.5 ของผู้ปฏิบัติงานกลุ่มเสี่ยงในเขตกรุงเทพมหานคร และตรวจสอบสมรรถนะของเครื่องฟอกอากาศไฟฟ้าสถิตในการลดความเข้มข้นของฝุ่นภายในห้องทำงาน ผลการวิจัยพบว่า ความเข้มข้นของ PM2.5 มีแนวโน้มสูงสุดในช่วงเดือนมกราคม–เมษายน ซึ่งเป็นช่วงที่ผู้ปฏิบัติงานเผชิญความเสี่ยงสูงต่อสิ่งคุกคามสุขภาพ การปิดห้องทำงานให้มิดชิดช่วยลดการรุกล้ำของอนุภาคฝุ่นได้ถึง 5 เท่า ขณะที่การใช้เครื่องฟอกอากาศไฟฟ้าสถิตสามารถลดความเข้มข้นของ PM2.5 ได้ตามสมการเอ็กซ์โพเนนเชียล และทำให้ระดับฝุ่นลดลงถึงเกณฑ์ที่ปลอดภัยภายใน 10 นาที ผลการสำรวจด้านการรับรู้อันตรายของผู้ปฏิบัติงานพบว่า ส่วนใหญ่ตระหนักถึงความเสี่ยงและเห็นความสำคัญของการป้องกันตนเอง อย่างไรก็ตามยังมีข้อจำกัดด้านอุปสรรคในการใช้มาตรการป้องกันที่ต้องการการสนับสนุนจากองค์กร ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายคือ สถานประกอบการควรกำหนดมาตรการจัดการคุณภาพอากาศภายในอาคาร เช่น การติดตั้งเครื่องฟอกอากาศประสิทธิภาพสูง การควบคุมการรั่วไหลของอากาศ และการสื่อสารความเสี่ยงแก่พนักงาน ควบคู่กับการสนับสนุนการใช้หน้ากากป้องกันฝุ่น PM2.5 มาตรการเหล่านี้จะช่วยลดการสัมผัสฝุ่น PM2.5 และป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพ โดยเฉพาะในกลุ่มผู้ปฏิบัติงานที่มีโรคภูมิแพ้หรือความไวต่อมลพิษในอากาศ

คำสำคัญ : พีเอ็ม2.5, ความเสี่ยงสุขภาพ, เครื่องฟอกอากาศไฟฟ้าสถิต, การรับรู้อันตราย, ผู้ปฏิบัติงาน

Abstract

This study aimed to assess the health risks of PM2.5 exposure among vulnerable office workers in Bangkok and to evaluate the performance of electrostatic air purifiers in reducing indoor particulate concentrations. The findings indicated that PM2.5 levels peaked between January and April, posing the greatest health threat to workers. Sealing office rooms reduced PM2.5 infiltration by up to fivefold, while electrostatic air purifiers decreased particle concentrations exponentially, achieving safe levels within 10 minutes. The survey of workers' risk perception revealed that most employees acknowledged the hazards and recognized the importance of preventive measures, though barriers to consistent protective behaviors remained. Policy recommendations suggest that workplaces should implement indoor air quality management measures, such as high-efficiency electrostatic air purifiers, improved room sealing, and effective risk communication. In addition, supporting the use of N95 or equivalent respirators is essential to reduce PM2.5 exposure. These strategies can effectively mitigate health risks, particularly among workers with allergies or heightened sensitivity to airborne pollutants.

Keywords : PM2.5, health risk, electrostatic air purifier, risk perception, workers

บทนำ

การช่วยแก้ปัญหาสุขภาพจากการกระตุ้นก่อภูมิแพ้ด้วยการลดรับสัมผัสฝุ่น PM2.5 เป็นหนึ่งในวิธีการที่สำคัญในการดูแลผู้ป่วยที่มีโรคภูมิแพ้ เนื่องจากฝุ่น PM2.5 มีผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจและระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย โดยจากรายงานการศึกษาของ Habre R. Et al. (2014), Lin L. et al. (2021) และ Montgomery M. et al. (2020) พบว่าการรับสัมผัสสิ่งคุกคามสุขภาพประเภทนี้อาจทำให้เกิดการอักเสบหรือปัญหาสุขภาพระยะยาว. และนอกจากนี้การศึกษาของ Wu JZ et al. (2018) ยังพบอีกว่าผู้ป่วยภูมิแพ้มักมีความไวต่อสารที่เป็นมลพิษในอากาศ เช่น ฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 ซึ่งสามารถกระตุ้นการเกิดอาการหอบหืด (Asthma exacerbation), น้ำมูกไหล, หรืออาการคันตาได้

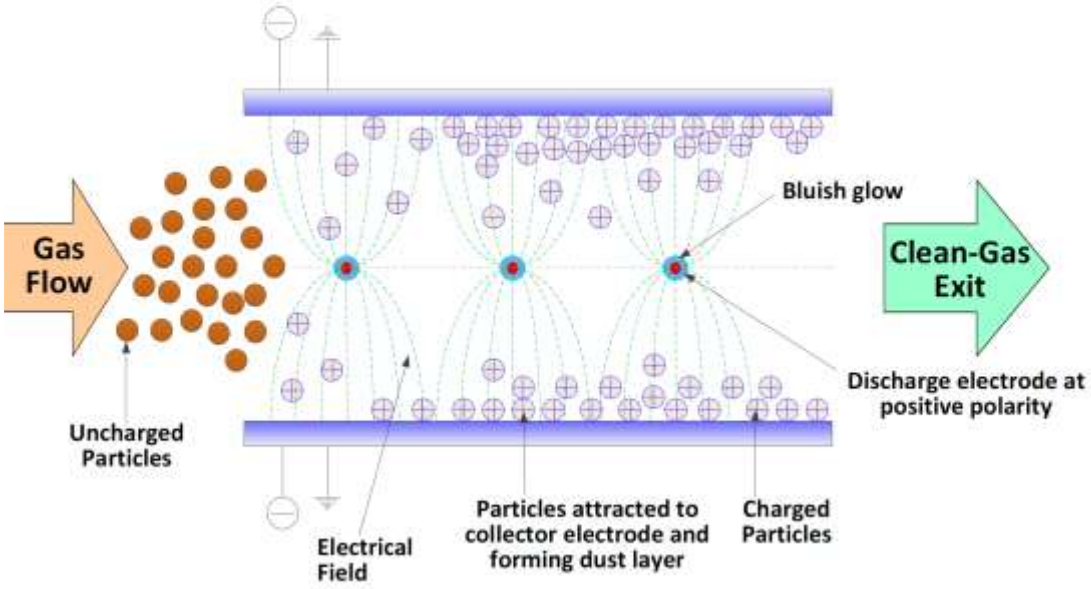
กิจกรรมมนุษย์ในปัจจุบัน อาทิเช่น การจราจรในเมืองใหญ่ การอุตสาหกรรมที่หนาแน่นในบางพื้นที่ ตลอดจนการเผาชีวมวลหลังการเก็บเกี่ยวในหลายๆพื้นที่ ล้วนส่งผลต่อสภาพความเข้มข้นของฝุ่น PM2.5 บรรยากาศทั้งสิ้น ที่ผ่านมาในประเทศไทยมีบพื้นที่หลายแห่งได้รับผลกระทบ เช่น เมืองเชียงใหม่ และกรุงเทพมหานคร เป็นต้น โดยปรากฏสภาพการคุกคามสุขภาพที่ชัดเจนในเหตุการณ์ที่สภาพอากาศหนา การระบายเวียนอากาศในสภาพแวดล้อมทำได้ไม่ดีพอ โดยในปี 2025 รายาน Wikipedia. (2025). พบว่า ณ ช่วง

ระหว่างวันที่ 8–31 มกราคม 2568 ระดับความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ ในกทม. หลายเขต มีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานสุขภาพ (24-h standard 37.5μg/m³) และ “หนองแขม” ก็เป็นหนึ่งในเขตพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบรุนแรง

ความเสี่ยงต่อสุขภาพ โดยเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยโรคภูมิแพ้ เมื่อวิเคราะห์โดยใช้โมเดล AirQ+ เทียบกับผลกระทบตามรายงานของ UNICEF. (2025). ซึ่งพบว่า เมื่อความเข้มข้นของฝุ่น PM2.5 สูงขึ้นถึงระดับเฉลี่ยราว 40 μg/m³ จะส่งผลให้มีผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจเพิ่มขึ้นประมาณ 3,306 ราย (95% CI: 0–15,841) และมีผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจเพิ่มอีก 1,497 ราย (95% CI: 701–6,723) ในช่วงเวลาสั้น ๆ

รายงานการศึกษาของ Xinmeng Wang และคณะ พบความรุนแรงที่เกิดขึ้นโดยเฉพาะกับการแพ้ฝุ่นประเภทนี้ในผู้ป่วยภูมิแพ้ โดยสำหรับผู้ที่มีอาการโรคภูมิแพ้ในเขตที่ได้รับการคุกคามสุขภาพจากฝุ่น PM2.5 กลุ่มนี้จัดว่าเป็น กลุ่มเสี่ยงที่มีความไวต่อการคุกคาม (sensitive group) ที่เสี่ยงผลกระทบจาก PM2.5 สูงกว่ากลุ่มอื่น เช่น ผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจที่แสดงอาการชัดเจนเมื่อรับสัมผัส

ด้านการรับรู้อันตรายและพฤติกรรมป้องกันของผู้ปฏิบัติงาน ทฤษฎีการรับรู้สุขภาพ (Health Belief Model: HBM) ที่ศึกษาโดย Rosenstock et al. (1988) ชี้ว่าการที่บุคคลจะ ตัดสินใจป้องกันตนเองขึ้นอยู่กับ



การรับรู้ถึง ความไวต่อโรค (perceived susceptibility), ความรุนแรงของผลลัพธ์ (perceived severity), ประโยชน์ของการป้องกัน (perceived benefits) และ อุปสรรค (perceived barriers) โดยงานศึกษากับแรงงานในเขตเมืองใหญ่ของ Zhao X. et al. (2021). พบว่า ผู้ปฏิบัติงานที่ “รับรู้ถึงความเสี่ยงจาก PM2.5 สูง” มีแนวโน้มจะสวมหน้ากากกรองฝุ่นและลดกิจกรรมนอกอาคารมากกว่าผู้ที่ไม่ตระหนักถึงความเสี่ยง

รายงานการศึกษาของ Paola Fermo et al.(2021) พบว่าการใช้เครื่องฟอกอากาศ(Air purifier) ซึ่งทำงานด้วยระบบไฟฟ้าสถิต (Electrostatic) เป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพในการลดฝุ่น PM2.5 ภายในห้องทำงาน และนอกจากนี้การศึกษาของ Pisithkul T.et al. (2024), Paola Fermo et al. (2021) และ Lee J. J.,

& Kim, S. (2025).ยังพบว่าเครื่องฟอกอากาศเหล่านี้สามารถดักจับฝุ่นขนาดเล็กและสารมลพิษในอากาศได้ดีและมีประสิทธิภาพ โดยกระบวนการฟอกอากาศที่ใช้ไฟฟ้าสถิตใช้หลักการของแรงดึงดูดระหว่างกันของประจุไฟฟ้าในอนุภาคฝุ่นกับสภาพความเข้มสนามไฟฟ้าที่สร้างขึ้นดังแบบจำลองของ Afshari A. et al.(2020) ในรูปที่ 1. ซึ่งหลักการนี้ ผลที่ได้พบสามารถช่วยลดปริมาณฝุ่นละอองที่ลอยอยู่ในอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งมีความสำคัญในการช่วยป้องกันการสัมผัสฝุ่น PM2.5 โดยตรง และลดความเสี่ยงต่ออาการภูมิแพ้ของผู้ป่วยภูมิแพ้ได้

รูปที่ **1** หลักการกำจัดอนุภาคฝุ่นด้วย Electrostatic , Afshari A**.** et al.(2020)

ดังนั้นการติดตั้งเครื่องฟอกอากาศในห้องทำงานจึงเป็นวิธีทางเลือกที่เหมาะสมในการสร้างสภาพแวดล้อมที่ดีต่อสุขภาพของผู้ป่วยโรคภูมิแพ้ โดยเฉพาะผู้ที่ทำงานในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูงจากมลพิษทางอากาศ. นอกจากนี้การศึกษาของ Afshari A. et al.(2020) ยังพบข้อมูลว่าเครื่องฟอกอากาศแบบไฟฟ้าสถิต ยังมีความสามารถในการกำจัดอนุภาคที่มีขนาดเล็กมากๆ ได้ ซึ่งจะช่วยให้ผู้ป่วยภูมิแพ้หายใจได้สะดวกขึ้น และลดความเสี่ยงจากการสัมผัสสารที่กระตุ้นภูมิแพ้ได้. ดังนั้นในงานการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการลดการรับสัมผัสฝุ่น PM2.5 ของผู้ที่ทำงานในสำนักงาน ด้วยการใช้เครื่องฟอกอากาศแบบไฟฟ้าสถิต และแสวงหาแนวนโยบายที่สถานประกอบการควรพึงมีพึงวางเป็นมาตรการปฏิบัติในการทำงานระหว่างช่วงเวลาที่มีอนุภาคฝุ่น PM2.5 เข้มข้นเกินพิกัดมาตรฐานความปลอดภัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อประเมินความเสี่ยงการรับสัมผัสสิ่งคุกคามสุขภาพประเภทฝุ่น PM2.5 และการรับรู้อันตรายของผู้ปฏิบัติงาน

2. เพื่อตรวจสอบความสามารถในการลดการสัมผัสสิ่งคุกคามสุขภาพของห้องสำนักงานในช่วงเวลาที่ฝุ่น PM2.5 วิกฤติ

3. เพื่อศึกษาสมรรถนะในการลดความเข้มข้นฝุ่น PM2.5 ในห้องทำงานในสำนักงานของเครื่องฟอกอากาศไฟฟ้าสถิตย์

4. เพื่อเป็นข้อเสนอแนะการออกนโยบายช่วยลดการสัมผัสสิ่งคุกคามสุขภาพประเภทฝุ่น PM2.5ของสถานประกอบการ

หลักแนวคิดการลดโอกาสรับสัมผัสสิ่งคุกคามสุขภาพประเภทฝุ่น PM 2.5

ปัญหาการแพร่กระจายของฝุ่น PM2.5

แหล่งกำเนิดฝุ่น PM2.5 สามารถเกิดขึ้นได้จากทั้งแหล่งกำเนิดที่เป็นธรรมชาติและกิจกรรมของมนุษย์ โดยสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก ได้แก่: แหล่งกำเนิดปฐมภูมิ (Primary Sources) การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น โรงไฟฟ้าถ่านหิน ยานพาหนะ และโรงงานอุตสาหกรรม กระบวนการเผาไหม้ทางการเกษตร เช่น การเผาเศษซากพืช และการเผาป่า ฝุ่นละอองจากการก่อสร้าง เหมืองแร่ และถนนที่ไม่มีการปูผิวทาง การเกิดไฟป่าธรรมชาติและการระเบิดของภูเขาไฟ และแหล่งกำเนิดทุติยภูมิ (Secondary Sources) เช่น ปฏิกิริยาเคมีในบรรยากาศ เช่น การเกิดซัลเฟต (SO42-), ไนเตรต (NO3-), และแอมโมเนียม (NH4+) การออกซิไดซ์ของสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ทำให้เกิดอนุภาคอินทรีย์ทุติยภูมิ (Secondary Organic Aerosols; SOA)
ปัจจัยที่ส่งผลต่อความเข้มข้นของ PM2.5

ความเข้มข้นของ PM2.5 ในอากาศขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่: (1) แหล่งกำเนิดและปริมาณการปล่อย ยิ่งมีแหล่งกำเนิดที่ปล่อยมลพิษมาก ความเข้มข้นของ PM2.5 ก็จะสูงขึ้น (2) สภาพอุตุนิยมวิทยา เช่น ความเร็วลม อุณหภูมิ ความชื้น และชั้นผกผันทางอุณหภูมิของบรรยากาศ (Temperature Inversion) ซึ่งอาจทำให้มลพิษสะสมตัว (3) กระบวนการเคมีและฟิสิกส์ในชั้นบรรยากาศ เช่น การรวมตัวของอนุภาคเล็ก และการสลายตัวของสารเคมี (4) โครงสร้างภูมิประเทศ เช่น พื้นที่ที่ล้อมรอบด้วยภูเขา ก่อสภาพการระบายหรือหมุนเวียนอากาศที่ไม่ดี ทำให้เกิดการสะสมตัวของมลพิษทางฝุ่นละอองขนาดเล็กมากขึ้นได้ เป็นต้น

องค์ประกอบของ PM2.5

PM2.5 ประกอบด้วยสารหลากหลายชนิด ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มหลัก ๆ ได้แก่: สารอนินทรีย์ (Inorganic Compounds) เช่น ซัลเฟต (SO42-), ไนเตรต (NO3-), แอมโมเนียม (NH4+) สารอินทรีย์ (Organic Compounds) เช่น ไฮโดรคาร์บอน สารก่อมะเร็ง และสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) โลหะหนัก (Heavy Metals) เช่น ตะกั่ว (Pb), ปรอท (Hg), แคดเมียม (Cd), สารหนู (As) เขม่าและคาร์บอนดำ (Black Carbon, BC) ซึ่งสิ่งต่างๆเหล่านี้เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล และชีวมวลต่างๆ อันเกิดเกิดจากกิจกรรมการใช้ชีวิตของมนุษย์ เป็นต้น

ความเป็นพิษต่อร่างกายของ PM2.5

PM2.5 สามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพในหลายระดับ โดยเฉพาะในระบบทางเดินหายใจและระบบไหลเวียนโลหิต ได้แก่: ผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ เช่น โรคหอบหืด หลอดลมอักเสบ ถุงลมโป่งพอง และมะเร็งปอด ผลกระทบต่อระบบหัวใจและหลอดเลือด เช่น หัวใจวาย ความดันโลหิตสูง และภาวะลิ่มเลือดอุดตัน ผลกระทบต่อระบบประสาท เช่น การเสื่อมของสมองในผู้สูงอายุ และความเสี่ยงของโรคอัลไซเมอร์

ผลกระทบต่อหญิงตั้งครรภ์และทารก เช่น น้ำหนักแรกเกิดต่ำ และความผิดปกติของพัฒนาการของเด็ก ผลกระทบต่อภูมิคุ้มกัน เช่น การอักเสบเรื้อรังและภูมิคุ้มกันที่ลดลง

PM2.5 เป็นมลพิษทางอากาศที่มีแหล่งกำเนิดจากทั้งธรรมชาติและกิจกรรมของมนุษย์ ปัจจัยด้านสภาพอากาศและกระบวนการทางเคมีในบรรยากาศส่งผลต่อการแพร่กระจายและความเข้มข้นของ PM2.5 องค์ประกอบของ PM2.5 มีทั้งสารอนินทรีย์ สารอินทรีย์ และโลหะหนัก ซึ่งมีผลกระทบต่อสุขภาพอย่างรุนแรง การลดการปล่อย PM2.5 และการควบคุมคุณภาพอากาศในสถานปฏิบัติงานให้สะอาดจึงเป็นสิ่งสำคัญในการป้องกันปัญหาสุขภาพให้กับผู้ปฏิบัติงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผู้ปฏิบัติงานที่มีเป็นกลุ่มเสี่ยงที่จะได้รับผลกระทบจากฝุ่น PM2.5 เช่น หญิงตั้งครรภ์ และ/หรือ ผู้ที่มีโรคประจำตัว เช่น โรคภูมิแพ้ โรคทางเดินหายใจ โรคหัวใจและโรคหลอดเลือด.เป็นต้น

เครื่องมือวิจัย

1. เครื่องวัดคุณภาพอากาศ DM502-03
2. เครื่องฟอกอากาศแบบ Electrostatic รุ่น UNT8173 S/N U818798
3. เครื่องวัดคุณภาพอากาศ ออนไลน์ +IQAir

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ประเมินความเสี่ยงการรับสัมผัสสิ่งคุกคามสุขภาพประเภทฝุ่น PM2.5 และการรับรู้อันตรายของผู้ปฏิบัติงาน

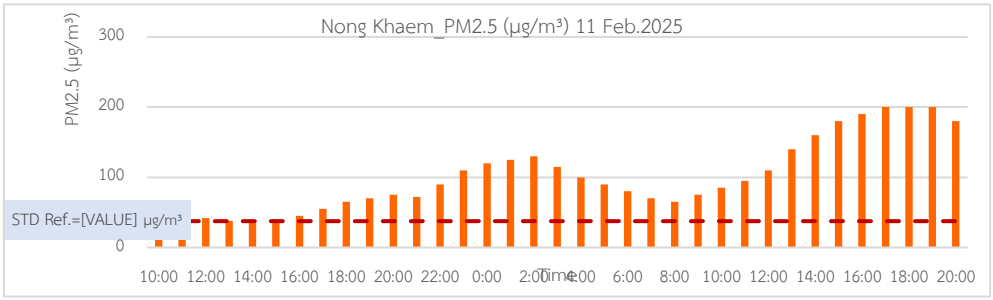


รูปที่ 2 เครื่องตรวจวัดคุณภาพอากาศประจำท้องถิ่นที่รายงานผลแบบออนไลน์ +IQAir

1.1 รวบรวมข้อมูลรูปแบบลักษณะการอุบัติขึ้นของฝุ่น PM2.5 ในเขตกรุงเทพมหานคร โดยสำรวจและรวบรวมข้อมูลจากเครื่องตรวจวัดประจำท้องถิ่นที่รายงานผลแบบออนไลน์ วิเคราะห์สถิติช่วงการเกิดระดับความเข้มข้นของฝุ่น PM2.5 เป็นรายละเอียดรายเดือนย้อนหลัง 5 ปี แล้วแจกแจงวิเคราะห์หาช่วงเดือนที่เกิดความเข้มข้นของฝุ่นในระดับวิกฤติและประเมินความเสี่ยงคุกคามสุขภาพที่เกิดกับผู้ปฏิบัติงานที่เป็นกลุ่มเสี่ยง

1.2 ประเมินการรับรู้อันตรายและพฤติกรรมป้องกันของผู้ปฏิบัติงานที่เป็นกลุ่มเสี่ยง อันเนื่องจากการคุกคามของฝุ่น PM2.5 ในสภาพแวดล้อมของการทำงาน โดบครอบคลุมถึงความต้องการปกป้องตนเอง ในมิติของการรับรู้ถึงความไวต่อโรค (perceived susceptibility), ความรุนแรงของผลลัพธ์เมื่อถูกคุกคาม (perceived severity), ประโยชน์ของการป้องกัน (perceived benefits) และ อุปสรรคเมื่ออยากป้องกันตนเองจากฝุ่น (perceived barriers) โดยใช้เครื่องมือเป็นแบบสอบถาม และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพรรณา

2. การตรวจสอบความสามารถในการลดการสัมผัสสิ่งคุกคามสุขภาพของห้องสำนักงานในช่วงเวลาที่ฝุ่น PM2.5 วิกฤติ







รูปที่ 3 การตรวจวัดอนุภาคฝุ่น PM2.5 เปรียบเทียบภายนอก/ภายในอาคารสำนักงาน ซึ่งเลือกทำการตรวจช่วงจังหวะที่ความเข้มข้นฝุ่นเกิดขึ้นสูงที่สุดของวัน (18:00**น.**)

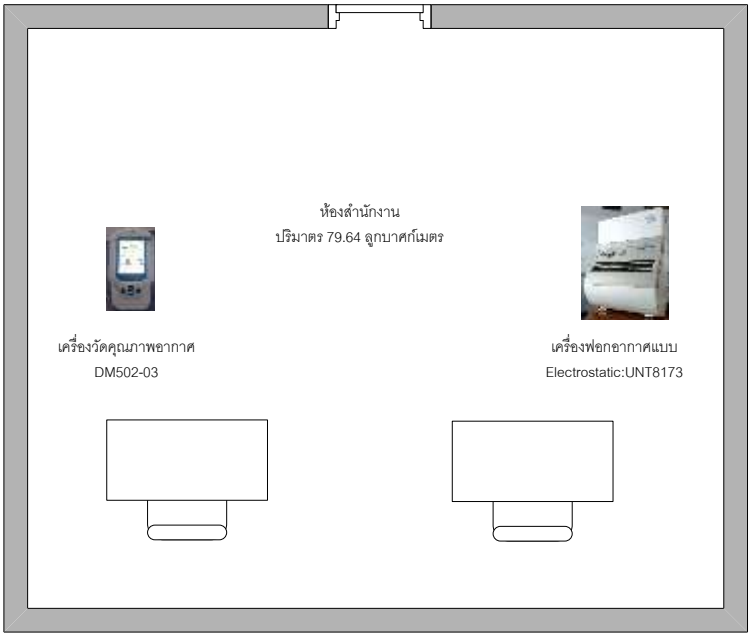
หลังตรวจสอบการอุบัติขึ้นของฝุ่น PM2.5 แต่ละเดือนตลอด 5 ปี คัดเลือกสังเกตุช่วงเวลาของวันที่มักปรากฏความเข้มข้นของฝุ่น PM2.5 สูงถึงขั้นวิกฤติที่สุด (18:00น.) แล้วใช้ช่วงเวลานั้นทำการตรวจวัดระดับความ

เข้มข้นของฝุ่น PM2.5 บริเวณภายนอกอาคาร และภายในอาคาร ซึ่งเป็นสถานที่ปฏิบัติงานของพนักงาน แล้วทำการเปรียบเทียบเพื่อหาค่าวามสามารถในการลดการสัมผัสสิ่งคุกคามสุขภาพของห้องสำนักงาน

3. ทดสอบความสามารถในการลดความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่น PM2.5 ในห้องทำงาน โดยใช้เครื่องฟอกอากาศแบบ Electrostatic

3.1 เลือกห้องทดสอบที่มีลักษณะเป็นตัวแทนของห้องทำงานประเภทสำนักงานทั่วไป ขนาดกว้าง 3.89 เมตร ยาว 6.13 เมตร สูง 3.34 เมตร มีปริมาตรห้อง 79.64 ลูกบาศก์เมตร และปิดประตูหน้าต่างได้มิดชิด

3.2 เลือกเวลาทดสอบ โดยเริ่มต้นเวลา 10.00 น. ซึ่งเป็นเวลาที่ความเข้มข้นอนุภาคฝุ่น PM2.5 เกิดขึ้นสูงที่สุดของแต่ละวันตลอดช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ 2568 เริ่มทำการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่น PM2.5 เก็บข้อมูลไว้เป็นค่าเงื่อนไขเริ่มต้นซึ่งเป็นสภาพก่อนการเริ่มเปิดเครื่องฟอกอากาศ และเมื่อทำการเปิดการทำงานเครื่องฟอกอากาศแบบ Electrostatic ซึ่งใช้รุ่น UNT8173 S/N U818798 อัตราการไหลเวียนอากาศ 3.78 ลบ.ม.ต่อนาที กำลังไฟฟ้า 36W แล้วก็ทำการตรวจวัดค่าความเข้มข้นฝุ่น PM2.5 และ อ่านข้อมูลผลการตรวจวัดที่ได้เทียบกับเวลา บันทึกผล และนำข้อมูลวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ด้วยเทคนิคการถดถอย (Regression) แล้วสรุปความสัมพันธ์เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

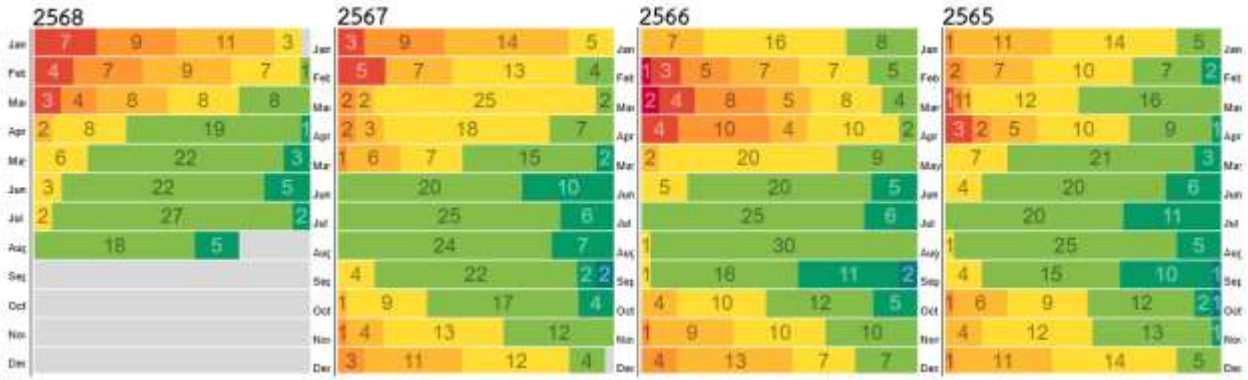


รูปที่ 4 การจัดวางระบบตรวจวัดความสามารถในการกำจัดฝุ่น PM2.5 โดยใช้เครื่องฟอกอากาศแบบ Electrostatic

ผลการวิจัย

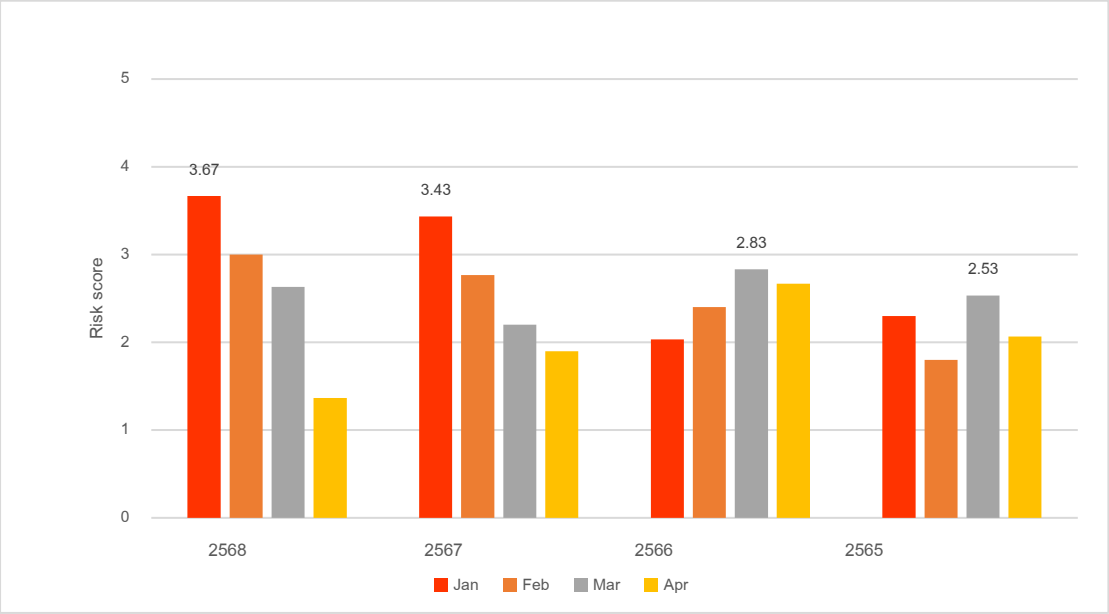
1. ผลประเมินความเสี่ยงการรับสัมผัสสิ่งคุกคามสุขภาพประเภทฝุ่น PM2.5 และการรับรู้อันตรายของผู้ปฏิบัติงาน

1.1 ผลสำรวจความถี่ของการเกิดความรุนแรงของสภาพความเข้มข้นฝุ่น PM2.5 รายเดือน ระหว่างปี 2565 – 2568 ดังแสดงในรูปที่ *5* และเมื่อนำมาคำนวณประเมินหาความเสี่ยง โดยกำหนดให้ความถี่ที่เกิดขึ้นต่อเดือนเป็นเสมือนโอกาสการได้รับสัมผัส และ ระดับความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นเป็นตัวแทนของความรุนแรงเมื่อรับสัมผัส โดยกำหนดสเกลของระดับความรุนแรงเทียบกับช่วงความเข้มข้นเป็นดังกรอบตารางในรูปที่ *5* ก็พบว่าในแต่ละปีระดับความเสี่ยงที่มีค่าสูงส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในระหว่าง 4 เดือนแรกของปีคือ ช่วงเดือน มกราคม ถึง เมษายน ซึ่งผลระดับคะแนนความเสี่ยงที่ถูกคุกคามสุขภาพจะได้คำตอบจากผลการคำนวณได้ดังรูปที่ 6



PM2.5 concentrate	50-75 µg	75-100 µg	100-125 µg	125-150 µg	150-175 µg
Risk score	1	2	3	4	5

รูปที่ 5 ค่าความถี่ของระดับความเข้มข้นของฝุ่น PM2.5ที่บ่งชี้ถึงระดับอันตรายที่เฉลี่ยรายเดือน 4 ปี ย้อนหลัง



รูปที่ 6 ค่าระดับคะแนนความเสี่ยงที่ถูกคุกคามสุขภาพที่เกิดขึ้นในช่วง *4* เดือนแรกของปี 2565 - 2568

1.2 ด้านการสำรวจการรับรู้อันตรายและพฤติกรรมป้องกันของผู้ปฏิบัติงานที่เป็นกลุ่มเสี่ยงอันเนื่องจากการคุกคามของฝุ่น PM2.5 ในสภาพแวดล้อมของการทำงาน สุ่มสำรวจข้อมูลจากผู้ปฏิบัติงานที่เป็นกลุ่มเสี่ยงในอาคารสำนักงานเป้าหมาย จำนวน 20 ราย โดยใช้แบบสอบถาม แยกข้อมูลเป็นร้อยละของการรับรู้แต่ละรายมิติทั้ง 4 มิติ ซึ่งพบว่า

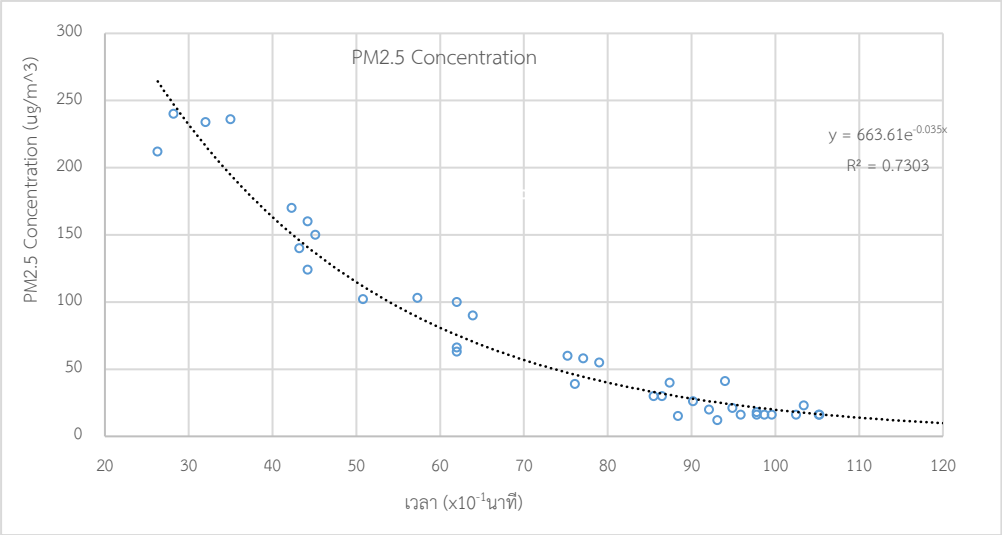
การรับรู้ถึงความไวต่อโรค (perceived susceptibility)	ร้อยละ 90
ความรุนแรงของผลลัพธ์เมื่อถูกคุกคาม (perceived severity)	ร้อยละ 50
ประโยชน์ของการป้องกัน (perceived benefits)	ร้อยละ 80
อุปสรรคเมื่ออยากป้องกันตนเองจากฝุ่น (perceived barriers)	ร้อยละ 75

2. การทดสอบความสามารถในการปิดกั้นเพื่อมิให้อนุภาคฝุ่น PM2.5 เข้าห้องปฏิบัติงานสำนักงาน

สังเกตุการเกิดขึ้นของอนุภาคฝุ่น PM2.5 ในช่วงสถานการณ์มลพิษ PM2.5 คุกคามในพื้นที่เขตหนองแขม โดยตั้งเครื่องมือวัดเข้มข้นฝุ่น PM2.5 บริเวณภายนอกอาคารซึ่งพบว่าเป็นช่วงเวลา 18.00 น. และมีความเข้มข้นฝุ่น PM2.5 ภายนอกอาคารสูงถึง 250 ug/m^3 แล้วดำเนินการประเมินความสามารถในการปิดกั้นเพื่อมิให้อนุภาคฝุ่น PM2.5 เข้าห้องทำงานได้ว่าสามารถทำได้มากน้อยเพียงใด ด้วยวิธีการสำรวจพื้นที่ห้องและปิดห้อง

ประตูหน้าต่างให้มิดชิด แล้วนำเครื่องมือวัดความเข้มข้นอนุภาคฝุ่น PM2.5 ที่ภายนอกอาคารเปรียบเทียบกับในภายในห้องทำงาน แล้วเก็บข้อมูลนำมาวิเคราะห์ประเมินผลต่างและคำนวณความสามารถในการปิดกั้นที่ตรวจพบ ซึ่งพบว่าภายนอกอาคาร มีความเข้มข้นของฝุ่น PM2.5 เท่ากับ 250 ug/m^3 ส่วนภายในห้องทำงานมีความเข้มข้น 50 ug/m^3 ซึ่งการปิดประตูหน้าต่างให้มิดชิดสามารถปิดกั้นอนุภาคฝุ่นมิให้เข้ามาคุกคามสุขภาพได้ถึง *5* เท่า

3. ความสามารถในการลดความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่น PM2.5 ในห้องทำงาน โดยใช้เครื่องฟอกอากาศแบบ



Electrostatic

รูปที่ 7 ผลการลดความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่น PM2.5 ในห้องทำงาน โดยใช้เครื่องฟอกอากาศแบบ Electrostatic

จากผลที่แสดงรูปที่7 จะพบว่าการลดลงของความเข้มข้นอนุภาคฝุ่น PM2.5 มีความเป็นไปในลักษณะ Exponential ตามสมการ $y = 663.61e^{-0.035x}$ ด้วยค่า $R^2 = 0.7303$ และสามารถทำให้ความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่น PM2.5 ลดลงเหลือในระดับที่ไม่ส่งผลกระทบต่อร่างกายภายใน 10 นาที

วิจารณ์ผล

ผลการสำรวจข้อมูลย้อนหลังยืนยันว่าความเข้มข้น PM2.5 ในเขตกรุงเทพมหานคร มีแนวโน้มสูงขึ้น และสูงสุดในช่วงต้นปี ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Tesfaldet and Chanpiwat (2025) ที่รายงานค่าฝุ่น PM2.5 เกินมาตรฐานในกรุงเทพฯ ซึ่งมีผลต่อการเพิ่มอัตราการป่วยระบบทางเดินหายใจและโรคหัวใจ

การปิดห้องทำงานให้มิดชิดและมีระบบระบายอากาศที่ดี จะช่วยลดการรุกล้ำของอนุภาคฝุ่นได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pisithkul T. et.al. (2024) และ Paola Fermo et al. (2021) .ที่บ่งชี้ความจริงว่าอาคารที่มีห้องระบบปิดและใช้เครื่องฟอกอากาศไฟฟ้าสถิต ช่วยลดปริมาณฝุ่นแขวนลอยได้อย่างมาก

สมรรถนะของเครื่องฟอกอากาศไฟฟ้าสถิตในงานวิจัยนี้สอดคล้องกับงานของ Afshari et al. (2020) ที่ยืนยันถึงประสิทธิภาพการดักจับอนุภาคขนาดเล็กและลดผลกระทบสุขภาพในพนักงานออฟฟิศ อย่างไรก็ตามการใช้เครื่องฟอกอากาศอาจต้องพิจารณาร่วมกับต้นทุนพลังงาน การดูแลบำรุงรักษา ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้ และความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ สำหรับสถานประกอบการในระยะยาวด้วย

สรุปผล

การวิจัยนี้มุ่งประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสฝุ่น PM2.5 ของผู้ปฏิบัติงานในเขตกรุงเทพมหานครและตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องฟอกอากาศแบบไฟฟ้าสถิต ในการลดความเข้มข้นของฝุ่นภายในสำนักงาน ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การปิดห้องทำงานให้มิดชิดสามารถลดความเข้มข้นฝุ่น PM2.5 ได้ถึง 5 เท่า และการใช้เครื่องฟอกอากาศแบบไฟฟ้าสถิตช่วยลดความเข้มข้นฝุ่นได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยมีลักษณะการลดลงเชิงเอ็กซ์โพเนนเชียล และทำถึงระดับความเข้มข้นฝุ่น PM2.5 ที่ปลอดภัยคือไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพได้ภายใน 10 นาที และพฤติกรรมนี้สามารถทำการถดถอยสร้างสมการแบบจำลองได้เป็น $y = 663.61e^{-0.035x}$ ด้วยค่า $R^2 = 0.7303$ ทั้งนี้ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายสำหรับสถานประกอบการที่เห็นความสำคัญคือควรบรรจุแนวปฏิบัติการใช้เครื่องฟอกอากาศที่มีประสิทธิภาพในพื้นที่ปิด จัดสภาพแวดล้อมการทำงานที่ปลอดภัยต่อสุขภาพ และสร้างระบบเฝ้าระวังคุณภาพอากาศควบคู่กับมาตรการป้องกันส่วนบุคคล เช่นส่งเสริมการใช้หน้ากาก N95 เพื่อช่วยลดการรับสัมผัสฝุ่น PM2.5 ของกลุ่มผู้ปฏิบัติงานที่มีความเสี่ยง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ ที่สนับสนุนเครื่องมือ อุปกรณ์และสถานที่ การดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Afshari, A., Ekberg, L., Forejt, L., Mo, J., Rahimi, S., Siegel, J., Chen, W., Wargocki, P., Zurami, S., & Zhang, J. (2020). Electrostatic precipitators as an indoor air cleaner—A literature review. Sustainability, 12(21), 8774. https://doi.org/10.3390/su12218774. Accessed Feb.14, 2026.

Fermo, P., Artíñano, B., De Gennaro, G., Pantaleo, A. M., Parente, A., Battaglia, F., Colicino, E., Di Tanna, G., da Silva Junior, A. G., Pereira, I. G., Garcia, G. S., Goncalves, L. M. G., Comite, V., & Miani, A. (2021). Improving indoor air quality through an air purifier able to reduce aerosol particulate matter (PM) and volatile organic compounds (VOCs): Experimental

results. Environmental Research, 197, 111131. https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111131. Accessed Feb.14, 2026.

Habre, R., Moshier, E., Castro, W., Nath, A., Grunin, A., Rohr, A., Godbold, J., Schachter, N., Kattan, M., Coull, B., & Koutrakis, P. (2014). The effects of PM2.5 and its components from indoor and outdoor sources on cough and wheeze symptoms in asthmatic children. Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology, 24(4), 380–387. https://doi.org/10.1038/jes.2014.21. Accessed Feb.14, 2026.

Lin, L., Li, T., Sun, M., Liang, Q., Ma, Y., Wang, F., Duan, J., & Sun, Z. (2021). Effect of particulate matter exposure on the prevalence of allergic rhinitis in children: A systematic review and meta-analysis. Chemosphere, 268, 128841. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128841. Accessed Feb.14, 2026.

Montgomery, M. T., Sajuthi, S. P., Cho, S.-H., Everman, J. L., Rios, C. L., Goldfarbmuren, K. C., Jackson, N. D., Saef, B., Cromie, M., Eng, C., Medina, V., Elhawary, J. R., Oh, S. S., Rodriguez-Santana, J., Vladar, E. K., Burchard, E. G., & Seibold, M. A. (2020). Genome-wide analysis reveals mucociliary remodeling of the nasal airway epithelium induced by urban PM2.5. American Journal of Respiratory Cell and Molecular Biology, 63(2), 172–184.

Rosenstock, I. M., Strecher, V. J., & Becker, M. H. (1988). Social learning theory and the Health Belief Model. Health Education Quarterly, 15(2), 175–183. https://doi.org/10.1177/109019818801500203. Accessed Feb.14, 2026.

Tesfaldet, Y. T., & Chanpiwat, P. (2025). Probabilistic risk assessment and scenario analysis of ambient PM2.5 in Bangkok for short-term respiratory and cardiovascular diseases. International Journal of Environmental Health Research. Advance online publication. https://doi.org/10.1080/09603123.2025.2508891. Accessed Feb.14, 2026.

UNICEF. (2025). Estimated 13.6 million children in Thailand highly exposed to PM2.5: UNICEF. https://www.unicef.org/thailand/press-releases/estimated-136-million-children-thailand-highly-exposed-pm25-unicef. Accessed Feb.14, 2026.

Wang, X., Xu, M., Xu, M., Jia, S., Xu, W., Zhang, W., Gao, Y., Xu, Q., Wang, A., & Hu, S. (2024). Mechanism of PM2.5-induced/aggravated allergic diseases and its prevention and treatment. Journal of Allergy Medicine, 2, Article 100012. https://doi.org/10.1016/j.allmed.2024.100012. Accessed Feb.14, 2026.

Wu, J. Z., Ge, D. D., Zhou, L. F., Hou, L. Y., Zhou, Y., & Li, Q. Y. (2018). Effects of particulate matter on allergic respiratory diseases. Chronic Diseases and Translational Medicine, 4(2), 95–102. https://doi.org/10.1016/j.cdtm.2018.04.001. Accessed Feb.14, 2026.

Wikipedia contributors. (2025, September 4). 2025 Bangkok smog. In Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/2025_Bangkok_smog. Accessed Feb.14, 2026.

คุณภาพชีวิตและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ ในเขตอำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช

Quality of Life and Factors Influencing the Quality of Life among Older Adults in Lan Saka District, Nakhon Si Thammarat Province

ณิชกุล ผิวเหมาะ[1] วิภัชกร กาญจนาภรณ์[2] หทัยรัตน์ ตัลยารักษ์[3] จีริสุดา พรหมเพรา[4] และหยดฟ้า ราชมณี[5*]

Nitchakul Piwmao[1], Wipatchakorn Kanjanaporn[2], Hathairat Tunyarat[3] Jeerisuda Promprao[4] and Yodfah Ratmanee[5]

[1,2,3,5] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช 80230

[4]บัณฑิตศึกษา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330

[1,2,3,5] Faculty of Science and Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, Nakhon Si Thammarat 80280

[4]Graduate Studies, Faculty of Medicine, Chulalongkorn University, Bangkok 10330

*Corresponding author E-mail: yhodpha_rat@nstru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงสำรวจครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับคุณภาพชีวิตและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในเขตอำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช กลุ่มตัวอย่างคือผู้สูงอายุอายุ 60 ปีขึ้นไป จำนวน 380 คน ซึ่งได้จากการสุ่มแบบแบ่งชั้นตามสัดส่วน เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล ข้อมูลด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพ และแบบวัดคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุ WHOQOL-OLD ขององค์การอนามัยโลก วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา และการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ผลการวิจัยพบว่า ผู้สูงอายุส่วนใหญ่มีคุณภาพชีวิตโดยรวมอยู่ในระดับดี คิดเป็นร้อยละ 89.7 รองลงมาคือระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 10.3 เมื่อพิจารณารายองค์ประกอบ พบว่าด้านการเผชิญหน้ากับความตายมีคุณภาพชีวิตระดับดีมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 92.1 ขณะที่ด้านความสามารถทางการรับรู้มีคุณภาพชีวิตอยู่ในระดับปานกลางมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 44.7 ผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณของปัจจัยด้านบุคคลพบว่า แบบจำลองสามารถอธิบายความแปรปรวนของคุณภาพชีวิตได้ร้อยละ 2.8 ($R^2 = 0.028$) โดยมีเพียงรายได้ที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพชีวิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\beta = -0.091$, $p < 0.05$) ในส่วนของปัจจัยด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพ พบว่าแบบจำลองสามารถอธิบายความแปรปรวนของคุณภาพชีวิตได้ร้อยละ 6.6 ($R^2 = 0.066$) โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ โรคประจำตัว ($p < 0.05$) ระยะเวลาการนอนหลับ ($p < 0.05$) การสูบบุหรี่ ($\beta = -0.192$, $p < 0.01$) การดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ($p < 0.05$) และการออกกำลังกาย ($\beta = 0.043$, $p < 0.05$)

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการส่งเสริมคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุควรมุ่งเน้นการดูแลแบบองค์รวม โดยเฉพาะการส่งเสริมพฤติกรรมสุขภาพที่เหมาะสม การลดพฤติกรรมเสี่ยง และการเสริมสร้างความมั่นคงทางเศรษฐกิจควบคู่กับการสนับสนุนจากครอบครัวและชุมชนในบริบทพื้นที่

คำสำคัญ : คุณภาพชีวิต, ผู้สูงอายุ, ปัจจัยที่มีอิทธิพล

Abstract

This survey research aimed to examine the level of quality of life and factors influencing the quality of life among older adults in Lan Saka District, Nakhon Si Thammarat Province. The sample consisted of 380 older adults aged 60 years and over, selected using proportionate stratified random sampling. Data were collected using a questionnaire covering personal characteristics, health status and health behaviors, and the WHOQOL-OLD quality of life instrument. Data analysis was conducted using descriptive statistics and multiple regression analysis with statistical software.

The results indicated that most older adults had an overall good level of quality of life (89.7%), followed by a moderate level (10.3%). When considering individual domains, the highest proportion of good quality of life was found in the domain of attitudes toward death and dying (92.1%), whereas the cognitive functioning domain showed the highest proportion at a moderate level (44.7%). Multiple regression analysis of personal factors revealed that the model explained 2.8% of the variance in quality of life ($R^2 = 0.028$), with income being the only factor significantly associated with quality of life ($\beta = -0.091$, $p < 0.05$). Regarding health and health behavior factors, the regression model explained 6.6% of the variance in quality of life ($R^2 = 0.066$). Significant predictors included the presence of chronic diseases ($p < 0.05$), sleep duration ($p < 0.05$), smoking ($\beta = -0.192$, $p < 0.01$), alcohol consumption ($p < 0.05$), and physical exercise ($\beta = 0.043$, $p < 0.05$).

These findings suggest that promoting the quality of life among older adults should adopt a holistic approach, with particular emphasis on encouraging healthy behaviors, reducing health-risk behaviors, strengthening economic security, and enhancing support from families and communities within the local context.

Keywords : Quality of life, older adults, factors influencing

บทนำ

ในช่วงครึ่งศตวรรษที่ผ่านมา การสูงวัยของประชากรได้กลายเป็นปรากฏการณ์สำคัญที่เกิดขึ้นทั่วโลก โดยโครงสร้างประชากรมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วไปสู่สังคมที่มีสัดส่วนผู้สูงอายุเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในปี พ.ศ. 2564 โลกมีประชากรประมาณ 7,875 ล้านคน และในจำนวนดังกล่าวเป็นประชากรผู้สูงอายุอายุ 60 ปีขึ้นไปถึง 1,082 ล้านคน คิดเป็นร้อยละ 14 ของประชากรทั้งหมด (มูลนิธิสถาบันวิจัยและพัฒนาผู้สูงอายุไทย, 2564) สะท้อนให้เห็นว่าโลกได้ก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุแล้วอย่างชัดเจน องค์การสหประชาชาติคาดการณ์ว่าสัดส่วนผู้สูงอายุจะเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 15 ภายในปี พ.ศ. 2568 โดยประเทศพัฒนาแล้ว เช่น ประเทศในทวีปยุโรปและอเมริกาเหนือ

ได้เข้าสู่สังคมผู้สูงอายุอย่างสมบูรณ์แล้ว ขณะที่ประเทศกำลังพัฒนารวมถึงประเทศในภูมิภาคอาเซียนมีแนวโน้มเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุอย่างรวดเร็วเช่นเดียวกัน (United Nations, 2017)

การเพิ่มขึ้นของประชากรผู้สูงอายุอย่างต่อเนื่องส่งผลกระทบโดยตรงต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ ตลอดจนภาระงบประมาณภาครัฐในการจัดสวัสดิการและบริการสังคมในหลายด้าน ได้แก่ การศึกษา สุขภาพอนามัย ที่อยู่อาศัย การทำงานและรายได้ ความมั่นคงทางสังคม บริการสังคม และนันทนาการ นอกจากนี้โครงสร้างครอบครัวไทยยังมีการเปลี่ยนแปลงจากครอบครัวขยายไปสู่ครอบครัวขนาดเล็ก โดยมีสมาชิกเฉลี่ยประมาณ 3 คนต่อครอบครัว และมีแนวโน้มการอยู่อาศัยตามลำพังเพิ่มมากขึ้น (รุจา ภู่ไพบูลย์ และคณะ, 2561) ส่งผลให้ประเทศไทยจำเป็นต้องเตรียมความพร้อมเพื่อรองรับสังคมสูงวัยอย่างเป็นระบบ ครอบคลุมทั้งในระดับสังคมผู้สูงอายุและสังคมผู้สูงอายุระดับสุดยอดในทุกมิติ ทั้งด้านเศรษฐกิจ สุขภาพ สภาพแวดล้อม และสังคม ให้สอดคล้องกับทิศทางการพัฒนาประเทศตามยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561–2580) (สำนักนายกรัฐมนตรี, 2561)

การเตรียมความพร้อมของประชากรเพื่อเข้าสู่วัยสูงอายุอย่างมีคุณภาพจึงถือเป็นยุทธศาสตร์สำคัญที่หลายประเทศ รวมถึงประเทศไทยให้ความสำคัญโดยมุ่งส่งเสริมและสนับสนุนในทุกมิติ เพื่อให้ประชากรเมื่อเข้าสู่วัยสูงอายุได้รับความคุ้มครองทางสังคมจากระบบสวัสดิการของรัฐ มีความมั่นคงทางการเงิน มีที่อยู่อาศัยและสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ตลอดจนมีสุขภาพร่างกายและจิตใจที่ดี สามารถดำรงชีวิตหลังวัยเกษียณได้อย่างมีความสุขและมีคุณภาพ ทั้งนี้วัยสูงอายุเป็นช่วงวัยที่มีการเปลี่ยนแปลงทั้งด้านร่างกาย จิตใจ และสังคม โดยการเปลี่ยนแปลงทางร่างกายเกิดจากความเสื่อมตามวัย ส่งผลให้สมรรถภาพการทำงานของร่างกายลดลง เช่น การเคลื่อนไหวช้าลง กำลังกล้ามเนื้อลดลง ระบบประสาทรับความรู้สึกเสื่อมถอย การได้ยินและการมองเห็นลดลง ตลอดจนปัญหาด้านช่องปากและโครงสร้างกระดูก นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงด้านจิตใจ ได้แก่ การรับรู้ ความจำ และความสามารถในการเรียนรู้สิ่งใหม่ ซึ่งอาจส่งผลให้ผู้สูงอายุขาดความมั่นใจในการปรับตัว ขณะที่การเปลี่ยนแปลงด้านสังคมสะท้อนผ่านบทบาททางสังคมที่ลดลง การเปลี่ยนแปลงสถานะจากผู้นำครอบครัวเป็นผู้พึ่งพิง และการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมลดลง ปัจจัยเหล่านี้ล้วนส่งผลต่อความเปราะบาง ความเสี่ยง และคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุโดยรวม (de Castro Ferreira et al., 2022)

องค์การอนามัยโลกให้ความหมายของคุณภาพชีวิตว่าเป็นการรับรู้ของแต่ละบุคคลเกี่ยวกับชีวิตของตนเองภายใต้บริบทของวัฒนธรรม ระบบค่านิยม เป้าหมาย และความคาดหวังในชีวิต โดยครอบคลุมการรับรู้สถานะด้านร่างกาย จิตใจ ความสัมพันธ์ทางสังคม และสิ่งแวดล้อม ดังนั้นผู้สูงอายุที่มีคุณภาพชีวิตที่ดีจึงหมายถึงผู้ที่สามารถดำรงชีวิตได้อย่างผาสุก มีความพึงพอใจ และมีความสุขในบั้นปลายชีวิต ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายด้าน ทั้งด้านสุขภาพกายและจิตใจ สภาพแวดล้อมที่อยู่อาศัย และความสัมพันธ์ในครอบครัวและสังคม (World Health Organization, 2022)

อำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช เป็นพื้นที่กึ่งชนบทที่มีภูมิประเทศเป็นภูเขาและมีทรัพยากรธรรมชาติอุดมสมบูรณ์ ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรมและดำรงชีวิตแบบพึ่งพาตนเอง มีวิถีชีวิตเรียบง่ายและยังคงรักษาความสัมพันธ์ในครอบครัวและชุมชนในรูปแบบดั้งเดิม ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชากรในระดับประเทศรวมถึงการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตและค่านิยมของคนรุ่นใหม่ส่งผลให้ผู้สูงอายุในพื้นที่เริ่มเผชิญกับปัญหา

ทางร่างกาย จิตใจ และสังคมเพิ่มมากขึ้น การศึกษาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในอำเภอลานสกาจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการสะท้อนปัญหา ความต้องการ และศักยภาพของผู้สูงอายุในพื้นที่อย่างแท้จริง อันจะนำไปสู่การวางแผนและกำหนดแนวทางพัฒนาคุณภาพชีวิตในระดับท้องถิ่นที่สอดคล้องกับบริบทของพื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพและสอดรับกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ **13** ซึ่งมุ่งเน้นการพัฒนาคนในทุกช่วงวัย ลดความเหลื่อมล้ำในการเข้าถึงบริการ และเสริมสร้างศักยภาพการดูแลประชากรสูงวัยให้สามารถดำรงชีวิตได้อย่างมีศักดิ์ศรี ไม่เป็นภาระต่อครอบครัวและสังคม

วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ผู้สูงอายุทั้งเพศชายและเพศหญิง สัญชาติไทย อายุ 60 ปีขึ้นไป ที่อาศัยอยู่ในเขต 5 ตำบลของอำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช จำนวนทั้งสิ้น 7,611 คน กลุ่มตัวอย่างได้จากการคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างตามสูตรของทาโร ยามาเน่ (Taro Yamane) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 380 คน

การสุ่มตัวอย่างดำเนินการโดยใช้วิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้นตามสัดส่วน (Proportionate Stratified Random Sampling) โดยกำหนดตำบลเป็นชั้นภูมิ (Strata) และจัดสรรจำนวนกลุ่มตัวอย่างในแต่ละตำบลตามสัดส่วนของจำนวนผู้สูงอายุในตำบลนั้น จากนั้นจึงทำการสุ่มตัวอย่างแบบสุ่มอย่างง่ายภายในแต่ละตำบล เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างมีความเป็นตัวแทนของประชากรผู้สูงอายุในพื้นที่ศึกษาอย่างเหมาะสม

ระยะเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ดำเนินการในช่วงเดือนสิงหาคม–กันยายน พ.ศ. 2568 โดยผู้วิจัยลงพื้นที่เก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุในเขตอำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช ตามขั้นตอนที่กำหนด

การพิทักษ์สิทธิ์ของผู้เข้าร่วมการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โดยผู้วิจัยได้ชี้แจงวัตถุประสงค์และขั้นตอนการวิจัยแก่ผู้เข้าร่วมการวิจัยอย่างชัดเจน ผู้เข้าร่วมการวิจัยให้ความยินยอมโดยสมัครใจ มีสิทธิ์ถอนตัวได้ตลอดเวลา ข้อมูลที่ได้รับจะถูกเก็บรักษาเป็นความลับและนำเสนอในภาพรวมเพื่อประโยชน์ทางวิชาการเท่านั้น โดยมีเกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าและออกจากการวิจัย ดังนี้

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าสู่การวิจัย (Inclusion criteria)

ผู้สูงอายุทั้งเพศชายและเพศหญิง สัญชาติไทย อายุ 60 ปีขึ้นไป ที่อาศัยอยู่ในอำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช มีสภาวะสุขภาพกายและจิตใจที่สามารถสื่อสารและให้ข้อมูลได้ และสมัครใจเข้าร่วมการวิจัย

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัย

ผู้ที่อาศัยอยู่นอกเขตอำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช มีอายุต่ำกว่า 60 ปี มีภาวะสุขภาพหรือสภาพจิตใจที่ไม่สามารถให้ข้อมูลได้ หรือไม่ยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพสมรส ระดับการศึกษา รายได้ ลักษณะครอบครัว และความสัมพันธ์กับคนในครอบครัว

ตอนที่ 2 ข้อมูลด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพ ได้แก่ ดัชนีมวลกาย (น้ำหนัก/ส่วนสูง) โรคประจำตัว การนอนหลับ การสูบบุหรี่ การดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ และการออกกำลังกาย

ตอนที่ 3 แบบวัดคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ ซึ่งใช้แบบสอบถาม **WHOQOL-OLD** ขององค์การอนามัยโลก ซึ่งประกอบด้วย 6 องค์ประกอบ ได้แก่

1. ความสามารถทางการรับรู้
2. ความเป็นตัวของตัวเอง
3. ความสำเร็จและความคาดหวังในอดีต ปัจจุบัน และอนาคต
4. การมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม
5. การเผชิญหน้ากับความตาย
6. การมีปฏิสัมพันธ์กับบุคคลใกล้ชิด

แต่ละองค์ประกอบมีข้อคำถามจำนวน 4 ข้อ รวมทั้งสิ้น 24 ข้อ เป็นแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า (Likert scale) 5 ระดับ โดยกำหนดคะแนนตามลักษณะของข้อคำถาม ซึ่งข้อคำถามเชิงบวกให้คะแนนตั้งแต่ 1–5 ตามระดับคำตอบจากน้อยที่สุดถึงมากที่สุดตามลำดับ ส่วนข้อคำถามเชิงลบให้คะแนนในทิศทางตรงกันข้าม

การแปลผลคะแนนแบ่งระดับคุณภาพชีวิตออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ คุณภาพชีวิตไม่ดี (คะแนน 24–56) คุณภาพชีวิตระดับปานกลาง (คะแนน 57–89) และคุณภาพชีวิตระดับดี (คะแนน 90–120)

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

แบบสอบถามที่ใช้ในการวิจัยได้รับการตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา (Content Validity) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและความสอดคล้องของข้อคำถามกับวัตถุประสงค์การวิจัย จากนั้นนำไปปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้จริง การตรวจสอบความเชื่อมั่นของเครื่องมือ (Reliability) ดำเนินการโดยนำแบบสอบถามไปทดลองใช้กับกลุ่มที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง แต่ไม่อยู่ในพื้นที่ศึกษา และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach’s alpha coefficient) พบว่ามีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.84 ซึ่งอยู่ในระดับดีและเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่ออธิบายลักษณะข้อมูลส่วนบุคคล สุขภาพ พฤติกรรมสุขภาพ และระดับคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ และใช้สถิติเชิงอนุมานโดยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Linear Regression Analysis) ด้วยวิธี Enter โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ เพื่อศึกษาปัจจัยด้านบุคคล รวมถึงปัจจัยด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในเขตอำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช ทั้งนี้กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลตามแบบสอบถาม สามารถสรุปผลการวิจัยได้ ดังนี้

1. ด้านข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 67.1 และเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 32.9 มีอายุอยู่ในช่วง 60–90 ปี โดยกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุ 60–69 ปี คิดเป็นร้อยละ 61.8 มีอายุเฉลี่ย 68.96 ปี ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 7.04 ปี และมีมัธยฐานเท่ากับ 60 ปี ด้านสถานภาพสมรส พบว่าส่วนใหญ่มีสถานภาพสมรส คิดเป็นร้อยละ 68.7 รองลงมาคือหม้ายหรือหย่าแยกกันอยู่ คิดเป็นร้อยละ 17.9 และโสด คิดเป็นร้อยละ 13.4 สำหรับระดับการศึกษา กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษา คิดเป็นร้อยละ 52.6 รองลงมาคือระดับมัธยมศึกษาตอนต้น คิดเป็นร้อยละ 19.2 ด้านรายได้ พบว่าส่วนใหญ่มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนต่ำกว่า 3,000 บาท และ 3,001–5,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 45.5 และ 46.3 ตามลำดับ ในด้านลักษณะการอยู่อาศัย พบว่าส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในครอบครัวขยาย คิดเป็นร้อยละ 33.9 รองลงมาคือการอยู่อาศัยกับบุตรหลาน คิดเป็นร้อยละ 27.6 ขณะที่ความสัมพันธ์กับคนในครอบครัว ส่วนใหญ่อยู่ในระดับดีมาก คิดเป็นร้อยละ 54.2 รองลงมาคือระดับดี คิดเป็นร้อยละ 36.8 และระดับพอใช้ คิดเป็นร้อยละ 8.9 ทั้งนี้รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละด้านข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง

พื้นฐานข้อมูลส่วนบุคคล	จำนวน	ร้อยละ
เพศ		
หญิง	125	32.9
ชาย	255	67.1
อายุ		
60-69	235	61.8
70-79	104	27.4
80-99	41	10.8
เฉลี่ย = 68.96 ปี		
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 7.04 ปี มัธยฐาน = 60 ปี อายุต่ำสุด-อายุสูงสุด = 60 – 90 ปี		
สถานภาพสมรส		
โสด	51	13.4
สมรส	261	68.7
หม้าย/หย่าแยกกันอยู่	68	17.9

ระดับการศึกษา		
ไม่ได้เรียนหนังสือ	41	10.9
ประถมศึกษา	200	52.6
มัธยมศึกษาตอนต้น	73	19.2
มัธยมศึกษาตอนปลาย	58	15.3
อาชีวศึกษา/ปวช./ปวส.	3	4.2
อุดมศึกษา (ปริญญาตรีขึ้นไป)	5	1.3
รายได้เฉลี่ยต่อเดือน		
ต่ำกว่า 3,000 บาท	173	45.5
3,001 – 5,000 บาท	176	46.3
5,001 – 10,000 บาท	23	6.1
มากกว่า 10,000 บาท	8	2.1
ลักษณะการอยู่อาศัย		
อาศัยอยู่คนเดียว	10	2.6
อยู่กับคู่สมรส	57	22.9
อยู่กับบุตรหลาน	154	27.6
อยู่กับครอบครัวขยาย (หลายรุ่น เช่น พ่อแม่ ลูก หลาน)	129	33.9
อื่นๆ	-	-
ความสัมพันธ์กับคนในครอบครัว		
ดีมาก	206	54.2
ดี	140	36.8
พอใช้	34	8.9
ค่อนข้างน้อย	-	-
ไม่ดีเลย	-	-

2. ด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพของกลุ่มตัวอย่าง ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีดัชนีมวลกายอยู่ในเกณฑ์ปกติ คิดเป็นร้อยละ 45.0 รองลงมาคืออ้วนระดับ 1 คิดเป็นร้อยละ 29.2 และน้ำหนักเกิน คิดเป็นร้อยละ 12.4 ขณะที่กลุ่มที่มีดัชนีมวลกายต่ำกว่าเกณฑ์และอ้วนระดับ 2 คิดเป็นร้อยละ 9.2 และ 4.2 ตามลำดับ ในด้านภาวะสุขภาพ พบว่า กลุ่มตัวอย่างมากกว่าครึ่งไม่มีโรคประจำตัว คิดเป็นร้อยละ 54.2 ส่วนผู้ที่มีโรคประจำตัวพบว่าโรคความดันโลหิตสูงเป็นโรคที่พบมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 21.1 รองลงมาคือโรคเบาหวานและไขมันในเลือดสูง คิดเป็นร้อยละ 8.7 เท่ากัน สำหรับพฤติกรรมการนอนหลับ พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่นอนหลับเฉลี่ย 4–6 ชั่วโมงต่อคืน คิดเป็นร้อยละ 41.8 รองลงมาคือ 7–8 ชั่วโมงต่อคืน คิดเป็นร้อยละ 31.3 ขณะที่

กลุ่มที่นอนหลับน้อยกว่า 4 ชั่วโมง และมากกว่า 8 ชั่วโมง คิดเป็นร้อยละ 13.7 และ 13.2 ตามลำดับ ด้านพฤติกรรมสุขภาพอื่น ๆ พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ไม่เคยสูบบุหรี่ คิดเป็นร้อยละ 82.4 และไม่เคยดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ คิดเป็นร้อยละ 85.5 สำหรับการออกกำลังกาย พบว่าส่วนใหญ่ออกกำลังกาย 3–5 วันต่อสัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 32.6 รองลงมาคือไม่ออกกำลังกาย คิดเป็นร้อยละ 27.1 และออกกำลังกายน้อยกว่า 3 วันต่อสัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 22.1 ทั้งนี้ รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 จำนวนและร้อยละด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพ

สุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพ	จำนวน	ร้อยละ
ดัชนีมวลกาย		
ผอม (BMI < 18.5 กก./ตร.ม.)	35	9.2
ปกติ (BMI 18.5 – 22.90 กก./ตร.ม.)	171	45.0
น้ำหนักเกิน (BMI 23 – 24.90 กก./ตร.ม.)	47	12.4
อ้วนระดับ 1 (BMI 25 – 29.90 กก./ตร.ม.)	111	29.2
อ้วนระดับ 2 (BMI 30 กก./ตร.ม.ขึ้นไป)	16	4.2
มีโรคประจำตัว		
ไม่มี	206	54.2
โรคความดันโลหิตสูง	80	21.1
โรคเบาหวาน	33	8.7
โรคหัวใจ	21	5.5
ต้อกระจกตา	4	1.1
ไขมันในเลือดสูง	33	8.7
อื่นๆ	3	0.8
ระยะเวลาการนอนหลับโดยเฉลี่ยต่อคืน		
น้อยกว่า 4 ชั่วโมง	52	13.7
4 – 6 ชั่วโมง	159	41.8
7 – 8 ชั่วโมง	119	31.3
มากกว่า 8 ชั่วโมง	50	13.2
การสูบบุหรี่		
ไม่เคยสูบ	313	82.4
เคยสูบ แต่เลิกแล้ว	19	5.0
สูบเป็นประจำ	35	9.2
สูบบางครั้ง	13	3.4

การดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์		
ไม่เคยดื่ม	325	85.5
เคยดื่ม แต่เบิกแล้ว	15	3.9
สุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพ	**จำนวน**	**ร้อยละ**
ดื่มเป็นประจำ	20	5.3
ดื่มบางครั้ง	20	5.3
การออกกำลังกาย		
ไม่ออกกำลังกาย	103	27.1
ออกกำลังกายน้อยกว่า 3 วันต่อสัปดาห์	84	22.1
ออกกำลังกาย 3 - 5 วันต่อสัปดาห์	124	32.6
ออกกำลังกายมากกว่า 5 วันต่อสัปดาห์	69	18.2

3. ระดับคุณภาพชีวิตทั้งในภาพรวมและรายองค์ประกอบ ผลการวิจัยพบว่า ผู้สูงอายุส่วนใหญ่มีคุณภาพชีวิตโดยรวมอยู่ในระดับดี คิดเป็นร้อยละ 89.7 รองลงมาคือระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 10.3 และไม่พบผู้สูงอายุที่มีคุณภาพชีวิตอยู่ในระดับไม่ดี เมื่อพิจารณาคุณภาพชีวิตรายองค์ประกอบ พบว่า ผู้สูงอายุส่วนใหญ่มีคุณภาพชีวิตอยู่ในระดับดีเกือบทุกด้าน โดยด้านการเผชิญหน้ากับความตายมีสัดส่วนผู้สูงอายุที่มีคุณภาพชีวิตระดับดีมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 92.1 รองลงมาคือด้านการมีปฏิสัมพันธ์กับคนใกล้ชิด คิดเป็นร้อยละ 91.1 และด้านการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม คิดเป็นร้อยละ 78.4 ทั้งนี้ด้านความสามารถทางการรับรู้พบว่า ผู้สูงอายุส่วนใหญ่อยู่ในระดับคุณภาพชีวิตปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 44.7 รองลงมาคือระดับดี คิดเป็นร้อยละ 30.8 และระดับไม่ดี คิดเป็นร้อยละ 24.5 ซึ่งแตกต่างจากองค์ประกอบอื่น ๆ ที่มีคุณภาพชีวิตระดับดีเป็นส่วนใหญ่ รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 จำนวนและร้อยละของผู้สูงอายุกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามระดับคุณภาพชีวิตในภาพรวมและรายองค์ประกอบ

องค์ประกอบคุณภาพชีวิต	**คุณภาพชีวิตไม่ดี**	**คุณภาพชีวิตระดับปานกลาง**	**คุณภาพชีวิตระดับดี**
1. ความสามารถทางการรับรู้	93 (24.5)	170 (44.7)	117 (30.8)
2. ความเป็นตัวของตัวเอง	6 (1.6)	83 (21.8)	291 (76.6)
3. ความสำเร็จและความคาดหวังในอดีต ปัจจุบัน และอนาคต	0 (0.0)	84 (22.1)	296 (77.9)
4. การมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม	2 (0.5)	80 (21.1)	298 (78.4)
5. การเผชิญหน้ากับความตาย	4 (1.1)	26 (6.8)	350 (92.1)
6. การมีปฏิสัมพันธ์กับคนใกล้ชิด	5 (1.3)	29 (7.6)	346 (91.1)
ภาพรวม	**0 (0.0)**	**39 (10.3)**	**341 (89.7)**

4. ผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณของปัจจัยด้านบุคคลที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในเขตอำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช ผลการวิจัยพบว่า แบบจำลองการถดถอยพหุคูณสามารถอธิบายความแปรปรวนของคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุได้ร้อยละ 2.8 ($R^2 = 0.028$) และเมื่อปรับค่าความแปรปรวนแล้วเท่ากับร้อยละ 1.2 (Adj. $R^2 = 0.012$) โดยแบบจำลองโดยรวมไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F = 1.776$, $p = 0.103$) เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านบุคคลเป็นรายตัวแปร พบว่า รายได้ เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($\beta = -0.091$, $p = 0.040$) โดยมีความสัมพันธ์ในทิศทางลบ ขณะที่ปัจจัยด้านบุคคลอื่น ๆ ได้แก่ เพศ สถานภาพสมรส ระดับการศึกษา ลักษณะการอยู่อาศัย และความสัมพันธ์กับคนในครอบครัว ไม่พบว่ามีอิทธิพลต่อคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ สามารถเขียนสมการถดถอยในรูปคะแนนดิบ เพื่อพยากรณ์คุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในเขตอำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช ได้ดังนี้

คุณภาพชีวิต=16.906 + 0.526(เพศ) + 0.160(สถานภาพ) + 0.006(ระดับการศึกษา) − 0.308(รายได้) − 0.140(ลักษณะการอยู่อาศัย) − 0.197(ความสัมพันธ์)

รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) ของปัจจัยด้านบุคคลต่อคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในเขตอำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช

	B	S.E.	β	t	Sig
ค่าคงที่	16.906	0.858		19.713	0.000
เพศ (หญิง = กลุ่มอ้างอิง)	0.526	0.255	0.106	2.058	0.079
สถานภาพสมรส (สมรส = กลุ่มอ้างอิง)	0.160	0.217	0.038	0.735	0.463
ระดับการศึกษา (ระดับคะแนน)	0.006	0.122	0.002	0.048	0.962
รายได้ (ระดับคะแนน)	-0.308	0.175	-0.091	-1.761	0.040*
ลักษณะการอยู่อาศัย (อยู่กับครอบครัว = กลุ่มอ้างอิง)	-0.140	0.147	-0.049	-0.954	0.341
ความสัมพันธ์กับครอบครัว (ระดับคะแนน)	-0.197	0.185	-0.055	-1.065	0.288
$R^2 = 0.028$ Adj.$R^2 = 0.012$ $F = 1.776$ Sig = 0.103					

หมายเหตุ: กำหนดให้เพศหญิง สถานภาพสมรส และการอยู่อาศัยกับครอบครัวเป็นกลุ่มอ้างอิง ตัวแปรอื่นเป็นระดับคะแนน และ *มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5. ผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณของปัจจัยด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในเขตอำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช ผลการวิจัยพบว่า แบบจำลองการถดถอยพหุคูณสามารถอธิบายความแปรปรวนของคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุได้ร้อยละ 6.6 ($R^2 = 0.066$) และเมื่อปรับค่าความแปรปรวนแล้วเท่ากับร้อยละ 5.1 (Adj. $R^2 = 0.051$) โดยแบบจำลองโดยรวมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F = 4.415$, $p < 0.001$)

เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพเป็นรายตัวแปร พบว่า โรคประจำตัว ระยะเวลาการนอนหลับโดยเฉลี่ยต่อคืน การสูบบุหรี่ การดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ และการออกกำลังกาย มีอิทธิพลต่อคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอ้างอิง พบว่า ผู้สูงอายุที่มีโรคประจำตัว มีพฤติกรรมการสูบบุหรี่ และการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ มีแนวโน้มที่จะมีคะแนนคุณภาพชีวิตลดลง ขณะที่การออกกำลังกายมีความสัมพันธ์กับคุณภาพชีวิตในทิศทางบวก นอกจากนี้ระยะเวลาการนอนหลับโดยเฉลี่ยต่อคืนมีความสัมพันธ์กับคุณภาพชีวิตในทิศทางลบ ส่วนดัชนีมวลกายไม่พบว่ามีอิทธิพลต่อคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณของปัจจัยด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพ สามารถเขียนสมการถดถอยในรูปคะแนนดิบ เพื่อพยากรณ์คุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในเขตอำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช ได้ดังนี้

คุณภาพชีวิต = 17.711 + 0.085(ดัชนีมวลกาย) + 0.007(โรคประจำตัว) – 0.101(ระยะเวลาการนอนหลับ) – 0.573(การสูบบุหรี่) – 0.222(การดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์) + 0.095(การออกกำลังกาย)

รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) ของปัจจัยด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพต่อคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในเขตอำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช

	B	S.E.	β	t	Sig
ค่าคงที่	17.711	.545		32.475	.000
ดัชนีมวลกาย (ระดับคะแนน)	0.085	0.107	0.040	0.796	0.426
โรคประจำตัว (ไม่มี = กลุ่มอ้างอิง)	0.007	0.075	0.005	0.097	0.023*
ระยะเวลาการนอนหลับโดยเฉลี่ยต่อคืน (ระดับคะแนน)	-0.101	0.143	-0.038	-0.709	0.047*
การสูบบุหรี่ (ไม่สูบ = กลุ่มอ้างอิง)	-0.573	0.190	-0.192	-3.017	0.003*
การดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ (ไม่ดื่ม = กลุ่มอ้างอิง)	-0.222	0.179	-0.076	-1.240	0.021*
การออกกำลังกาย (ระดับคะแนน)	0.095	0.122	0.043	0.785	0.043*
R^2 = 0.066 Adj.R^2 = 0.051 F = 4.415 Sig = 0.000*					

หมายเหตุ: กำหนดให้การไม่มีโรคประจำตัว การไม่สูบบุหรี่ และการไม่ดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์เป็นกลุ่มอ้างอิง ตัวแปรอื่นเป็นระดับคะแนน และ *มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

วิจารณ์ผล

ผลการวิจัยครั้งนี้สะท้อนให้เห็นว่า ผู้สูงอายุในเขตอำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช มีคุณภาพชีวิตโดยรวมอยู่ในระดับดีเป็นส่วนใหญ่ ทั้งในภาพรวมและรายองค์ประกอบ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดคุณภาพชีวิตขององค์การอนามัยโลกที่มองว่าคุณภาพชีวิตเป็นผลจากการรับรู้ของบุคคลต่อสภาพแวดล้อม ความสัมพันธ์ทางสังคม และบริบททางวัฒนธรรมที่ตนดำรงชีวิตอยู่ (World Health Organization, 1997) ผลการวิจัยยังสอดคล้องกับ

งานวิจัยหลายฉบับในบริบทสังคมไทยที่พบว่า ผู้สูงอายุที่อาศัยอยู่ร่วมกับครอบครัวและมีความสัมพันธ์ที่ดีกับสมาชิกในครอบครัว มักมีคุณภาพชีวิตอยู่ในระดับดี เนื่องจากได้รับการสนับสนุนทางอารมณ์ สังคม และการดูแลในชีวิตประจำวัน (รัชนีพรรณ วังสาร และคณะ, 2567; สุนทร หาญศึก, 2567; จุฑาทิพย์ ชนชนะกุล และคณะ, 2565)

ทั้งนี้ผลการวิจัยพบว่า ด้านความสามารถทางการรับรู้เป็นองค์ประกอบที่ผู้สูงอายุมีคุณภาพชีวิตอยู่ในระดับปานกลางมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงตามวัย (Aging Process Theory) ที่อธิบายว่าการเสื่อมถอยด้านความจำ ความเร็วในการคิด และความสามารถในการเรียนรู้เป็นการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติของวัยสูงอายุ (Baltes & Baltes, 1990) รวมทั้งสอดคล้องกับงานวิจัยของวรวรรณ สุภาตา และคณะ (2567) ที่พบว่าปัญหาด้านการรับรู้เป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ แม้จะมีการสนับสนุนจากครอบครัวและชุมชนก็ตาม ผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณของปัจจัยด้านบุคคล พบว่า รายได้เป็นปัจจัยด้านบุคคลเพียงตัวเดียวที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีความสัมพันธ์ในทิศทางลบ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีความต้องการพื้นฐานของมนุษย์ของมาสโลว์ (Maslow’s Hierarchy of Needs) ที่ชี้ว่าความมั่นคงทางเศรษฐกิจเป็นพื้นฐานสำคัญต่อความเป็นอยู่และความพึงพอใจในชีวิต งานวิจัยในประเทศไทยและต่างประเทศพบว่าผู้สูงอายุที่มีรายได้จำกัดมักมีคุณภาพชีวิตต่ำกว่า เนื่องจากข้อจำกัดในการเข้าถึงบริการด้านสุขภาพ การดูแลตนเอง และกิจกรรมทางสังคม (Thornton & Bowers, 2024; พิเชษฐ์ จั่นแก้ว และคณะ, 2566) ขณะที่ปัจจัยด้านบุคคลอื่น ๆ เช่น เพศ สถานภาพสมรส และระดับการศึกษา ไม่พบอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอาจสะท้อนว่าบริบทชุมชนท้องถิ่นสามารถลดความแตกต่างของปัจจัยส่วนบุคคลเหล่านี้ได้

ในส่วนของปัจจัยด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพ ผลการวิจัยพบว่า แบบจำลองสามารถอธิบายความแปรปรวนของคุณภาพชีวิตได้มากกว่าปัจจัยด้านบุคคล และมีหลายปัจจัยที่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ โรคประจำตัว ระยะเวลาการนอนหลับ การสูบบุหรี่ การดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ และการออกกำลังกาย ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด Health-Related Quality of Life (HRQOL) ที่มองว่าสุขภาพกายและพฤติกรรมสุขภาพมีบทบาทโดยตรงต่อการรับรู้คุณภาพชีวิตของบุคคล (Centers for Disease Control and Prevention, 2000) โดยเฉพาะการสูบบุหรี่และการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ที่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพชีวิตในทิศทางลบ สอดคล้องกับงานวิจัยของ World Health Organization (2019) ที่ระบุว่าพฤติกรรมเสี่ยงดังกล่าวส่งผลกระทบต่อสุขภาพกาย สุขภาพจิต และการดำรงชีวิตของผู้สูงอายุอย่างมีนัยสำคัญ ขณะเดียวกันการออกกำลังกายมีความสัมพันธ์กับคุณภาพชีวิตในทิศทางบวก ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีกิจกรรม (Activity Theory) ที่อธิบายว่าการคงไว้ซึ่งกิจกรรมทางกายและสังคมช่วยให้ผู้สูงอายุมีความพึงพอใจในชีวิตและคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น (Havighurst, 1961) นอกจากนี้ระยะเวลาการนอนหลับที่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพชีวิตในทิศทางลบ สอดคล้องกับงานวิจัยของอภิสิทธิ์ อ้วนวงษ์ และคณะ (2566) ที่ชี้ว่าปัญหาการนอนหลับในผู้สูงอายุส่งผลต่อสมรรถภาพทางกาย อารมณ์ และการดำเนินชีวิตประจำวัน ซึ่งควรได้รับการดูแลควบคู่กับการส่งเสริมพฤติกรรมสุขภาพด้านอื่น ๆ

โดยสรุปผลการวิจัยครั้งนี้สนับสนุนแนวคิดและงานวิจัยเดิมที่ชี้ให้เห็นว่า คุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุเป็นผลจากปัจจัยหลายมิติ ทั้งด้านเศรษฐกิจ สุขภาพ พฤติกรรมสุขภาพ และบริบททางสังคม ดังนั้น การพัฒนานโยบายและมาตรการส่งเสริมคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุควรมุ่งเน้นการเสริมสร้างความมั่นคงทางรายได้ การส่งเสริมพฤติกรรม

สุขภาพที่เหมาะสม และการดูแลสุขภาพแบบองค์รวม โดยคำนึงถึงบริบทชุมชนและวิถีชีวิตของผู้สูงอายุในพื้นที่เป็นสำคัญ

สรุปผล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพชีวิตและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในเขตอำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช ผลการวิจัยพบว่า ผู้สูงอายุส่วนใหญ่มีคุณภาพชีวิตโดยรวมอยู่ในระดับดี และเมื่อพิจารณารายองค์ประกอบ พบว่าคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุอยู่ในระดับดีเกือบทุกด้าน ยกเว้นด้านความสามารถทางการรับรู้ซึ่งอยู่ในระดับปานกลางมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับองค์ประกอบอื่น ในด้านข้อมูลส่วนบุคคล กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีอายุเฉลี่ยประมาณ 69 ปี ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุ 60–69 ปี มีสถานภาพสมรส สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษา มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนต่ำกว่า 5,000 บาท และอาศัยอยู่ร่วมกับครอบครัว โดยมีความสัมพันธ์กับคนในครอบครัวอยู่ในระดับดีถึงดีมาก สะท้อนถึงบริบททางสังคมและครอบครัวที่เอื้อต่อการดำรงชีวิตของผู้สูงอายุในพื้นที่ศึกษา

ผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณของปัจจัยด้านบุคคล พบว่า รายได้เป็นปัจจัยด้านบุคคลเพียงตัวเดียวที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีความสัมพันธ์ในทิศทางลบ ขณะที่ปัจจัยด้านบุคคลอื่น ๆ ได้แก่ เพศ สถานภาพสมรส ระดับการศึกษา ลักษณะการอยู่อาศัย และความสัมพันธ์กับคนในครอบครัว ไม่พบว่ามีอิทธิพลต่อคุณภาพชีวิตอย่างมีนัยสำคัญ

ในส่วนของปัจจัยด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพ พบว่า แบบจำลองการถดถอยพหุคูณสามารถอธิบายความแปรปรวนของคุณภาพชีวิตได้มากกว่าปัจจัยด้านบุคคล โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุอย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ โรคประจำตัว ระยะเวลาการนอนหลับ การสูบบุหรี่ การดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ และการออกกำลังกาย ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าการมีภาวะสุขภาพที่ดีและพฤติกรรมสุขภาพที่เหมาะสมมีบทบาทสำคัญต่อการส่งเสริมคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ

โดยสรุปผลการวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุควรมุ่งเน้นการดูแลแบบองค์รวม ครอบคลุมทั้งด้านเศรษฐกิจ สุขภาพ และพฤติกรรมสุขภาพ ควบคู่กับการสนับสนุนจากครอบครัวและชุมชน เพื่อให้ผู้สูงอายุสามารถดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพและมีศักดิ์ศรีในสังคม

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่องนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่กรุณาให้ข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนางานวิจัยให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอขอบคุณหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่อำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่ให้ความร่วมมือและอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูล ตลอดจนขอขอบคุณผู้สูงอายุทุกท่านที่กรุณาให้ข้อมูลและสละเวลาเข้าร่วมการวิจัย ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้งานวิจัยครั้งนี้บรรลุวัตถุประสงค์ตามที่กำหนดไว้ ที่สำคัญผู้วิจัยขอขอบคุณ ดร.หยดฟ้า ราชมณี อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิจัย ครอบครัว

เพื่อนร่วมงาน และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ให้การสนับสนุน กำลังใจ และความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาการดำเนินการวิจัยมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

จุฑาทิพย์ ชนชนะกุล, ทองฟู ศิริวงศ์, และ สมพล ทุ่งหว้า. (2565). *ปัจจัยสนับสนุนทางสังคมส่งผลต่อคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุในเขตตำบลท่ากกแดง อำเภอเซกา จังหวัดบึงกาฬ ในช่วงสถานการณ์โควิด-19*. วารสารแก่นสารวิชาการ, 7(11), 452–467.

พิเชษฐ์ จั่นแก้ว, อุทิศ ดวงผาสุก, และ บรรณทวรรณ หิรัญเคราะห์. (2566). *ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุ อำเภอบางคนที จังหวัดสมุทรสงคราม*. วารสารวิจัยเพื่อการส่งเสริมสุขภาพและคุณภาพชีวิต, 3(2), 60–71.

มูลนิธิสถาบันวิจัยและพัฒนาผู้สูงอายุไทย. (2564). *สถานการณ์ผู้สูงอายุไทย พ.ศ. 2564*. มูลนิธิสถาบันวิจัยและพัฒนาผู้สูงอายุไทย.

รุจา ภูไพบูลย์, ดารุณี จงอุดมการณ์, ถวัลย์ เนียมทรัพย์, จิตตินันท์ เดชะคุปต์, ระพีพรรณ คำหอม, จินตนา วัชรสินธุ์, และคณะ. (2561). *การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างครอบครัวไทยตามวงจรชีวิต: การศึกษาเบื้องต้น*. วารสารประชากรศาสตร์, 34(1), 58–71.

รัชนีพรรณ วังสาร, กนกวรรณ วรชินา, และ จันทร์จิรา พรมอินทร์. (2567). *ครอบครัวกับการส่งเสริมคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุ*. วารสารสุขศึกษา, 47(2), 1–14.

วรวรรณ สุภาตา, และ สุกัญญา บัวศรี. (2567). *ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิงในเขตอำเภอเมือง*. วารสารวิจัยการพยาบาลและสุขภาพ, 25(2), 60–71.

สำนักนายกรัฐมนตรี. (2561). *ประกาศเรื่องยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ. 2561–2580)*. ราชกิจจานุเบกษา, 135(82ก), 1–74.

สุนทร หาญศึก. (2567). *ปัจจัยทำนายคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุตำบลรุง อำเภอกันทรลักษ์ จังหวัดศรีสะเกษ*. วารสารวิจัยและพัฒนาสุขภาพศรีสะเกษ, 3(1), 245–258.

อภิสิทธิ์ อ้วนวงษ์, และ เบญจา มุกตพันธุ์. (2566). *คุณภาพการนอนหลับ และปัจจัยที่สัมพันธ์กับคุณภาพการนอนหลับของผู้สูงอายุ อำเภอบ้านฝาง จังหวัดขอนแก่น*. วารสารวิจัยสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 16(4), 145–158.

de Castro Ferreira, L., da Conceição Araújo, M., dos Santos Tavares, D. M., & Bolina, A. F. (2022). Quality of life and social vulnerability of older adults in the urban community: A cross-sectional study. *Geriatric Nursing*, 46, 46–51.

Thornton, M., & Bowers, K. (2024). *Poverty in older adulthood: A health and social crisis*. Online Journal of Issues in Nursing, 29(1). https://doi.org/10.3912/OJIN.Vol29No01Man03

United Nations. (2017). *World population projected to reach 9.8 billion in 2050 and 11.2 billion*

in 2100, says UN. United Nations Department of Economic and Social Affairs. Available: https://www.un.org/sustainabledevelopment/blog/2017/06/world-population-projected-to-reach-9-8-billion-in-2050-and-11-2-billion-in-2100-says-un. Accessed Jul.9, 2025.

World Health Organization. (2022). *World mental health report: Transforming mental health for all*. World Health Organization.

ผลของการบูรณาการนวดไทยร่วมกับสุคนธบำบัดตำรับพิกัดตรีชาติต่อคุณภาพชีวิตและความพึงพอใจของผู้ป่วยไมเกรน

Effects of Integrating Thai Massage with Trichat Aroma Therapy on Quality of Life and Satisfaction among Migraine Patients

จริยา สีทา[1,2], ปราณี ศรีราช[1], จตุพร ประทุมเทศ[1] และ รัชฎาวรรณ อรรคนิมาตย์[1*]

Jariya Srita[1,2], Pranee Sriraj[1], Jatuporn Pathumtat[1] and Ratchadawan Aukkanimart[1*]

[1]หลักสูตรการแพทย์แผนไทยมหาบัณฑิต สาขาแพทย์แผนไทย คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร อำเภอพังโคน จังหวัดสกลนคร 47160

[2]โรงพยาบาลพระอาจารย์ฝั้น อาจาโร อำเภอพรรณานิคม จังหวัดสกลนคร 47130

[1]Faculty of Natural Resources, Rajamangala University of Technology Isan, Sakon Nakhon Campus, Phang Khon District, Sakon Nakhon 47160, Thailand

[2]Phra Arjarn Fhan Arjaro Hospital, Phanna Nikhom District, Sakon Nakhon 47130, Thailand

*Corresponding author E-mail: Ratchadawan.au@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงทดลองแบบวัดผลก่อนและหลังการทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิผลของการนวดไทยร่วมกับการสูดดมน้ำมันหอมระเหยตำรับพิกัดตรีชาติ (ดอกจันทน์ กระวาน และอบเชย) ต่อคุณภาพชีวิตและความพึงพอใจของผู้ป่วยไมเกรน กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ป่วยที่ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคไมเกรน ณ โรงพยาบาลพระอาจารย์ฝั้น อาจาโร จำนวน 25 ราย ผู้เข้าร่วมการวิจัยได้รับการนวดไทยแบบราชสำนักด้วยเทคนิคแก้ลมปะกัง ครั้งละ 45 นาที (นวด 35 นาที และประคบสมุนไพร 10 นาที) จำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ และได้รับการสูดดมน้ำมันหอมระเหยตำรับพิกัดตรีชาติ 15 นาทีก่อนนอนทุกวันตลอดช่วงการทดลอง ประเมินผลก่อนและหลังการทดลองด้วยแบบประเมินคุณภาพชีวิต EQ-5D-5L และแบบประเมินความพึงพอใจ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ Repeated Measures ANOVA กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$ ผลการศึกษาพบว่า หลังการรักษา 14 วัน คะแนนคุณภาพชีวิตเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจาก 4.47±0.13 เป็น 4.93±0.09 ($p<0.001$) ระดับความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (4.73±0.32) โดยด้านที่มีคะแนนสูงสุด ได้แก่ ด้านการผ่อนคลายระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (4.84±0.37) และด้านความเชื่อมั่นในการรักษา (4.80±0.41) สรุปได้ว่า การบูรณาการนวดไทยร่วมกับการสูดดมน้ำมันหอมระเหยตำรับพิกัดตรีชาติสามารถช่วยเพิ่มคุณภาพชีวิตและความพึงพอใจของผู้ป่วยไมเกรนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และอาจใช้เป็นแนวทางการรักษาเสริมในศาสตร์การแพทย์แผนไทยสำหรับการดูแลผู้ป่วยไมเกรน

คำสำคัญ : ไมเกรน นวดไทย ดอกจันทน์ กระวาน อบเชย

Abstract

This pre–post experimental study aimed to evaluate the effectiveness of traditional Thai massage integrated with Trichat essential oil inhalation (nutmeg, cardamom, and cinnamon) on quality of life and patient satisfaction among individuals with migraine. The study involved 25 patients diagnosed with migraine at Phra Arjarn Fhan Arjaro Hospital. Participants received Court-style Traditional Thai Massage using the Lom-Pa-Kang technique for 45 min per session (35-min massage and 10-min herbal compress), three times per week for two consecutive weeks. In addition, participants inhaled Trichat essential oil for 15 min daily before bedtime throughout the intervention period. Outcomes were assessed before and after the intervention using the EQ-5D-5L quality of life questionnaire and a patient satisfaction survey. Data were analyzed using repeated measures ANOVA, with statistical significance set at $p<0.05$. After 14 days of treatment, the mean quality of life score significantly increased from 4.47±0.13 to 4.93±0.09 ($p<0.001$). Overall satisfaction was rated at the highest level (4.73±0.32), with the highest scores observed in neuromuscular relaxation (4.84±0.37) and confidence in treatment (4.80±0.41). In conclusion, the integration of traditional Thai massage with Trichat aromatherapy significantly improved quality of life and patient satisfaction among migraine patients. This integrative Thai traditional medicine approach may serve as an effective complementary therapy for migraine management.

Keywords: Migraine, Thai Massage, Nutmeg, Cardamom, Cinnamon

บทนำ

โรคไมเกรน (Migraine) เป็นความผิดปกติทางระบบประสาทที่ส่งผลกระทบอย่างรุนแรงต่อคุณภาพชีวิตของผู้ป่วย จากสถิติทางระบาดวิทยาพบความชุกของโรคทั่วโลกประมาณร้อยละ 11.6 (Collaborators, 2016) ขณะที่ประเทศไทยมีความชุกสูงถึงร้อยละ 29.1 (Phanthumchinda et al., 1989) โดยเฉพาะในเพศหญิงวัยทำงานช่วงอายุ 25-55 ปี อาการสำคัญคือการปวดศีรษะรุนแรง มักปวดข้างเดียวหรือสองข้างในผู้ป่วยบางราย ร่วมกับอาการคลื่นไส้ อาเจียน และไวต่อแสงหรือเสียง (Charles, 2018) ซึ่งเกิดจาก Calcitonin Gene Related Peptide เป็นตัวกลางสำคัญที่กระตุ้นและขยายสัญญาณความเจ็บปวดผ่านระบบ trigeminovascular ไปตามเส้นประสาท trigeminal ทำให้เกิดอาการปวดศีรษะ (Iyengar et al., 2019) ส่งผลต่อสมอง ระบบประสาท หลอดเลือด ร่างกายสภาวะจิตใจ สมรรถภาพการทำงานและการเข้าสังคม (Goadsby et al., 2017) ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายกระทรวงสาธารณสุข ปี 2567 ที่ส่งเสริมภายใต้แนวคิด “เจ็บป่วยคราใด คิดถึงยาไทยก่อนไปหาหมอ” รวมถึงแผนยุทธศาสตร์เขตสุขภาพที่ 8 และจังหวัดสกลนคร ที่มุ่งเน้นการพัฒนาระบบบริการการแพทย์แผนไทยและแผนทางเลือก Service Plan ปี 2568 เพื่อสนับสนุนการใช้สมุนไพรทดแทนยาแผนปัจจุบัน จากข้อมูลระบบ

Health Data Center ของโรงพยาบาลพระอาจารย์ฝั้น อาจาโร พบอุบัติการณ์ผู้ป่วยโรคไมเกรน เพิ่มขึ้นร้อยละ 16 ในช่วงปี 2565-2567 โดยส่วนใหญ่เป็นกลุ่มวัยทำงานในอำเภอพรรณนานิคมที่มีพฤติกรรมการทำงานหน้าคอมพิวเตอร์เป็นเวลานาน แนวทางการรักษาไมเกรนตามศาสตร์การแพทย์แผนไทยที่สำคัญคือ การนวดรักษา สูตรนวดลมปะกังเป็นการนวดไทยแบบราชสำนัก (Khotaphan, 2021) ซึ่งการนวดใช้เทคนิค "หน่วง เน้น นิ่ง" เพื่อเพิ่มการกระตุ้นระบบไหลเวียนโลหิตและระบบประสาท ช่วยผ่อนคลายกล้ามเนื้อ ลดความแข็งเกร็งของกล้ามเนื้อบริเวณต้นคอ บ่า ไหล่ ลดอาการปวดศีรษะและลดความเครียดซึ่งเป็นปัจจัยกระตุ้นหลักที่ทำให้เกิดอาการของโรคไมเกรน (Chatchawan et al., 2014) นอกจากนี้ยังมีการใช้ยาสมุนไพรในกลุ่มยาหอมและยาตำรับเพื่อปรับสมดุลธาตุ โดยเฉพาะ “พิกัดตรีชาติ” ซึ่งประกอบด้วย ดอกจันทน์ ลูกกระวาน และเปลือกอบเชยเทศ ในสัดส่วนเสมอภาค มีรายงานพบว่าสมุนไพรในพิกัดตรีชาติมีองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาที่น่าสนใจ โดย เปลือกอบเชยเทศ มีสารสำคัญคือ Cinnamaldehyde ที่ช่วยต้านการอักเสบและลดการปวดปลายประสาท (Zareie et al., 2024) ในส่วนของดอกจันทน์จะมีสาร Myristicin ที่ออกฤทธิ์ยับยั้งอาการปวดและลดอาการร่วมของไมเกรน เช่น คลื่นไส้และอาเจียนได้ดี (Seneme et al., 2021) และลูกระวานมีสารสำคัญคือ Alpha pinene และ Linalool มีฤทธิ์ต้านการอักเสบ ช่วยลดการปวดเส้นประสาท สามารถบรรเทาอาการปวดไมเกรนได้ (Peana et al., 2002) การใช้น้ำมันหอมระเหยจากตำรับดังกล่าวจึงเป็นนวัตกรรมที่ช่วยเสริมประสิทธิภาพในการรักษา ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิผลของการนวดรักษาลมปะกังร่วมกับการสูดดมน้ำมันหอมระเหยจากตำรับพิกัดตรีชาติ เพื่อประเมินผลในด้านความพึงพอใจของผู้ป่วยไมเกรนและคะแนนคุณภาพชีวิต ผลการศึกษาจะเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนามาตรฐานการดูแลผู้ป่วยโรคไมเกรนด้วยศาสตร์การแพทย์แผนไทย บูรณาการภูมิปัญญาดั้งเดิมเข้ากับหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ เพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยและพัฒนาศาสตร์การแพทย์แผนไทยในการรักษาโรคไมเกรนเป็นเพื่อแนวทางการดูแลผู้ป่วยโรคไมเกรนต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาโดยวัดผลก่อนการทดลองและหลังการทดลอง (The pretest – posttest control group design) ศึกษาผลการนวดไทยร่วมกับการใช้น้ำมันหอมระเหยตำรับยาพิกัดตรีชาติ โดยทำการศึกษาใน 0, 7 และ 14 วัน ใช้เวลา 3 สัปดาห์ การศึกษาวิจัยนี้ได้รับการรับรองจริยธรรมในมนุษย์ เลขที่ HEC-04-68-15 วันที่ 8 พฤษภาคม 2568 โดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ ผู้ที่ได้รับการวินิจฉัยโรคจากแพทย์แผนปัจจุบันว่ามีอาการปวดศีรษะที่เกิดจากโรคไมเกรน และได้รับการส่งต่อมารักษาที่คลินิกแพทย์แผนไทย โรงพยาบาลพระอาจารย์ฝั้น อาจาโร การคำนวณกลุ่มตัวอย่างผู้ที่มารับบริการรักษาที่คลินิกแพทย์แผนไทย ที่มีอาการปวดจากโรคไมเกรน โดยใช้โปรแกรม G*power 3.1.9.2 กำหนดอำนาจในการทดสอบ (power of test) ที่ระดับ 0.80 กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 และจากการทบทวนวรรณกรรมที่คล้ายกับงานวิจัยครั้งนี้ ได้รับค่าอิทธิพลเท่ากับ 0.4 ได้อาสาสมัครจำนวน 25 คน

โดยมีเกณฑ์คัดเข้า คือ อายุ 20 – 55 ปี ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นไมเกรนตามเกณฑ์ของ international classification of headache disorders มีประวัติเป็นไมเกรนอย่างน้อย 1 ปี มีอาการปวดศีรษะไม่เกิน 14 ครั้งต่อเดือน มีอาการไมเกรนอย่างน้อย 2 วันในช่วง 3 เดือนก่อนการคัดกรอง (Lungut et al., 2024) มีระดับความปวดศีรษะเล็กน้อยน้อยถึงปานกลาง ไม่เป็นโรคความดันโลหิตสูง ไม่อยู่ในระหว่างการรับประทานยาในกลุ่มสารต้านลิ่มเลือด (anticoagulants) มีสติสัมปชัญญะสมบูรณ์ สามารถสื่อสารเข้าใจได้ และยินยอมเข้าร่วมโครงการด้วยความสมัครใจ เกณฑ์การคัดออกจากการศึกษาผู้ที่มีความดันสูงเกิน 160/100 มิลลิเมตรปรอท มีไข้สูงเกิน 37.5 องศาเซียลเซียส ผู้ป่วยทีมีบาดแผลเปิด ติดเชื้อบริเวณคอบ่าไหล่ ผู้ที่มีภาวะกระดูกพรุน กระดูกคอเสื่อม มะเร็งกระดูก ผู้ป่วยวัณโรค อยู่ในระหว่างตั้งครรภ์ มีรอยโรคตามร่างกายที่สามารถแพร่เชื้อได้ ผู้ที่มีอาการทางจิตเวช

การให้ปัจจัย โดยการนวดรักษาแบบราชสำนักสูตรแก้ลมปะกัง (ลมตะกัง) ในคลินิกแพทย์แผนไทยโรงพยาบาลพระอาจารย์ฝั้น อาจาโร รักษาโดยแพทย์แผนไทย/แพทย์แผนไทยประยุกต์ที่มีใบประกอบโรคศิลปะ ใช้เวลาการรักษาและสูตรการนวดแก้ลมปะกังตามเวชปฏิบัติการแพทย์แผนไทย กรมการแพทย์แผนไทยและแพทย์ทางเลือก กระทรวงสาธารณสุข เวลาการรักษาทั้ง หมด 45 นาที ประกอบด้วยการนวดบำบัดสูตรแก้ลมปะกัง 35 นาที ประคบสมุนไพรร้อน 10 นาที โดยทำการรักษา 3 ครั้ง ต่อสัปดาห์ (จันทร์ พุธ ศุกร์) และให้อาสาสมัครสูดดมน้ำมันหอมระเหยพิกัดตรีชาติทุกวัน 15 นาที ก่อนนอน นวดรักษาและสูดดมน้ำมันหอมระเหยต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ โดยน้ำมันหอมระเหยตำรับตรีชาติจะอยู่ในขวดสีชาทึบบรรจุภัณฑ์มีปริมาตร 10 มิลลิลิตร ปิดด้วยฝาจุกด้านในและเจาะรูขนาดเล็กตรงกลางเพื่อสูดดมกลิ่น และมีฝาด้านนอกปิดสนิท

การประเมินโดยใช้แบบสอบถามจะทำการประเมินก่อนการรักษาและหลังการรักษา คือ แบบประเมินความพึงพอใจ Likert Scale 5 ระดับและประเมินคะแนนคุณภาพชีวิต EQ-5D-5L (Pattanaphesaj et al., 2018) วิเคราะห์สถิติโดยโปรแกรมสำเร็จรูป IBM SPSS Statistics (27.0) ใช้สถิติ Repeat measure ANOVA ภายในกลุ่มเดียวกันในแต่ละช่วงเวลาที่ติดตามการรักษา และเปรียบเทียบคะแนนความพึงพอใจหลังรักษาในแต่ละด้าน กำหนดระดับนัยสำคัญที่ $p<0.05$

ผลการวิจัย

ข้อมูลพื้นฐาน แสดงผลโดยค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 25 คน คือ เพศชาย จำนวน 6 คน และเพศหญิง จำนวน 19 คน อายุ 36.32±9.63 ปี ดัชนีมวลกาย 22.58 ± 2.56 กก./ม^2 ระดับการศึกษาต่ำกว่าปริญญาตรี 7 คน (ร้อยละ 28) ปริญญาตรี 16 คน (ร้อยละ 64) และสูงกว่าปริญญาตรี 2 คน (ร้อยละ8) อาชีพส่วนใหญ่ คือ รับข้าราชการ 8 คน (ร้อยละ 32) และอาสาสมัครส่วนใหญ่ไม่มีโรคประจำตัว 23 คน (ร้อยละ 92)

ผลการวิเคราะห์การศึกษาเปรียบเทียบคะแนนคุณภาพชีวิตระหว่างการนวดไทยและการนวดไทยบูรณาการร่วมกับน้ำมันหอมระเหยตำรับพิกัดตรีชาติ พบว่าทั้งสองกลุ่มมีคะแนนคุณภาพชีวิตเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการศึกษา 14 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) ซึ่งบ่งชี้ถึงความสม่ำเสมอของคุณภาพชีวิตที่

เพิ่มขึ้นของกลุ่มตัวอย่าง ก่อนการรักษาคะแนนคุณภาพชีวิต เท่ากับ 4.47±0.13 คะแนน ผลประเมินหลังการรักษา เท่ากับ 4.60±0.12 คะแนน เมื่อสิ้นสุดการรักษาในวันที่ 14 เท่ากับ 4.93±0.09 โดยคะแนนคุณภาพชีวิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามระยะเวลาการรักษาที่เพิ่มขึ้น ($p<0.001$) ดังแสดงในตารางที่ 1

ผลการประเมินความพึงพอใจ ความพึงพอใจโดยรวมในกลุ่มที่ได้รับการนวดไทยร่วมกับน้ำมันหอมระเหยตำรับพิกัดตรีชาติมีคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจในภาพรวมเท่ากับ 4.73±0.32 ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด ด้านที่มีความแตกต่างสูงสุด คือด้านการผ่อนคลายระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (4.84±0.37) แสดงให้เห็นว่าการบำบัดโดยการนวดสูตรลมปะกังและการสูดดมน้ำมันหอมระเหยตำรับยาพิกัดตรีชาติ สามารถลดความตึงตัวของกล้ามเนื้อและกระตุ้นการผ่อนคลายของระบบประสาทอัตโนมัติได้อย่างมีประสิทธิภาพ และความเชื่อมั่นในการรักษา (4.80±0.41) ซึ่งสะท้อนถึงระดับความไว้วางใจของอาสาสมัคร มีประสิทธิผลและความปลอดภัยของวิธีการบำบัด ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการให้ความร่วมมือหรือการปฏิบัติตามแผนการรักษาของผู้ป่วยและผลลัพธ์ทางคลินิกในระยะยาว ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยคะแนนคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยโรคไมเกรนในแต่ละช่วงเวลาที่ติดตามอาการ

คะแนนคุณภาพชีวิต	**ก่อนรักษา**	**หลังการรักษา**		
		ครั้งที่ 1 (วันที่ 7)	**ครั้งที่ 2 (วันที่ 14)**	**P value**
กลุ่มนวดและดมน้ำมันหอมระเหยตำรับยาพิกัดตรีชาติ	4.47±0.13[a]	4.60±0.12[b]	4.93±0.09[c]	<0.001

*หมายเหตุ [a,b,c] แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบการรักษาในแต่ละช่วงโดยใช้สถิติ Repeat measure ANOVA ภายในกลุ่มเดียวกันในแต่ละช่วงเวลาที่ติดตามการรักษา

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยคะแนนความพึงพอใจหลังการรักษาของผู้ป่วยโรคไมเกรน

คะแนนความพึงพอใจแต่ละด้าน	**คะแนนความพึงพอใจ (ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)**
	กลุ่มนวดและดมน้ำมันหอมระเหยตำรับยาพิกัดตรีชาติ (n= 25)
ประสิทธิภาพในการบรรเทาอาการ	4.68±0.48
การผ่อนคลายระบบประสาทและกล้ามเนื้อ	4.84±0.37
ความพึงพอใจต่อวิธีการบำบัด	4.76±0.44
ความสุขสบายในการใช้ชีวิตประจำวัน	4.56±0.51
ความเชื่อมั่นในการรักษา	4.80±0.41
ความพึงพอใจในภาพรวม	4.73±0.32

วิจารณ์ผล

การศึกษาวิจัยเรื่อง “ผลของการบูรณาการนวดไทยร่วมกับสุคนธบำบัดตำรับพิกัดตรีชาติต่อคุณภาพชีวิตและความพึงพอใจของผู้ป่วยไมเกรน” สามารถอภิปรายผลได้ ดังนี้ กลุ่มที่ได้รับการนวดรักษาร่วมกับการดมน้ำมันหอมระเหยตำรับยาพิกัดตรีชาติ มีผลทั้งด้านการเพิ่มคุณภาพชีวิตและความพึงพอใจของผู้ป่วยไมเกรน เกิดจากการทำงานร่วมกันของการนวดที่ช่วยคลายกล้ามเนื้อตามทฤษฎีนวดรักษาโรคลมปะกัง ร่วมกับสุคนธบำบัด ที่ส่งสารสำคัญจากพิกัดตรีชาติ เช่น Cinnamaldehyde จากอบเชย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Barbarossa et al. (2022) พบว่า Cinnamaldehyde เป็นสารสำคัญที่พบในอบเชย มีรายงานเกี่ยวกับฤทธิ์ต้านการอักเสบ ลดการขยายตัวของหลอดเลือดและสามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ (Barbarossa et al., 2022) ส่วน Myristicin เป็นสารสำคัญที่พบในดอกจันทน์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Seneme et al. (2021) มีรายงานว่า Myristicin มีฤทธิ์ในการต้านอักเสบ ยับยั้ง Nitric Oxide และ Linalool, alpha-pinene จากผลของกระวาน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Peana et al. (2002) กล่าวถึงสารสำคัญจากน้ำมันหอมระเหยของลูกกระวานมีสารสำคัญ Linalool และมีฤทธิ์ในการต้านอักเสบสอดคล้องกับงานวิจัยของ Rahimi et al. (2023) รายงานว่า พบว่าสาร alpha-pinene มีผลต่อการลดปวดศีรษะ ลดการอักเสบ และลดความเครียดในสมอง(Rahimi et al., 2023) ผ่านการสูดดม เพื่อออกฤทธิ์ลดการอักเสบของระบบประสาท Neurogenic inflammation และปรับสมดุลในสมองผ่านระบบลิมบิก การสูดดมกระตุ้นปลายประสาทรับกลิ่นและส่งสัญญาณตรงไปยัง Limbic System โดยเริ่มจากการสูดดมผ่าน Olfactory Epithelium กระตุ้น Olfactory Receptor Neurons ส่งสัญญาณผ่าน Olfactory Nerve และส่งสัญญาณไปยังสมอง ผ่าน Olfactory Bulb ซึ่งเชื่อมต่อกับ Limbic System โดยตรง ซึ่งประกอบด้วย Amygdala Hippocampus และ Hypothalamus ส่งผลให้ลดอาการปวดศีรษะจากไมเกรน (Stankewitz et al., 2011) และการรักษาไมเกรนด้วยการนวดบำบัด กลไกทางสรีรวิทยาของการนวดบำบัดในการลดปวดไมเกรนศึกษาการเปรียบเทียบระหว่างผลการรักษาโดยการนวดและการใช้ยาแผนปัจจุบัน พบว่าประสิทธิผลการรักษาจากผลการวิจัยพบว่ากลุ่มที่รักษาแบบผสมผสานการนวดร่วมด้วยมีแนวโน้มดีขึ้นใน ด้านความรุนแรงและความถี่ของอาการปวดลดลง (Limudomporn, 2018) การรักษาด้วยศาสตร์สุคนธบำบัดใช้น้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรเป็นวิธีการรักษาที่มีประสิทธิภาพและปลอดภัยในการรักษาโรคไมเกรนเฉียบพลัน (Sasannejad et al., 2012) ในส่วนการบำบัดด้วยการนวดรักษาร่วมกับการดมตำรับยาพิกัดตรีชาติ ในการศึกษานี้สามารถเพิ่มคุณภาพชีวิตและความพึงพอใจของผู้ป่วยโรคไมเกรนที่มารับบริการ ได้อย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าการบำบัดด้วยศาสตร์การแพทย์แผนไทย มีประสิทธิภาพในการผ่อนคลายกล้ามเนื้อ ลดความเจ็บปวด และผลกระทบต่อการใช้ชีวิตประจำวันของผู้ป่วยไมเกรนได้ดี ซึ่งถือเป็นจุดแข็งที่สำคัญในการใช้เป็นทางเลือกการรักษาไมเกรน การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า การนวดรักษาสูตรลมปะกังร่วมกับการสูดดมน้ำมันหอมระเหยตำรับยาพิกัดตรีชาติ เป็นแนวทางการบำบัดที่มีประสิทธิภาพสูงในการรักษาผู้ป่วยไมเกรน โดยให้ผลลัพธ์ที่เพิ่มขึ้นด้านคุณภาพชีวิตและความพึงพอใจของผู้ป่วยโรคไมเกรน

สรุปผล

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า การบูรณาการนวดไทยร่วมกับสุคนธบำบัดตำรับพิกัดตรีชาติสามารถเพิ่มคุณภาพชีวิตและความพึงพอใจของผู้ป่วยไมเกรนได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สะท้อนถึงประสิทธิผลเชิงเสริมฤทธิ์ (synergistic effect) ระหว่างการบำบัดทางกายด้วยการนวดและการออกฤทธิ์ของสารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยดอกจันทน์ กระวาน และอบเชย ซึ่งสอดคล้องกับกลไกทางสรีรวิทยาและหลักฐานทางเภสัชวิทยาที่อ้างอิงในงานวิจัยก่อนหน้า อย่างไรก็ตามการศึกษานี้มีข้อจำกัดบางประการ ได้แก่ ขนาดกลุ่มตัวอย่าง การเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และระยะเวลาในการรักษา

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์จากโรงพยาบาลพระอาจารย์ฝั้น อาจาโร ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และสนับสนุนการเก็บรวบรวมข้อมูล รวมถึงอาสาสมัครทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการเข้าร่วมการวิจัยเป็นอย่างดียิ่ง ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร สำหรับการสนับสนุนทางวิชาการ ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาและคณาจารย์ทุกท่านที่ให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนางานวิจัยฉบับนี้

เอกสารอ้างอิง

Barbarossa, A., Sblano, S., Rosato, A., Carrieri, A., Corbo, F., Clodoveo, M. L., Fracchiolla, G., & Carocci, A. (2022). Synergistic Action of *Cinnamomum verum* Essential Oil with Sertraline. Antibiotics (Basel), 11(11).

Charles, A. (2018). The pathophysiology of migraine: implications for clinical management. The Lancet Neurology, 17(2), 174-182.

Chatchawan, U., Eungpinichpong, W., Sooktho, S., Tiamkao, S., & Yamauchi, J. (2014). Effects of Thai traditional massage on pressure pain threshold and headache intensity in patients with chronic tension-type and migraine headaches. The Journal of Alternative and Complementary Medicine, 20(6), 486-492.

Collaborators, G.H. (2016). Global, regional, and national burden of migraine and tension-type headache. The Lancet Neurology, 17(11), 954-976.

Goadsby, P.J., Holland, P.R., Martins-Oliveira, M., Hoffmann, J., Schankin, C., & Akerman, S. (2017). Pathophysiology of Migraine: A Disorder of Sensory Processing. Physiological Reviews, 97(2), 553-622.

Iyengar, S., Johnson, K. W., Ossipov, M. H., & Aurora, S. K. (2019). CGRP and the Trigeminal System in Migraine. Headache, 59(5), 659-681.

Khotaphan, S. (2021). Migraine in Thai traditional medicine. Applied Thai traditional medicine Program, Faculty of science and technology, Phranakhon Rajabhat University. 16(1), 179-186.

Limudomporn, M.(2018). Effectiveness of Thai massage integrated intostandard treatment for patients with migraine with or without aura Journal of health science research, 12(2), 78-81.

Lungut, E. F., Antal, C., Turcu, S., Varlas, V.-N., Filipescu, A. G., Balescu, I., Bacalbasa, N., & Gorecki, G.-P. (2024). Neurasites®—A Standardized Plant Extract in the Treatment and Prevention of Migraine Attacks. Journal of Clinical Medicine, 13(12), 3364.

Pattanaphesaj, J., Thavorncharoensap, M., Ramos-Goñi, J. M., Tongsiri, S., Ingsrisawang, L., & Teerawattananon, Y. (2018). The EQ-5D-5L valuation study in Thailand. Expert review of pharmacoeconomics & outcomes research, 18(5), 551-558.

Peana, A. T., D'Aquila, P. S., Panin, F., Serra, G., Pippia, P., & Moretti, M. D. L.(2002). Anti-inflammatory activity of linalool and linalyl acetate constituents of essential oils. Phytomedicine, 9(8), 721-726.

Phanthumchinda, K., & Sithi-Amorn, C. (1989). Prevalence and clinical features of migraine: a community survey in Bangkok, Thailand. Headache: The Journal of Head and Face Pain, 29(9), 594-597.

Rahimi, K., Zalaghi, M., Shehnizad, E. G., Salari, G., Baghdezfoli, F., & Ebrahimifar, A. (2023). The effects of alpha-pinene on inflammatory responses and oxidative stress in the formalin test. Brain research bulletin, 203, 110774.

Sasannejad, P., Saeedi, M., Shoeibi, A., Gorji, A., Abbasi, M., & Foroughipour, M. (2012). Lavender essential oil in the treatment of migraine headache: a placebo-controlled clinical trial. European Neurology, 67(5), 288-291.

Seneme, E.F., Dos Santos, D.C., Silva, E.M. R., Franco, Y.E. M., & Longato, G.B. (2021). Pharmacological and therapeutic potential of myristicin: A literature review. Molecules, 26(19), 5914.

Stankewitz, A., & May, A. (2011). Increased limbic and brainstem activity during migraine attacks following olfactory stimulation. Neurology, 77(5), 476-482.

Zareie, A., Bagherniya, M., Sahebkar, A., Sharma, M., Khorvash, F., Hasanzadeh, A., & Askari, G. (2024). Effects of cinnamon on anthropometric indices and headache-related disability of patients with migraine: A randomized double-blind placebo-controlled trial. Avicenna Journal of Phytomedicine, 14(1), 1-12.

การพัฒนาต้นแบบบาล์มสมุนไพรจากน้ำมันหอมระเหยสามชนิด (มะนาว มะกรูด และสะระแหน่)

Development of a Prototype Herbal Balm from Three Essential Oils (Lemon, Kaffir Lime, and Peppermint)

พิทยาภรณ์ เจริญสุข[1,2] ปราณี ศรีราช[1] จตุพร ประทุมเทศ[1] และรัชฎาวรรณ อรรคนิมาตย์[1*]

Pittayaporn Jaronsuk[1], Pranee Sriraj, Jatuporn Prathumtet[1] and Ratchadawan Aukkanimart[1*]

[1]หลักสูตรการแพทย์แผนไทยมหาบัณฑิต สาขาการแพทย์แผนไทย คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร

[2]โรงพยาบาลสามโคก ตำบลบ้านปทุม อำเภอสามโคก จังหวัดปทุมธานี

[1]Department of Thai Traditional Medicine, Faculty of Natural Resources, Rajamangala University of Technology Isan, Sakon Nakhon campus, Sakon Nakhon, 47160, Thailand

[2]Sam Khok Hospital, Ban Pathum, Sub-district Sam Khok, District Pathum Thani Province 12140, Thailand

*Corresponding author E-mail: Ratchadawan.au@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรตำรับบาล์มสมุนไพรจากน้ำมันหอมระเหย 3 ชนิด ได้แก่ มะนาว (*Citrus aurantifolia*) มะกรูด (*Citrus hystrix*) และสะระแหน่ (*Mentha cordifolia*) และประเมินความพึงพอใจของผู้สูงอายุภายหลังการใช้ผลิตภัณฑ์ การพัฒนาสูตรมุ่งเน้นการกำหนดสัดส่วนของน้ำมันหอมระเหยที่เหมาะสมร่วมกับเบสบาล์มจากวัตถุดิบธรรมชาติ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติทางกายภาพเหมาะสม มีความคงตัว ไม่เกิดการแยกชั้น มีค่า pH อยู่ในช่วงที่ปลอดภัยต่อผิวหนัง และมีความหนืดเหมาะสมต่อการใช้งาน ผลการประเมินคุณภาพทางกายภาพพบว่า สูตรที่ 1 ซึ่งมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยรวมร้อยละ 30 ของสูตร มีความคงตัวดีตลอดระยะเวลาการทดสอบ ไม่เกิดการแยกชั้น มีค่า pH เท่ากับ 5.0 และมีค่าความหนืดเฉลี่ย 8,459.67 cP ซึ่งอยู่ในเกณฑ์เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ใช้ภายนอก การประเมินความพึงพอใจดำเนินการในกลุ่มผู้สูงอายุที่มีปัญหาการนอนหลับ ณ โรงพยาบาลสามโคก จังหวัดปทุมธานี จำนวน 40 ราย โดยให้ใช้ผลิตภัณฑ์ทาและสูดดมก่อนนอนต่อเนื่องเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ผลการประเมินพบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจต่อกลิ่นของผลิตภัณฑ์ในระดับสูง (4.38±0.49) และรายงานว่าผลิตภัณฑ์ใช้งานสะดวก ให้ความรู้สึกผ่อนคลาย โดยไม่พบอาการระคายเคืองหรือผลข้างเคียง สรุปได้ว่า บาล์มสมุนไพรต้นแบบที่พัฒนาขึ้นมีคุณสมบัติทางกายภาพเหมาะสมและได้รับการยอมรับจากผู้สูงอายุ มีศักยภาพในการพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์สมุนไพรทางเลือกเชิงพาณิชย์ในอนาคต

คำสำคัญ : บาล์มสมุนไพร น้ำมันหอมระเหย ผู้สูงอายุ สุคนธบำบัด ความพึงพอใจ

Abstract

This study aimed to develop a herbal balm formulation incorporating three essential oils: lemon (*Citrus aurantifolia*), kaffir lime (*Citrus hystrix*), and peppermint (*Mentha cordifolia*), and to evaluate user satisfaction among elderly individuals following product use. The formulation process focused on determining an appropriate proportion of essential oils combined with a natural balm base to ensure desirable physicochemical properties, including physical stability, absence of phase separation, appropriate skin-compatible pH, and suitable viscosity for topical application. Physicochemical evaluation demonstrated that Formula 1, containing 30% total essential oils, exhibited optimal stability without phase separation throughout the testing period. The formulation had a pH value of 5.0 and an average viscosity of 8,459.67 cP, both within acceptable ranges for topical use. User satisfaction was assessed among 40 elderly individuals with sleep disturbances at Samkhok Hospital, Pathum Thani Province. Participants applied and inhaled the balm before bedtime for 4 consecutive weeks. The results indicated high satisfaction with the product fragrance (4.38±0.49). Participants reported ease of use and a perceived relaxing effect, with no observed skin irritation or adverse effects. In conclusion, the developed herbal balm prototype demonstrated appropriate physicochemical characteristics and favorable user acceptance among elderly individuals. The formulation shows potential for further development as a commercial herbal alternative product.

Keywords: Herbal Balm, Essential Oils, Elderly, Aromatherapy, Satisfaction

บทนำ

ภาวะนอนไม่หลับในผู้สูงอายุเป็นปัญหาสุขภาพที่พบได้บ่อย และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามสังคมผู้สูงอายุของประเทศไทย การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของระบบประสาทและโครงสร้างการนอนหลับตามวัย ส่งผลให้ผู้สูงอายุมีปัญหาการหลับยาก หลับไม่สนิท และตื่นกลางดึกบ่อยครั้ง ซึ่งการรักษาด้วยยาแผนปัจจุบันแม้จะช่วยบรรเทาอาการได้ในระยะสั้น แต่กลับพบข้อจำกัดด้านผลข้างเคียงและความเสี่ยงจากการใช้ยาต่อเนื่อง โดยเฉพาะในผู้สูงอายุที่มีโรคประจำตัวหลายชนิด (สมชาย ประกอบผล, 2564) จากแนวโน้มดังกล่าว การใช้สมุนไพรและการแพทย์ทางเลือกจึงได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะการใช้น้ำมันหอมระเหยจากพืชธรรมชาติที่มีฤทธิ์ช่วยผ่อนคลายระบบประสาท ลดความวิตกกังวล และส่งเสริมการนอนหลับ งานวิจัยหลายฉบับรายงานว่าน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรมีสารออกฤทธิ์สำคัญในกลุ่มเทอร์พีนอยด์ เช่น ลิโมนีน (limonene) และเมนทอล (menthol) ซึ่งมีฤทธิ์กระตุ้นการทำงานของตัวรับกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริก (GABA receptors) และยับยั้งเอนไซม์ monoamine oxidase (MAO) ส่งผลให้ระบบประสาทเกิดความผ่อนคลายและลดความตึงเครียด (คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2556; วินัย ดะหะลัน, 2554) การพัฒนาสูตรตำรับน้ำมันหอมระเหยให้อยู่ในรูปแบบ “บาล์มสมุนไพร” จึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมต่อการใช้งานในผู้สูงอายุ เนื่องจากเป็นยาภายนอกที่ใช้งานง่าย สะดวกต่อการทาและสูดดม ไม่ต้องผ่านกระบวนการดูดซึมทางระบบทางเดินอาหาร และมีความปลอดภัยสูง การพัฒนาสูตรตำรับจำเป็นต้องคำนึงถึงอัตราส่วนของน้ำมันหอมระเหย ความคงตัวของผลิตภัณฑ์ ค่า pH ที่เหมาะสมกับผิวหนังผู้สูงอายุ รวมถึงลักษณะทางกายภาพ เช่น เนื้อสัมผัสและกลิ่น เพื่อให้ผู้ใช้เกิดการยอมรับและสามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่อง (โชติมันตา ชินวรารักษ์ และคณะ, 2561) นอกจากนี้ความพึงพอใจของผู้ใช้ถือเป็นปัจจัยสำคัญในการประเมินศักยภาพของผลิตภัณฑ์สมุนไพร โดยเฉพาะในกลุ่มผู้สูงอายุซึ่งให้ความสำคัญกับความปลอดภัย ความสะดวกในการใช้งาน และความรู้สึกผ่อนคลายหลังการใช้ การประเมินความพึงพอใจจึงเป็นเครื่องมือสำคัญที่สะท้อนการยอมรับของผู้บริโภค และสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาผลิตภัณฑ์สมุนไพรเชิงพาณิชย์ในอนาคตอย่างยั่งยืน ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนาสูตรตำรับบาล์มสมุนไพรจากน้ำมันหอมระเหยมะนาว มะกรูด และสะระแหน่ ให้มีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการใช้งานในผู้สูงอายุ และประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้หลังการใช้ผลิตภัณฑ์ เพื่อเป็นแนวทางในการต่อยอดนวัตกรรมสมุนไพรไทยในด้านสุขภาพและการส่งเสริมคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรตำรับบาล์มสมุนไพรต้นแบบที่เหมาะสมและประเมินความพึงพอใจของผู้สูงอายุที่ใช้ผลิตภัณฑ์ ดำเนินการศึกษา ณ โรงพยาบาลสามโคก จังหวัดปทุมธานี โดยมีรายละเอียดวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

การเตรียมบาล์มสมุนไพร บาล์มสมุนไพรเพื่อบรรเทาอาการนอนไม่หลับในผู้สูงอายุของโรงพยาบาลสามโคก จังหวัดปทุมธานี เป็นบาล์มสมุนไพรที่จัดทำขึ้นในรูปแบบของการพัฒนาผลิตภัณฑ์บาล์มสมุนไพร จำนวน 4 สูตรตำรับ โดยการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทดลอง ปรับปรุง และพัฒนาผลิตภัณฑ์บาล์มสมุนไพร โดยผู้ที่มี

ความเชี่ยวชาญด้านเภสัชกรรมแผนไทยร่วมกับผู้ทรงคุณวุฒิจากโรงพยาบาลสามโคก อาจารย์จากวิทยาลัยเทคโนโลยีทางการแพทย์และสาธารณสุข กาญจนาภิเษก และอาจารย์จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร โดยสามารถเตรียมสูตรตำรับบาล์มได้จากส่วนประกอบ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สูตรบาล์มสมุนไพรเพื่อบรรเทาอาการนอนไม่หลับ (100 กรัม)

ส่วนประกอบ	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4
น้ำมันหอมระเหยมะนาว	10	20	0	10
น้ำมันหอมระเหยมะกรูด	10	10	20	0
น้ำมันหอมระเหยสะระแหน่	10	0	10	20
พาราฟิน	9.5	9.5	9.5	9.5
วาสลีน	20	20	20	20
พิมเสน	13.5	13.5	13.5	13.5
การบูร	13.5	13.5	13.5	13.5
เมนทอล	13.5	13.5	13.5	13.5

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ ผู้สูงอายุที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไปที่มีอาการนอนไม่หลับ ซึ่งมารับบริการ ด้านสุขภาพ ณ โรงพยาบาลสามโคก จังหวัดปทุมธานี และมีความสามารถในการใช้ผลิตภัณฑ์สมุนไพรในรูปแบบยาภายนอกได้ด้วยตนเอง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นผู้สูงอายุจำนวน 40 คน คัดเลือกด้วยวิธีการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive sampling) เพื่อทดลองใช้สูตรตำรับบาล์มสมุนไพรต้นแบบและประเมินความพึงพอใจหลังการใช้ผลิตภัณฑ์ ขนาดกลุ่มตัวอย่างกำหนดจากการคำนวณด้วยโปรแกรม G*Power กำหนด effect size 0.5, alpha-error prop 0.05, Power (1-beta error prop 0.9), total sample size n=36 (10% drop out) ได้กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยทั้งหมด จำนวน 40 คน กลุ่มตัวอย่างต้องสมัครใจเข้าร่วมการวิจัย สามารถใช้ผลิตภัณฑ์บาล์มสมุนไพรได้อย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลา 4 สัปดาห์ โดยมีเกณฑ์คัดอาสาสมัครเข้าร่วมโครงการวิจัย คือ ผู้สูงอายุที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป มีอาการนอนไม่หลับจากการประเมิน PSQI (Pittsburgh Sleep Quality Index) ได้คะแนนมากกว่า 5 คะแนน เป็นผู้ที่สามารถใช้ผลิตภัณฑ์ได้อย่างต่อเนื่องและไม่พบอาการระคายเคือง และยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยและลงนามในเอกสารยินยอม โดยเกณฑ์คัดออก คือ ผู้มีประวัติแพ้น้ำมันหอมระเหยหรือสมุนไพรที่ใช้ (มะนาว มะกรูด และสะระแหน่) ผู้ที่ไม่สามารถใช้ผลิตภัณฑ์บาล์มสมุนไพรได้ตลอดระยะเวลา 4 สัปดาห์ ผู้ที่มีอาการระคายเคืองหรือผลข้างเคียงจากการใช้ผลิตภัณฑ์และไม่สามารถติดตามผู้เข้าร่วมได้ในระหว่างการศึกษาหรือขอถอนตัวจากการวิจัย และอาสาสมัครจะต้องเข้าร่วมการประเมินความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ ซึ่งครอบคลุมด้านลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ กลิ่น ความสะดวกในการใช้งาน และความรู้สึกหลังการใช้ผลิตภัณฑ์

การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิจัยครั้งนี้ได้รับการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษยศาสตร์เลขที่ PPHO-REC 2568/20 ณ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดปทุมธานี และอาสาสมัครทุกคนลงนามในแบบยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย ใช้ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลรวมทั้งสิ้น 4 สัปดาห์ ณ โรงพยาบาลสามโคก จังหวัดปทุมธานี โดยแบ่งขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลออกเป็น 3 ระยะ ดังนี้

1. ระยะก่อนการทดลอง ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ เพศ อายุ โรคประจำตัว และประวัติการแพ้ เพื่อประเมินความเหมาะสมในการใช้ผลิตภัณฑ์สมุนไพรในรูปแบบยาภายนอก
2. ระยะระหว่างการทดลอง กลุ่มตัวอย่างได้รับผลิตภัณฑ์บาล์มสมุนไพรต้นแบบ พร้อมคำแนะนำในการใช้งาน โดยให้ทาบาล์มสมุนไพรบริเวณขมับทั้งสองข้างและสูดดมกลิ่นก่อนนอนประมาณ 30 นาที ทุกคืนอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ผู้วิจัยติดตามการใช้งานของกลุ่มตัวอย่างอย่างสม่ำเสมอ รวมถึงเฝ้าระวังและบันทึกอาการไม่พึงประสงค์ที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้ผลิตภัณฑ์ตลอดระยะเวลาการศึกษา
3. ระยะหลังการทดลอง เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการทดลอง ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างต่อการใช้ผลิตภัณฑ์บาล์มสมุนไพร โดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจ ซึ่งครอบคลุมด้านลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ กลิ่น ความสะดวกในการใช้งาน ความรู้สึกหลังการใช้ และความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์

การวิเคราะห์ข้อมูล ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยนำมาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ SPSS version 26 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง วิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ระดับความพึงพอใจต่อสูตรตำรับบาล์มสมุนไพร ความคงตัวของบาล์มใช้สถิติ repeat measures ANOVA และกำหนดระดับนัยสำคัญที่ $p<0.05$

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาข้อมูลทั่วไปของผู้สูงอายุที่เข้าร่วมการทดลองใช้บาล์มสมุนไพร ณ โรงพยาบาลสามโคก จังหวัดปทุมธานี จำนวนทั้งสิ้น 40 คน พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีสัดส่วนเพศชายและเพศหญิงเท่ากัน คือ เพศชาย จำนวน 20 คน และเพศหญิงจำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 50 ของกลุ่มตัวอย่างในแต่ละเพศ แสดงให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างมีความสมดุลทางเพศ เมื่อพิจารณาตามช่วงอายุ พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุ 60–69 ปี จำนวน 27 คน คิดเป็นร้อยละ 67.5 รองลงมาคือช่วงอายุ 70–79 ปี จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 30 และช่วงอายุ 80–89 ปี จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.5 สะท้อนให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นผู้สูงอายุระดับต้นถึงระดับกลาง ซึ่งมีความเหมาะสมต่อการทดลองใช้ผลิตภัณฑ์สมุนไพรในรูปแบบยาภายนอก ในด้านโรคประจำตัว พบว่า กลุ่มตัวอย่างมากกว่าครึ่งหนึ่งไม่มีโรคประจำตัว จำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 52.5 ขณะที่อาสาสมัครที่มีโรคประจำตัว พบว่าส่วนใหญ่เป็นโรคความดันโลหิตสูง จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 32.5 ส่วนโรคภูมิแพ้ โรคหอบหืด และโรคผิวหนัง พบจำนวนเท่ากันคือ 2 คน คิดเป็นร้อยละ 5 ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด สำหรับประวัติอาการแพ้ของกลุ่มตัวอย่าง พบว่าอาสาสมัครส่วนใหญ่ไม่มีประวัติอาการแพ้ จำนวน

31 คน คิดเป็นร้อยละ 77.5 ขณะที่ผู้ที่มีประวัติการแพ้ พบว่ามีผู้แพ้อาหารจำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 12.5 ผู้แพ้สารเคมีจำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 7.5 และผู้แพ้น้ำหอมจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.5 โดยไม่พบผู้ที่แพ้เกสรดอกไม้ ทั้งนี้ ผู้เข้าร่วมการวิจัยทุกรายได้การประเมินความเหมาะสมก่อนเข้าร่วมการทดลอง และไม่พบอาการไม่พึงประสงค์หรืออาการแพ้ที่เกี่ยวข้องกับการใช้บาล์มสมุนไพรตลอดระยะเวลาการศึกษา

สรุปได้ว่ากลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นผู้สูงอายุที่มีสุขภาพโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ดี และมีความเหมาะสมต่อการทดลองใช้สูตรตำรับบาล์มสมุนไพรและการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อมูลทั่วไปของอาสาสมัคร (n=40)

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน (คน)	ร้อยละ (%)
เพศ		
เพศชาย	20	50.0
เพศหญิง	20	50.0
อายุ (ปี)		
60–69 ปี	27	67.5
70–79 ปี	12	30.0
80–89 ปี	1	2.5
โรคประจำตัว		
ไม่มีโรคประจำตัว	21	52.5
ความดันโลหิตสูง	13	32.5
โรคภูมิแพ้	2	5.0
โรคหอบหืด	2	5.0
โรคผิวหนัง	2	5.0
ประวัติการแพ้		
ไม่มีประวัติการแพ้	31	77.5
แพ้อาหาร	5	12.5
แพ้สารเคมี	3	7.5
แพ้น้ำหอม	1	2.5
แพ้เกสรดอกไม้	0	0.0

ผลการประเมินความคงตัวของบาล์มสมุนไพรในสภาวะเร่ง ด้วยวิธี Heat–Cool Cycling การทดสอบความคงตัวของบาล์มสมุนไพรในสภาวะเร่งโดยวิธีสลับอุณหภูมิร้อน–เย็น (heat–cool cycling method) จำนวน 4 รอบ มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณภาพและความคงตัวของผลิตภัณฑ์ในด้านลักษณะทางกายภาพ ค่า pH และความหนืดของบาล์มสมุนไพรต้นแบบ ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 3 ก่อนการทดสอบความคงตัว พบว่าบาล์มสมุนไพรทุกตำรับมีลักษณะทางกายภาพที่ดี คือ เนื้อบาล์มมีความเนียนละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน มีสีขาวขุ่นไม่พบการแยกชั้น และไม่เหนียวเหนอะหนะ ค่าพีเอชของบาล์มสมุนไพรทุกตำรับอยู่ที่ 5.00 ซึ่งอยู่ในช่วงที่เหมาะสมและปลอดภัยต่อผิวหนังมนุษย์ (pH 4.0–6.0) ภายหลังการทดสอบความคงตัวในรอบที่ 2 และรอบที่ 4 พบว่าลักษณะทางกายภาพของบาล์มสมุนไพรทุกตำรับยังคงสภาพเดิม ไม่พบการเปลี่ยนแปลงด้านสี เนื้อสัมผัส หรือไม่พบการแยกชั้น และค่า pH ของผลิตภัณฑ์ยังคงเท่ากับ 5.00 ทั้งก่อนและหลังการทดสอบ และไม่แตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับค่าก่อนการทดสอบในแต่ละตำรับ ในด้านความหนืด พบว่าค่าความหนืดของบาล์มสมุนไพรทุกตำรับอยู่ในช่วงใกล้เคียงกัน และไม่พบความแตกต่างระหว่างก่อนการทดสอบและหลังการทดสอบในแต่ละรอบ ($p>0.05$) ค่าความหนืดเฉลี่ยของทุกตำรับอยู่ในช่วง 8000-8700 cP แสดงถึงความเหมาะสมของเนื้อบาล์มต่อการใช้งานจริง จากผลการทดสอบความคงตัวในสภาวะเร่งดังกล่าว สรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิไม่ส่งผลกระทบต่อลักษณะทางกายภาพ ค่า pH และความหนืดของบาล์มสมุนไพรต้นแบบ ผลิตภัณฑ์มีความคงตัวดีและมีคุณภาพเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานจริง ดังแสดงในตารางที่ 3

ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้ผลิตภัณฑ์บาล์มสมุนไพร การประเมินความพึงพอใจต่อการใช้ผลิตภัณฑ์บาล์มสมุนไพร ผลิตภัณฑ์บาล์มสมุนไพรที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยน้ำมันหอมระเหยในความเข้มข้น 30% โดยใช้อัตราส่วนของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกมะนาว:เปลือกมะกรูด:ใบสะระแหน่ ที่ (1:1:1) ซึ่งถูกนำมาใช้กับอาสาสมัครผู้สูงอายุที่มีอาการนอนไม่หลับ โดยทำการประเมินหลังจากการใช้ผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ผลการประเมินความพึงพอใจจากตารางที่ 4 คะแนนความพึงพอใจจำแนกตามรายข้อต่าง ๆ ดังนี้

ในด้านความสะดวกในการใช้ อยู่ในระดับมาก (4.28±0.45) และความพึงพอใจต่อกลิ่นของผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับมาก (4.38±0.49) ผู้เข้าร่วมส่วนใหญ่ประเมินว่าไม่พบอาการแพ้จากการใช้ผลิตภัณฑ์ โดยได้คะแนนเฉลี่ยสูงที่สุดในหมวดนี้ (4.53±0.51) ในด้านคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ พบว่า ความเหมาะสมของความเข้มข้นกลิ่นอยู่ในระดับมาก (4.43±0.50) ขณะที่ระยะเวลาการคงอยู่ของกลิ่นอยู่ในระดับมาก (4.33±0.62) สำหรับลักษณะด้านบรรจุภัณฑ์ อาสาสมัครผู้สูงอายุให้คะแนนความเหมาะสมของบรรจุภัณฑ์ในระดับปานกลางถึงมาก (3.88±0. 69) ส่วนความสะดวกในการพกพาอยู่ในระดับมาก (4.03±0.58) และความสวยงามของผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับมาก (4.43±0.50) นอกจากนี้ ในด้านความง่ายต่อการใช้งาน ผู้สูงอายุให้คะแนนในระดับมาก (4.35±0.48) โดยสรุปความพึงพอใจโดยรวมต่อการใช้บาล์มสมุนไพรเพื่อบรรเทาอาการนอนไม่หลับอยู่ในระดับมากที่สุด (4.63±0.49) แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์มีความเหมาะสมต่อการใช้งานในผู้สูงอายุและได้รับการยอมรับในด้านคุณภาพกลิ่น ความปลอดภัย และความสะดวกในการใช้งาน ภาพรวมสรุปได้ว่า อาสาสมัครผู้สูงอายุที่มีอาการนอนไม่หลับมีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุดในทุกด้านของการประเมิน ซึ่งรวมถึงความสะดวกในการใช้งาน,

กลิ่น, และประสิทธิภาพในการบรรเทาอาการนอนไม่หลับ ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความพึงพอใจสูงสุดต่อการใช้ผลิตภัณฑ์บาล์มสมุนไพร จากการวิจัยพบว่า น้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรที่ใช้ในการพัฒนาบาล์มสมุนไพรประกอบด้วยสารสำคัญจากมะนาว มะกรูด และสะระแหน่ (ดังแสดงในตารางที่ 4)

ตารางที่ 3 ลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของบาล์มสมุนไพรหลังการทดสอบความคงตัว

ตำรับ	รายการประเมิน	ก่อนการทดสอบ	รอบที่ 2 (14 วัน)	รอบที่ 4 (28 วัน)
1	ลักษณะทางกายภาพ	สีขาวขุ่นเนียนละเอียด ไม่แยกชั้น	สีขาวขุ่นเนียนละเอียด ไม่แยกชั้น	สีขาวขุ่นเนียนละเอียด ไม่แยกชั้น
	pH	5.00[a]	5.00 [a]	5.00 [a]
	ความหนืด (cP)	8709.00[b]	8223.00b	8447.00b
2	ลักษณะทางกายภาพ	สีขาวขุ่นเนียนละเอียด ไม่แยกชั้น	สีขาวขุ่นเนียนละเอียด ไม่แยกชั้น	สีขาวขุ่นเนียนละเอียด ไม่แยกชั้น
	pH	5.00 [a]	5.00 [a]	5.00 [a]
	ความหนืด (cP)	8612.00 [b]	8680.00 [b]	7961.00 [b]
3	ลักษณะทางกายภาพ	สีขาวขุ่นเนียนละเอียด ไม่แยกชั้น	สีขาวขุ่นเนียนละเอียด ไม่แยกชั้น	สีขาวขุ่นเนียนละเอียด ไม่แยกชั้น
	pH	5.00 [a]	5.00 [a]	5.00 [a]
	ความหนืด (cP)	8689.00 [b]	8534.00 [b]	8155.00 [b]
4	ลักษณะทางกายภาพ	สีขาวขุ่นเนียนละเอียด ไม่แยกชั้น	สีขาวขุ่นเนียนละเอียด ไม่แยกชั้น	สีขาวขุ่นเนียนละเอียด ไม่แยกชั้น
	pH	5.00 [a]	5.00 [a]	5.00 [a]
	ความหนืด (cP)	8049.00 [b]	8932.00 [b]	8155.00 [b]

หมายเหตุ: a,b ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบค่า pH และค่าความหนืดในสูตรตำรับเดียวกันสำหรับก่อนการศึกษาและสภาวะทดสอบ โดยใช้สถิติ Repeat measures ANOVA

ผลิตภัณฑ์บาล์มสมุนไพรที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยน้ำมันหอมระเหยในความเข้มข้น 10% โดยใช้อัตราส่วนของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกมะนาว:เปลือกมะกรูด:ใบสะระแหน่ ที่ (1:1:1) ซึ่งถูกนำมาใช้กับอาสาสมัครผู้สูงอายุที่มีอาการนอนไม่หลับ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าความพึงพอใจหลังการใช้ผลิตภัณฑ์ พบว่าอาสาสมัครส่วนใหญ่มีความพึงพอใจมากที่สุด ในทุกด้าน โดยเฉพาะในด้านความสะดวกในการใช้งาน

(4.28±0.45) และความพึงพอใจต่อกลิ่น (4.38±0.49) นอกจากนี้ ยังพบว่า ความพึงพอใจที่ไม่เกิดอาการแพ้มีคะแนนสูงที่สุด (4.53±0.51) โดยสรุป ความพึงพอใจโดยรวมของผู้สูงอายุที่มีต่อผลิตภัณฑ์บาล์มสมุนไพรอยู่ในระดับมากที่สุด (4.63±0.48) แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสม ได้รับการยอมรับในด้านคุณภาพ ความปลอดภัย กลิ่น และความสะดวกในการใช้งาน และมีศักยภาพในการนำไปพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์สมุนไพรสำหรับผู้สูงอายุในอนาคต (ดังแสดงในตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 คะแนนความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์บาล์มสมุนไพร

รายการประเมิน	$(\bar{x})$ ± S.D.
ความสะดวกในการใช้งาน	4.28 ± 0.45
ความพึงพอใจต่อกลิ่น	4.38 ± 0.49
การไม่เกิดอาการแพ้	4.53 ± 0.51
ความเหมาะสมของความเข้มกลิ่น	4.43 ± 0.50
ระยะเวลาการคงอยู่ของกลิ่น	4.33 ± 0.62
ความเหมาะสมของบรรจุภัณฑ์	3.88 ± 0.69
ความสะดวกในการพกพา	4.03 ± 0.58
ความสวยงามของผลิตภัณฑ์	4.43 ± 0.58
ความง่ายต่อการใช้งาน	4.35 ± 0.48
ความพึงพอใจโดยรวมทุกด้าน	4.63 ± 0.48

วิจารณ์ผลการวิจัย

บาล์มสมุนไพรจากน้ำมันหอมระเหยสามชนิด ได้แก่ มะนาว (*Citrus aurantiifolia*) มะกรูด (*Citrus hystrix*) และสะระแหน่ (*Mentha cordifolia*) เป็นบาล์มสมุนไพรที่เหมาะสมต่อการใช้งานในผู้สูงอายุ และผู้สูงอายุมีความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์หลังการใช้ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการพัฒนาสูตรตำรับบาล์มสมุนไพรโดยอาศัยหลักการทางเภสัชศาสตร์ร่วมกับเทคโนโลยีเครื่องสำอาง สามารถช่วยให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและความคงตัวสูง ทั้งในด้านลักษณะทางกายภาพ ค่า pH และความหนืดของผลิตภัณฑ์ การใช้น้ำมันหอมระเหยหลายชนิดร่วมกันเป็นการสร้างผลลัพธ์ที่หลากหลายและครบถ้วนในด้านการผ่อนคลายและการบรรเทาความเครียด โดยน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน การใช้อัตราส่วนของน้ำมันหอมระเหยที่ใช้ในสูตรตำรับบาล์มสมุนไพร ผลการวิจัยพบว่า น้ำมันหอมระเหยรวมร้อยละ 30 เป็นปริมาณที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความคงตัวทางกายภาพและความหนืดที่เหมาะสม ซึ่งไม่เหลวหรือข้นจนเกินไป ร้อยละที่ใช้ในสูตรนี้ยังช่วยให้กลิ่นหอมสามารถคงอยู่ได้ในระยะเวลานาน โดยไม่เกิดการแยกชั้นหรือการเสื่อมสภาพของสาระสำคัญ การใช้น้ำมันหอมระเหยหลายชนิดร่วมกันในสูตรเดียวกันยังมีผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ที่สูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง

กลิ่นของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์บาล์มสมุนไพร กลิ่นหอมจากน้ำมันหอมระเหยของมะนาว มะกรูด และสะระแหน่ช่วยให้ผู้สูงอายุรู้สึกผ่อนคลายและช่วยในด้านการบรรเทาความเครียด ซึ่งเป็นปัญหาที่พบได้บ่อยในกลุ่มผู้สูงอายุ โดยผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ความพึงพอใจต่อกลิ่นและการไม่เกิดอาการแพ้เป็นสองปัจจัยหลักที่ทำให้ผู้สูงอายุพึงพอใจต่อการใช้ผลิตภัณฑ์นี้ ผลการวิจัยในส่วนนี้จึงสะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของการเลือกน้ำมันหอมระเหยหลายชนิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์สมุนไพร โดยเฉพาะในการทำให้ผู้สูงอายุรู้สึกผ่อนคลายและมีความพึงพอใจในการใช้งานผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ การควบคุมอัตราส่วนและการเลือกใช้วัตถุดิบที่มีคุณภาพยังช่วยเพิ่มความคงตัวและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ในการใช้งานระยะยาว ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี (2556) ที่ระบุว่า การควบคุมองค์ประกอบของสูตรตำรับอย่างระมัดระวัง รวมถึงการเลือกวัตถุดิบที่มีคุณภาพและเหมาะสมสำหรับการใช้งาน จะช่วยให้ผลิตภัณฑ์สมุนไพรในรูปแบบยาภายนอกมีความปลอดภัยและมีคุณภาพสม่ำเสมอ ซึ่งจะช่วยลดความเสี่ยงต่อการเสื่อมสภาพของสารสำคัญที่อาจเกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตที่ไม่เหมาะสม การทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์ในสภาวะเร่ง เช่น การทดสอบภายใต้สภาพอุณหภูมิที่สูงหรือการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในช่วงเวลาสั้น ๆ เป็นการประเมินความคงทนของผลิตภัณฑ์ในสภาวะต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการขนส่งหรือการเก็บรักษา ผลจากการทดสอบพบว่าบาล์มสมุนไพรยังคงรักษาลักษณะทางกายภาพ เช่น สี ความหนืด และกลิ่น รวมถึงคุณสมบัติทางเคมี เช่น ค่า pH ได้อย่างสม่ำเสมอ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นมีความคงตัวสูงในระยะยาวและสามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัย การทดสอบนี้ถือเป็นการยืนยันว่าสูตรตำรับที่เลือกใช้มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานจริง โดยการคงตัวของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทดสอบภายใต้สภาวะเร่งช่วยเสริมความมั่นใจให้กับผู้ใช้ว่าผลิตภัณฑ์สามารถทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมต่าง ๆ และยังคงประสิทธิภาพในระยะยาว ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ผลิตภัณฑ์สามารถตอบสนองความต้องการของผู้สูงอายุได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย ทั้งในการใช้งานประจำวันและการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ การควบคุมกระบวนการผลิตให้เหมาะสมและการเลือกวัตถุดิบอย่างพิถีพิถันจึงเป็นการสร้างความมั่นใจให้กับผู้ใช้ในด้านคุณภาพและความปลอดภัย ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของวินัย ดะหะลัน (2554) ที่กล่าวว่า การควบคุมกระบวนการผลิตและการเลือกวัตถุดิบอย่างเหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์สมุนไพร โดยเฉพาะในด้านการรักษาความคงตัวของผลิตภัณฑ์และลดความเสี่ยงจากการเสื่อมสภาพของสารสำคัญ ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลโดยตรงต่อคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์สมุนไพร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรูปแบบยาภายนอกที่ใช้กับผู้สูงอายุหรือผู้มีสภาพผิวที่บอบบาง การควบคุมกระบวนการผลิตและการเลือกวัตถุดิบอย่างพิถีพิถันจึงช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัวสูงและสามารถคงประสิทธิภาพในการใช้งานได้อย่างยาวนาน ในการวิจัยนี้ผลการทดสอบความคงตัวของบาล์มสมุนไพรที่ใช้น้ำมันหอมระเหยสามชนิด (มะนาว มะกรูด สะระแหน่) แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์คงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีได้อย่างสม่ำเสมอ ซึ่งแสดงถึงความคงตัวของผลิตภัณฑ์และความสามารถในการทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ผลการทดสอบเหล่านี้ทำให้เห็นว่าบาล์มสมุนไพรที่พัฒนาขึ้นมีคุณสมบัติตรงตามข้อกำหนดทั้งในด้านความปลอดภัยและประสิทธิภาพการใช้งาน ด้านความพึงพอใจของผู้ใช้ โดยเฉพาะผู้สูงอายุ พบว่าผู้สูงอายุมีความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์บาล์มสมุนไพรในระดับมากถึงมากที่สุด

ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของโชติมันตา ชินวรารักษ์และคณะ (2561) ที่พบว่าผู้สูงอายุให้ความสำคัญกับความสะดวกในการใช้งาน ความปลอดภัยและการไม่เกิดอาการแพ้ มากกว่าความซับซ้อนของผลิตภัณฑ์ การที่ผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติที่ไม่ก่อให้เกิดอาการแพ้และการไม่ระคายเคืองผิว ถือเป็นปัจจัยที่สำคัญในการสร้างความมั่นใจให้กับผู้ใช้ โดยเฉพาะในกลุ่มผู้สูงอายุที่มักมีผิวที่บอบบางและอาจมีความไวต่อสารเคมีต่าง ๆ ความพึงพอใจต่อกลิ่นก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลโดยตรงต่อการยอมรับของผู้สูงอายุ โดยกลิ่นหอมของผลิตภัณฑ์ช่วยเพิ่มความพึงพอใจและการยอมรับจากผู้ใช้

สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยพบว่า การพัฒนาบาล์มสมุนไพรจากน้ำมันหอมระเหยสามชนิด ได้แก่ มะนาว มะกรูด และสะระแหน่ ชี้ให้เห็นว่าผู้สูงอายุมีความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์บาล์มสมุนไพรในระดับสูง โดยเฉพาะในด้านความปลอดภัย การไม่เกิดอาการแพ้ ความพึงพอใจต่อกลิ่น และความสะดวกในการใช้งาน ซึ่งสะท้อนถึงการยอมรับของผู้สูงอายุต่อผลิตภัณฑ์สมุนไพรในรูปแบบยาภายนอก การทดสอบความคงตัวของบาล์มสมุนไพรในสภาวะเร่งพบว่า ผลิตภัณฑ์ยังคงลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีได้อย่างสม่ำเสมอ ซึ่งแสดงถึงความเหมาะสมของสูตรตำรับในการนำไปใช้งานจริง ผลิตภัณฑ์สมุนไพรมีความคงตัวและลดความเสี่ยงจากการเสื่อมสภาพของสารสำคัญ ผลการวิจัยดังกล่าวสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการดูแลสุขภาพทางเลือกสำหรับผู้สูงอายุที่นอนไม่หลับได้ ทั้งนี้ควรมีคำแนะนำวิธีการใช้งานที่เหมาะสม เช่น การทาก่อนนอนอย่างสม่ำเสมอ และการเฝ้าระวังอาการไม่พึงประสงค์ เพื่อให้เกิดความปลอดภัยสูงสุดในการใช้งานจริง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาสาสมัครผู้สูงอายุที่มีอาการนอนไม่หลับ และโรงพยาบาลสามโคก จังหวัดปทุมธานีที่ให้ความร่วมมือและการสนับสนุนในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ ขอบพระคุณคณาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิสำหรับคำแนะนำและการสนับสนุนทางวิชาการตลอดการดำเนินงานวิจัย รวมถึงมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนครที่เอื้อเฟื้อสถานที่และทรัพยากรในการวิจัย และขอขอบคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ให้ความร่วมมือจนการศึกษาสำเร็จลุล่วงอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

กรมสุขภาพจิต. (2566). รายงานสถานการณ์สุขภาพจิตของคนไทย ปี 2566. นนทบุรี: กรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุข.

กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก. (2562). สุคนธบำบัดกับการส่งเสริมสุขภาพผู้สูงอายุ. กรุงเทพฯ: กระทรวงสาธารณสุข.

คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. (2556). ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทย. อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

โชติมันตา ชินวรารักษ์, สมพร สุขเกษม, และคณะ. (2561). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการยอมรับผลิตภัณฑ์สมุนไพรในผู้สูงอายุ. วารสารพยาบาลศาสตร์, 36(2), 45–58.

สมชาย ประกอบผล. (2564). ปัญหาการใช้งานยานอนหลับในผู้สูงอายุและผลกระทบต่อสุขภาพ. วารสารเวชศาสตร์ผู้สูงอายุ, 15(1), 23–34.

สุรีรัตนา ณ วิเชียร. (2564). การนอนหลับของผู้สูงอายุในชุมชน. วารสารพยาบาลศาสตร์, 36(2), 18–31.

วินัย ดะหะลัน. (2554). สมุนไพรกับการออกฤทธิ์ต่อระบบประสาทส่วนกลาง. วารสารการแพทย์ทางเลือก, 4(2), 67–78.

Draelos, Z. D. (2018). *Cosmetic dermatology: Products and procedures* (2nd ed.). Wiley-Blackwell.

Kotler, P., & Keller, K.L. (2016). *Marketing management* (15th ed.). Pearson Education.

Lee, M.S., Choi, J., Posadzki, P., & Ernst, E. (2017). Aromatherapy for health care: An overview of systematic reviews. *Maturitas, 71*(3), 257–260.

Rowe, R.C., Sheskey, P.J., & Quinn, M.E. (2009). *Handbook of pharmaceutical excipients* (6th ed.). Pharmaceutical Press.

Tisserand, R., & Young, R. (2014). *Essential oil safety: A guide for health care professionals* (2nd ed.). Churchill Livingstone.

World Health Organization. (2019). *WHO global report on traditional and complementary medicine 2019.* Geneva: WHO.

พฤติกรรมการบริโภคข้าวไรซ์เบอร์รี่และผลิตภัณฑ์จากข้าวไรซ์เบอร์รี่ของประชาชนตำบลเมือง อำเภอเมืองเลย จังหวัดเลย

Consumption Behavior of Riceberry Rice and Riceberry-Based Products among Residents of Mueang Subdistrict, Mueang Loei District, Loei Province, Thailand

มาริสา โพธิ์หา1, สุระเดช ไชยตอกเกี้ย1*

Marisa Poha1, Suradech Chaitokkia1*

[1] สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

[1] Department of Food and Nutrition, Faculty of Science and Technology, Loei Rajabhat University, Thailand

*Corresponding author E-mail: suradech.cha@lru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวางนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับความรู้ ทัศนคติ ปัจจัยที่มีอิทธิพลและพฤติกรรมการบริโภคข้าวไรซ์เบอร์รี่และผลิตภัณฑ์จากข้าวไรซ์เบอร์รี่ของประชาชนตำบลเมือง อำเภอเมืองเลย จังหวัดเลย กลุ่มตัวอย่างจำนวน 111 คน เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถามที่ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (IOC = 0.96) และความเชื่อมั่น (Cronbach's alpha = 0.90) วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุเฉลี่ย 36.17 ปี และส่วนใหญ่ไม่มีโรคประจำตัว โดยในภาพรวมมีความรู้เกี่ยวกับการบริโภคข้าวไรซ์เบอร์รี่ในระดับสูง (ร้อยละ 82.9) มีทัศนคติต่อการบริโภคอยู่ในระดับมากที่สุด (ร้อยละ 51.4) และให้ความสำคัญต่อปัจจัยด้านคุณค่าทางโภชนาการ ราคา และช่องทางการจัดจำหน่ายในระดับสูง พฤติกรรมการบริโภคพบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เคยบริโภคข้าวไรซ์เบอร์รี่ (ร้อยละ 71.2) โดยนิยมบริโภคเป็นครั้งคราวมากกว่าการบริโภคเป็นประจำ

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าความรู้และทัศนคติเชิงบวกเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งเสริมการบริโภคข้าวไรซ์เบอร์รี่ ซึ่งข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการส่งเสริมสุขภาพและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากข้าวไรซ์เบอร์รี่ให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคในระดับชุมชนต่อไป

คำสำคัญ : พฤติกรรมการบริโภค, ข้าวไรซ์เบอร์รี่, ผลิตภัณฑ์จากข้าวไรซ์เบอร์รี่, ความรู้, ทัศนคติ

Abstract

This cross-sectional descriptive research aimed to examine the level of knowledge, attitudes, influencing factors, and consumption behaviors regarding riceberry and Riceberry-based products among residents of Mueang Subdistrict, Mueang Loei District, Loei Province. The sample consisted of 111 participants, determined using a proportion estimation formula. Data were collected using a structured questionnaire with high content validity (IOC = 0.96) and reliability (Cronbach's alpha = 0.90). Descriptive statistics, including frequency, percentage, mean, and standard deviation, were used for data analysis. The results revealed that most participants were female, with a mean age of 36.17 years, and the majority reported no underlying diseases. Overall, participants demonstrated a high level of knowledge regarding Riceberry rice consumption (82.9%). The highest level of positive feelings about Riceberry rice and Riceberry-based products was 51.4%. Factors that were seen as very important were nutritional value, price, and distribution channels. Regarding consumption behavior, most participants had previously consumed Riceberry rice (71.2%) and tended to consume it occasionally rather than on a regular basis.

These findings indicate that knowledge and positive attitudes play a significant role in promoting Riceberry rice consumption. The results can be utilized as baseline information for health promotion planning and for developing riceberry-based products that better align with community needs and consumer preferences at the local level.

Keywords : Consumption behaviorม Riceberry rice, Riceberry-based products, Knowledge, Attitude

บทนำ

ปัจจุบันโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (**Non-Communicable Diseases: NCDs)** เช่น โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง และโรคหัวใจและหลอดเลือด เป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญทั้งในระดับโลกและระดับประเทศ โดยมีสาเหตุสำคัญมาจากพฤติกรรมการดำเนินชีวิตที่ไม่เหมาะสม โดยเฉพาะการบริโภคอาหารที่มีรสหวาน มัน และเค็มจัด รวมถึงการขาดการออกกำลังกาย จากข้อมูลแผนปฏิบัติการด้านการป้องกันและควบคุมโรคไม่ติดต่อของประเทศไทย พบว่าโรคในกลุ่ม **NCDs** ยังคงเป็นสาเหตุหลักของการเสียชีวิต และส่งผลกระทบต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศอย่างมีนัยสำคัญ (**Department of Disease Control,** 2023) สถานการณ์ดังกล่าวส่งผลให้ประชาชนเริ่มตระหนักถึงความสำคัญของการดูแลสุขภาพมากขึ้น และหันมาให้ความสนใจในการเลือกบริโภคอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและมีศักยภาพในการป้องกันโรค

หนึ่งในอาหารเพื่อสุขภาพที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในปัจจุบันคือ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ (**Riceberry Rice)** ซึ่งเป็นข้าวเจ้าสีม่วงเข้มที่ได้จากการปรับปรุงพันธุ์ระหว่างข้าวเจ้าหอมนิลและข้าวขาวดอกมะลิ 105 ข้าวไรซ์เบอร์รี่มีคุณสมบัติเด่นด้านโภชนาการ โดยอุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น แอนโทไซยานิน (**Anthocyanin)** แกมมา-ออริซานอล (**Gamma-oryzanol)** และวิตามินอี ซึ่งจากการศึกษาพบว่าสารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตและการเกาะกลุ่มของผลึกแคลเซียมออกซาเลต ซึ่งเป็นสาเหตุของนิ่วในไต และมีศักยภาพในการป้องกันโรคเรื้อรังต่าง ๆ (**Khawsuk et al.,** 2018) นอกจากนี้ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ยังถูกนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพที่หลากหลาย เพื่อตอบสนองต่อวิถีชีวิตของผู้บริโภคในปัจจุบัน เช่น เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพผสมธัญพืชและพรีไบโอติก ซึ่งยังคงคุณค่าของสารแอนโทไซยานินและได้รับการยอมรับด้านประสาทสัมผัสจากผู้บริโภค (**Aroonrungsawasdi et al.,** 2020) รวมถึงการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็ง เช่น ข้าวห่อใบบัวแช่เยือกแข็ง ซึ่งสามารถคงกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระไว้ได้แม้ผ่านกระบวนการแปรรูป (**Parnsakhorn & Langkapin,** 2023)

แม้ว่าข้าวไรซ์เบอร์รี่จะมีคุณประโยชน์ทางโภชนาการที่ชัดเจน แต่การตัดสินใจบริโภคของประชาชนไม่ได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านสุขภาพเพียงอย่างเดียว การศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภคมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากความรู้ (**Knowledge)** ทัศนคติ (**Attitude)** และการปฏิบัติ (**Practice)** เป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดทิศทางการบริโภค งานวิจัยที่ผ่านมาบ่งชี้ว่าการรับรู้ถึงประโยชน์ทางสุขภาพและความเชื่อมั่นในมาตรฐานความปลอดภัยมีผลโดยตรงต่อความเต็มใจจ่าย (**Willingness to Pay)** ของผู้บริโภคชาวไทยต่อข้าวเพื่อสุขภาพ (**Praneetvatakul et al.,** 2022) อย่างไรก็ตาม ปัจจัยด้านรสชาติ ราคา และความสะดวกในการเข้าถึงยังคงเป็นอุปสรรคสำคัญที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อ การเข้าใจถึงกระบวนการตัดสินใจและปัจจัยแวดล้อมเหล่านี้จึงเป็นกุญแจสำคัญที่จะช่วยลดช่องว่างระหว่างความตระหนักรู้ด้านสุขภาพและการบริโภคจริงให้เกิดขึ้นได้อย่างยั่งยืน

ตำบลเมือง อำเภอเมืองเลย จังหวัดเลย เป็นพื้นที่ที่มีการขยายตัวของความเป็นเมืองและมีการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตของประชากรอย่างต่อเนื่อง การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวย่อมส่งผลต่อแบบแผนการบริโภคของประชาชนในพื้นที่ อย่างไรก็ตาม ยังขาดข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับระดับความรู้ ทัศนคติ และพฤติกรรมการบริโภคข้าวไรซ์เบอร์รี่และผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องของประชาชนในพื้นที่ดังกล่าวอย่างชัดเจน การศึกษาในครั้งนี้จึงมุ่งเน้นที่จะสำรวจปัจจัยดังกล่าว เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้เป็นแนวทางในการส่งเสริมสุขภาพและพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวไรซ์เบอร์รี่ให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคในท้องถิ่นต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

1) รูปแบบการวิจัย การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวาง (cross-sectional descriptive research) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความรู้ ทัศนคติ ปัจจัยที่มีอิทธิพล และพฤติกรรมการบริโภคข้าวไรซ์เบอร์รี่และผลิตภัณฑ์จากข้าวไรซ์เบอร์รี่ของประชาชนในตำบลเมือง อำเภอเมืองเลย จังหวัดเลย โดยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในช่วงเวลาเดียวกันจากกลุ่มตัวอย่างด้วยแบบสอบถาม

2) ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือประชาชนที่อาศัยอยู่ในเขตพื้นที่ตำบลเมือง อำเภอเมืองเลย จังหวัดเลย ทั้งเพศชายและเพศหญิง กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง คำนวณโดยใช้สูตรประมาณค่าสัดส่วนกรณีไม่ทราบจำนวนประชากร (ปุญญพัฒน์ ไชยเมล์, 2556) ดังนี้

$n = [Z^2_{\alpha/2}P(1-P)]/e^2$

เมื่อ n คือขนาดตัวอย่าง, $Z_{\alpha/2}$ เป็นค่าจากตาราง Z ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 เมื่อทดสอบ 2 ทาง ค่า Z= 1.96, P คือระดับความแปรปรวน (Degree of variability; p) สัดส่วนของการบริโภคข้าวไรซ์เบอร์รี่และผลิตภัณฑ์จากข้าวไรซ์เบอร์รี่ ในประชากรคิดเป็น p= 0.83 (ศิวาพร แดงโชติ สุนันท์ สีสังข์ และสำอาง สืบสมาน, 2562), e คือระดับความแม่นยำ (Precision level; e หรือ d) และกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนที่ ยอมรับได้เท่ากับ 0.07 เมื่อแทนค่าสูตรได้ขนาดตัวอย่างจำนวน 111 คน โดยมีเกณฑ์คัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง คือ เป็นประชาชนที่มีภูมิลำเนาหรือพักอาศัยอยู่ในตำบลเมือง อำเภอเมืองเลย จังหวัดเลย สามารถฟัง พูด อ่าน และเขียนภาษาไทยได้ ยินยอมเข้าร่วมการวิจัยโดยสมัครใจ ไม่มีภาวะสุขภาพที่เป็นอุปสรรคต่อการให้ข้อมูลหรือไม่สามารถตอบแบบสอบถามได้ครบถ้วน

3) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เป็นแบบสอบถาม ซึ่งผู้วิจัยพัฒนาขึ้นจากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล จำนวน 6 ข้อ ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพสมรส ระดับการศึกษา อาชีพ และรายได้เฉลี่ยต่อเดือน

ส่วนที่ 2 ความรู้เกี่ยวกับข้าวไรซ์เบอร์รี่และผลิตภัณฑ์จากข้าวไรซ์เบอร์รี่ จำนวน 5 ข้อ เป็นคำถามแบบตรวจสอบรายการ (checklist)

ส่วนที่ 3 ทัศนคติต่อการบริโภคข้าวไรซ์เบอร์รี่และผลิตภัณฑ์จากข้าวไรซ์เบอร์รี่ จำนวน 6 ข้อ เป็นแบบมาตรประมาณค่า 5 ระดับ ตามแนวคิดลิเคิร์ต (Likert scale)

ส่วนที่ 4 พฤติกรรมการบริโภคข้าวไรซ์เบอร์รี่และผลิตภัณฑ์จากข้าวไรซ์เบอร์รี่ จำนวน 17 ข้อ เป็นแบบตรวจสอบรายการ (checklist) และคำถามเลือกตอบ เพื่อสะท้อนลักษณะและความถี่ของพฤติกรรมการบริโภค

4) การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ แบบสอบถามที่ใช้ในการวิจัยผ่านการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ตรวจสอบโดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ได้ค่าดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหา (Index of Item-Objective Congruence: IOC) เท่ากับ 0.96 ความเชื่อมั่นของเครื่องมือ (Reliability) ทดสอบกับกลุ่มที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง พบว่าค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach’s alpha) เท่ากับ 0.90

5) การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างในพื้นที่ตำบลเมือง อำเภอเมืองเลย จังหวัดเลย โดยอธิบายวัตถุประสงค์ ขั้นตอนการวิจัย และสิทธิของผู้เข้าร่วมการวิจัยก่อนให้ตอบแบบสอบถาม ผู้ตอบแบบสอบถามกรอกข้อมูลด้วยตนเอง (self-administered questionnaire) โดยไม่ระบุตัวตน เพื่อคุ้มครองความเป็นส่วนตัวของผู้เข้าร่วมการวิจัย

6) การวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนาในการศึกษาพฤติกรรมการบริโภคข้าวไรซ์เบอร์รี่และผลิตภัณฑ์จากข้าวไรซ์เบอร์รี่ของประชาชนตำบลเมือง อำเภอเมืองเลย จังหวัดเลย สามารถแบ่งผลการวิเคราะห์ออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ผลการวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 111 คน พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 59.5 โดยมีอายุเฉลี่ย 36.17 ปี (SD = 11.23) เมื่อพิจารณาสถานภาพสมรส พบว่าส่วนใหญ่อยู่ในสถานภาพโสด คิดเป็นร้อยละ 45.0 รองลงมาคือสถานภาพสมรสหรืออยู่ด้วยกัน ร้อยละ 43.2 สถานภาพหม้าย/หย่าร้างหรือแยกกันอยู่ ร้อยละ 10.8 ด้านระดับการศึกษา พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 36.9 รองลงมาคือระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย/ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ร้อยละ 18.0 ระดับอนุปริญญา/ปวส. ร้อยละ 15.3 ระดับประถมศึกษา ร้อยละ 12.6 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ร้อยละ 11.7 และระดับสูงกว่าปริญญาตรี ร้อยละ 5.4 ในด้านอาชีพ พบว่ากลุ่มตัวอย่างประกอบอาชีพพนักงานบริษัทเอกชน/ลูกจ้าง และนักเรียน/นักศึกษา ในสัดส่วนเท่ากัน คือร้อยละ 20.7 รองลงมาคือประกอบอาชีพธุรกิจส่วนตัว/เจ้าของกิจการ/อาชีพอิสระ ร้อยละ 19.8 กลุ่มตัวอย่างมีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 11,850 บาท (SD = 7,610.15) และมีรายได้มัธยฐานเท่ากับ 10,000 บาท ด้านสถานะสุขภาพ พบว่าส่วนใหญ่ไม่มีโรคประจำตัว คิดเป็นร้อยละ 81.1 ป่วยด้วยโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง ได้แก่ โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง ในสัดส่วนเท่ากัน ร้อยละ 9.0 โรคหัวใจและหลอดเลือด ร้อยละ 5.4 โรคไตเรื้อรัง ร้อยละ 1.8

ส่วนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ระดับความรู้เกี่ยวกับการบริโภคข้าวไรซ์เบอร์รี่และผลิตภัณฑ์จากข้าวไรซ์เบอร์รี่ พบว่าในภาพรวมกลุ่มตัวอย่างมีความรู้และความเข้าใจอยู่ในระดับดีมาก เมื่อจำแนกระดับความรู้ พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่อยู่ในระดับความรู้สูง คิดเป็นร้อยละ 82.9 รองลงมาคือระดับปานกลาง ร้อยละ 12.6 และระดับต่ำ ร้อยละ 4.5 เมื่อพิจารณาความรู้รายข้อ พบว่าประเด็นที่กลุ่มตัวอย่างตอบถูกมากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ ข้าวไรซ์เบอร์รี่มีดัชนีน้ำตาลต่ำกว่าข้าวขาว (ร้อยละ 92.8) สารต้านอนุมูลอิสระในข้าวไรซ์เบอร์รี่ช่วยลดความเสี่ยงโรคหัวใจ (ร้อยละ 91.0) และข้าวไรซ์เบอร์รี่มีปริมาณใยอาหารสูงกว่าข้าวกล้องบางชนิด (ร้อยละ 90.1) อย่างไรก็ตาม ประเด็นที่กลุ่มตัวอย่างยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนมากที่สุด คือ แหล่งกำเนิดของข้าวไรซ์เบอร์รี่ซึ่งเกิดจากการผสมข้ามพันธุ์ระหว่างข้าวหอมนิลกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยมีผู้ตอบผิดร้อยละ 25.2

ส่วนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ทัศนคติต่อการบริโภคข้าวไรซ์เบอร์รี่และผลิตภัณฑ์จากข้าวไรซ์เบอร์รี่ พบว่าโดยรวมมีทัศนคติอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อจำแนกตามระดับทัศนคติ พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่อยู่ในระดับมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 51.4 รองลงมาคือระดับมาก ร้อยละ 45.9 และระดับปานกลาง ร้อยละ 2.7 เมื่อพิจารณาในรายละเอียด พบว่าประเด็นที่กลุ่มตัวอย่างเห็นด้วยอย่างยิ่งมากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ การมองว่าข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นข้าวเพื่อสุขภาพ (ร้อยละ 54.1) ความคุ้มค่าของราคาเมื่อเปรียบเทียบกับคุณประโยชน์ด้านสุขภาพ (ร้อยละ 51.4) และคุณค่าทางโภชนาการที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกรับประทาน (ร้อยละ 41.4) ขณะที่ประเด็นที่กลุ่มตัวอย่างไม่เห็นด้วยมากที่สุด ได้แก่ ความเหมาะสมของข้าวไรซ์เบอร์รี่สำหรับทุกวัย (ร้อยละ 8.1) และรสชาติรวมถึงความนุ่มที่มีผลต่อการเลือกรับประทาน (ร้อยละ 7.2) ทั้งนี้ ภาพรวมสะท้อนให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างมีทัศนคติเชิงบวกต่อคุณค่าเชิงหน้าที่ (functional value) ของข้าวไรซ์เบอร์รี่ โดยเฉพาะในมิติด้านสุขภาพและความคุ้มค่า

ส่วนที่ 4 ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมการบริโภคข้าวไรซ์เบอร์รี่และผลิตภัณฑ์จากข้าวไรซ์เบอร์รี่ ผลการศึกษาพฤติกรรมการบริโภค พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เคยบริโภคข้าวไรซ์เบอร์รี่และผลิตภัณฑ์จากข้าวไรซ์เบอร์รี่ จำนวน 79 คน คิดเป็นร้อยละ 71.2 ลักษณะการบริโภคส่วนใหญ่นิยมหุงข้าวไรซ์เบอร์รี่บริโภคแบบข้าวไรซ์เบอร์รี่ล้วน คิดเป็นร้อยละ 58.2 และมักรับประทานในมื้อเย็นเป็นหลัก (ร้อยละ 27.8) รองลงมาคือมื้อกลางวัน

ด้านความถี่ในการบริโภค พบว่าส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 2–4 ครั้งต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 46.8 อย่างไรก็ตาม กลุ่มตัวอย่างมีความสนใจในการทดลองผลิตภัณฑ์ใหม่ที่พัฒนาจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ในระดับสูง คิดเป็นร้อยละ 78.5 โดยผลิตภัณฑ์ที่เคยบริโภคมากที่สุด ได้แก่ แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ (ร้อยละ 50.6) และน้ำนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ (ร้อยละ 27.8)

ในด้านปัจจัยการตัดสินใจบริโภค พบว่าบุคคลที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจมากที่สุดคือ ตนเอง (ร้อยละ 49.4) รองลงมาคือบุคคลในครอบครัว เหตุผลสำคัญในการเลือกรับประทาน คือ การรับรู้ว่ามีคุณค่าทางโภชนาการสูง (ร้อยละ 75.9) ซึ่งสอดคล้องกับแหล่งข้อมูลที่ทำให้รู้จักผลิตภัณฑ์ โดยส่วนใหญ่ได้รับข้อมูลผ่านช่องทางอินเทอร์เน็ต (ร้อยละ 62.0) และการบอกต่อจากบุคคลรอบข้าง (ร้อยละ 48.1)

ด้านพฤติกรรมการซื้อ พบว่ากลุ่มตัวอย่างนิยมซื้อผลิตภัณฑ์จากห้างสรรพสินค้ามากที่สุด (ร้อยละ *58.2)* ขนาดบรรจุที่นิยมซื้อคือ *1* กิโลกรัม (ร้อยละ *54.4)* โดยระดับราคาที่ซื้อจริงและระดับราคาที่เห็นว่าเหมาะสมส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 50–60 บาทต่อกิโลกรัม สำหรับความถี่ในการซื้อข้าวสาร พบว่าส่วนใหญ่ซื้อเดือนละ 1–2 ครั้ง ขณะที่ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากข้าวไรซ์เบอร์รี่มีความถี่ในการซื้อค่อนข้างต่ำ โดยส่วนใหญ่อยู่ที่ปีละ 1–2 ครั้ง

วิจารณ์ผล (TH SarabunPSK 16 pt. หนา ชิดซ้าย)

ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างมีระดับความรู้เกี่ยวกับการบริโภคข้าวไรซ์เบอร์รี่และผลิตภัณฑ์จากข้าวไรซ์เบอร์รี่อยู่ในระดับสูง โดยเฉพาะความรู้ด้านคุณประโยชน์ทางโภชนาการ เช่น ดัชนีน้ำตาลต่ำ ปริมาณใยอาหาร และสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งสอดคล้องกับคุณลักษณะของข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่มีการรายงานในงานวิจัยก่อนหน้า ว่ามีสารแอนโทไซยานิน แกมมา-ออริซานอล และวิตามินอี ซึ่งมีบทบาทในการลดความเสี่ยงของโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (Khawsuk et al., 2018) ระดับความรู้ที่สูงของกลุ่มตัวอย่างอาจเป็นผลมาจากการเข้าถึงข้อมูลด้านสุขภาพผ่านสื่อออนไลน์ ซึ่งเป็นแหล่งข้อมูลสำคัญที่กลุ่มตัวอย่างรายงานว่ารับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ดังกล่าว

ในด้านทัศนคติ พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีทัศนคติเชิงบวกต่อการบริโภคข้าวไรซ์เบอร์รี่ในระดับมากที่สุด โดยเฉพาะการมองว่าข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นข้าวเพื่อสุขภาพและมีความคุ้มค่าเมื่อเทียบกับคุณประโยชน์ที่ได้รับ ผลดังกล่าวสะท้อนถึงคุณค่าเชิงหน้าที่ (functional value) ของอาหารเพื่อสุขภาพ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดที่ว่า การรับรู้คุณค่าทางโภชนาการและประโยชน์ด้านสุขภาพมีอิทธิพลโดยตรงต่อความตั้งใจในการเลือกบริโภคและความเต็มใจจ่ายของผู้บริโภค (Praneetvatakul et al., 2022) อย่างไรก็ตาม ประเด็นด้านความเหมาะสมสำหรับทุกวัยและรสชาติยังคงเป็นข้อจำกัดที่ส่งผลต่อการยอมรับในบางกลุ่ม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ระบุว่าปัจจัยด้านประสาทสัมผัสและความคุ้นเคยมีผลต่อการตัดสินใจเลือกอาหารเพื่อสุขภาพ (Aroonrungsawasdi et al., 2020)

เมื่อพิจารณาพฤติกรรมการบริโภค พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เคยบริโภคข้าวไรซ์เบอร์รี่ แต่ยังบริโภคในลักษณะเป็นครั้งคราวมากกว่าการบริโภคเป็นประจำ ซึ่งสะท้อนช่องว่างระหว่างความรู้และพฤติกรรมจริง สอดคล้องกับบริบทการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตของประชาชนในเขตเมืองที่ยังคำนึงถึงราคา ความสะดวก และพฤติกรรมการบริโภคของครัวเรือนเป็นสำคัญ ผลการศึกษายังชี้ให้เห็นถึงศักยภาพในการพัฒนาผลิตภัณฑ์แปรรูปจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างมีความสนใจทดลองผลิตภัณฑ์ใหม่ในระดับสูง ซึ่งสอดคล้องกับแนวโน้มการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพที่สามารถคงคุณค่าทางโภชนาการหลังการแปรรูป (Parnsakhorn & Langkapin, 2023)

โดยสรุป ความรู้และทัศนคติเชิงบวกเป็นปัจจัยสำคัญที่เอื้อต่อการบริโภคข้าวไรซ์เบอร์รี่ อย่างไรก็ตาม การส่งเสริมให้เกิดการบริโภคอย่างสม่ำเสมอจำเป็นต้องพิจารณาปัจจัยด้านราคา ความสะดวก และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ตอบสนองต่อรสนิยมของผู้บริโภคในระดับชุมชนควบคู่กันไป

ผลการศึกษานี้จึงสนับสนุนแนวทางการป้องกันโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (**NCDs**) ผ่านการส่งเสริมพฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพในระดับชุมชน ซึ่งสอดคล้องกับแผนปฏิบัติการด้านการป้องกันและควบคุมโรคไม่ติดต่อของประเทศไทย

สรุปผล

การวิจัยเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวางครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับความรู้ ทัศนคติ ปัจจัยที่มีอิทธิพล และพฤติกรรมการบริโภคข้าวไรซ์เบอร์รี่และผลิตภัณฑ์จากข้าวไรซ์เบอร์รี่ของประชาชนตำบลเมืองอำเภอเมืองเลย จังหวัดเลย กลุ่มตัวอย่างจำนวน 111 คน ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุเฉลี่ย 36.17 ปี และส่วนใหญ่ไม่มีโรคประจำตัว

ในภาพรวม กลุ่มตัวอย่างมีความรู้เกี่ยวกับการบริโภคข้าวไรซ์เบอร์รี่ในระดับสูง โดยเฉพาะความรู้ด้านคุณประโยชน์ทางโภชนาการ เช่น ดัชนีน้ำตาลต่ำ ปริมาณใยอาหาร และสารต้านอนุมูลอิสระ อย่างไรก็ตาม ยังพบข้อจำกัดด้านความรู้เกี่ยวกับที่มาของสายพันธุ์ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ซึ่งสะท้อนถึงความจำเป็นในการสื่อสารองค์ความรู้เชิงลึกให้กับประชาชนมากขึ้น

ด้านทัศนคติ พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีทัศนคติต่อการบริโภคข้าวไรซ์เบอร์รี่และผลิตภัณฑ์จากข้าวไรซ์เบอร์รี่อยู่ในระดับมากที่สุด โดยมองว่าข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นอาหารเพื่อสุขภาพและมีความคุ้มค่าเมื่อเทียบกับคุณประโยชน์ที่ได้รับ ขณะที่ประเด็นด้านรสชาติ ความนุ่ม และความเหมาะสมสำหรับทุกวัยยังคงเป็นข้อจำกัดในบางกลุ่ม

ด้านพฤติกรรมการบริโภค พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เคยบริโภคข้าวไรซ์เบอร์รี่ แต่ยังบริโภคในลักษณะเป็นครั้งคราวมากกว่าการบริโภคเป็นประจำ ทั้งนี้ ปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจบริโภค ได้แก่ คุณค่าทางโภชนาการ ราคา และช่องทางการจัดจำหน่าย โดยแหล่งข้อมูลหลักที่ทำให้รู้จักผลิตภัณฑ์คือสื่ออินเทอร์เน็ต

ข้อเสนอแนะ

1) หน่วยงานด้านสาธารณสุขและองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นควรส่งเสริมความรู้เกี่ยวกับข้าวไรซ์เบอร์รี่ในเชิงโภชนาการและเชิงสายพันธุ์ควบคู่กันไป ผ่านสื่อออนไลน์และกิจกรรมในชุมชน เพื่อกระตุ้นให้เกิดการบริโภคอย่างสม่ำเสมอ นอกจากนี้ ผู้ประกอบการควรพัฒนาผลิตภัณฑ์จากข้าวไรซ์เบอร์รี่ให้มีความหลากหลายด้านรสชาติ ความนุ่ม และรูปแบบการบริโภค เพื่อเพิ่มการยอมรับในทุกช่วงวัย

2) ภาครัฐควรสนับสนุนการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ในระดับชุมชน รวมถึงการกำหนดกลไกด้านราคาและช่องทางการจัดจำหน่ายที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มการเข้าถึงของผู้บริโภค

เอกสารอ้างอิง

Aroonrungsawasdi, S., Chumsri, N., & Utarwuthipong, T. 2020. Healthy drink from Riceberry rice with black bean and FOS-prebiotic. Journal of Food Technology, Siam University 15(1): 28–36.

Department of Disease Control. 2023. Action plan for prevention and control of non-communicable diseases in Thailand (2023 - 2027). Ministry of Public Health. Available: https://ddc.moph.go.th/uploads/publish/1625920241004031950.pdf. Accessed Dec.14, 2025.

Khawsuk, W., Semangoen, T., Nuurai, P., Mepan, W., & Wingworn, K. 2018. Antioxidant activity of unpolished Riceberry rice (Oryza sativa) and the inhibition of calcium oxalate crystal growth and aggregation. Chulalongkorn Medical Journal 62(3): 419–434.

Parnsakhorn, S., & Langkapin, J. 2023. Effect of Riceberry rice on antioxidant activities of rice wrapped lotus leaf frozen product and changes in physical properties after thawing. Journal of Applied Research on Science and Technology (JARST) 22(1): 1–12.

Praneetvatakul, S., Phutcharoenporn, P., & Kampan, S. 2022. Chinese and Thai consumers' willingness to pay for quality rice attributes: A discrete choice experiment method. Frontiers in Sustainable Food Systems 7: Article 1270331.

ปุญญพัฒน์ ไชยเมล์. 2556. การกำหนดขนาดตัวอย่างสำหรับการวิจัยเชิงพรรณนาในงานสาธารณสุข. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ 16(2): 9–18.

ศิวาพร แดงโชติ สุนันท์ สีสังข์ และสำอาง สืบสมาน. 2562. การบริโภคข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงของแต่ละกลุ่มวัย กรณีศึกษาผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร. น. 1639-1649. ใน: ประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 9 29 พฤศจิกายน 2562. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

ผลของโปรแกรมส่งเสริมการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ผ่านแรงสนับสนุนทางสังคมในมารดาวัยทำงาน

Enhancing Breastfeeding Practices in Working Mothers: The Rols of a Social Support Program

กนกภรณ์ รัตนามตกุล [1*]

Kanokporn Ratanamatakul [1*]

[1] โรงพยาบาลหล่มสัก 15 ถนนสามัคคีชัย ตำบลหล่มสัก อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์

[1] Lomsak Hospital 15 Samakkhi Chai Road, Lomsak Subdistrict, Lomsak District, Phetchabun 67110,Thailand

*Corresponding author E-mail: kanokp.107@gmail.com

บทคัดย่อ

ความเป็นมา: อัตราการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่อย่างเดียวในกลุ่มมารดาวัยทำงานยังคงต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานในระดับโลก โดยเฉพาะในประเทศกำลังพัฒนาที่มีระบบสนับสนุนในสถานที่ทำงานจำกัด การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและประเมินระบบส่งเสริมการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่สำหรับมารดาวัยทำงานผ่านการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม

วิธีการ: ดำเนินการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ในอำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ ตามแนวคิดของ Kemmis และ McTaggart ที่ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน (การวางแผน การปฏิบัติ การสังเกต การสะท้อนผล) กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยมารดาวัยทำงาน 62 คน (กลุ่มก่อนทดลอง 30 คน กลุ่มหลังทดลอง 32 คน) และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลัก ได้แก่ สมาชิกในครอบครัว นายจ้าง และบุคลากรทางการแพทย์ การทดลองใช้นวัตกรรม "ชุดคุณแม่พลังปั๊ม" ที่บูรณาการกับระบบสนับสนุนทางสังคมหลายระดับ

ผลการศึกษา: การทดลองสามารถเพิ่มอัตราการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่อย่างเดียวจาก 30.0% เป็น 75.0% ในการประเมินครั้งแรก ($p < 0.001$) และคงอยู่ที่ 71.9% ในการประเมินครั้งที่สอง การให้นมผสมลดลงจาก 53.3% เป็น 25.0% ส่วนการไม่ให้นมแม่ลดลงจาก 16.7% เป็น 0.0% ในช่วงแรกและ 3.1% ในการติดตาม ความพึงพอใจต่อโปรแกรมอยู่ในระดับสูง (คะแนนเฉลี่ย 4.31 ± 0.50) โดยผู้เข้าร่วม 90.7% รายงานความพึงพอใจในระดับสูงถึงสูงมาก การวิเคราะห์เชิงคุณภาพพบประเด็นสำคัญ 4 ด้าน ได้แก่ การได้รับความรู้ใหม่ การสนับสนุนจากทีม การเปลี่ยนแปลงของครอบครัว และการเพิ่มขึ้นของความมั่นใจ

บทสรุป: การวิจัยเชิงปฏิบัติการ สามารถพัฒนาระบบส่งเสริมการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่สำหรับมารดาวัยทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน การบูรณาการเครื่องมือนวัตกรรม การมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลายภาคส่วน และกลไกการสื่อสารป้อนกลับอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้เกิดการปรับปรุงอัตราการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่อย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญและยั่งยืน โมเดลนี้ให้กรอบแนวคิดที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในบริบทที่คล้ายคลึงกันได้

คำสำคัญ : การส่งเสริมการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่,มารดาวัยทำงาน,การสนับสนุนทางสังคม, การแทรกแซงในสถานที่ทำงาน

Abstract

Background: Exclusive breastfeeding rates among working mothers remain suboptimal globally, particularly in developing countries where workplace support systems are limited. This study aimed to develop and evaluate a comprehensive breastfeeding promotion system for working mothers through participatory action research.

Methods: A participatory action research study was conducted in Lom Sak District, Thailand, following Kemmis and McTaggart's four-phase cyclical approach (planning, action, observation, reflection). The study included 62 working mothers (30 pre-intervention, 32 post-intervention) and key stakeholders including family members, employers, and healthcare personnel. The intervention featured the innovative "Power Pump Mother Kit" integrated with multi-level social support systems.

Results: The intervention significantly increased exclusive breastfeeding rates from 30.0% to 75.0% at first evaluation ($p < 0.001$), maintaining 71.9% at second evaluation. Mixed feeding decreased from 53.3% to 25.0%, while non-breastfeeding dropped from 16.7% to 0.0% initially and 3.1% at follow-up. Program satisfaction was high (mean score 4.31 ± 0.50), with 90.7% of participants reporting high to very high satisfaction levels. Qualitative analysis revealed four key themes: acquisition of new knowledge, team support, family transformation, and increased self-confidence.

Conclusions: The participatory action research approach effectively developed a sustainable breastfeeding promotion system for working mothers. The integration of innovative tools, multi-stakeholder participation, and continuous feedback mechanisms resulted in significant and sustained improvements in exclusive breastfeeding rates. This model provides a replicable framework for similar interventions in comparable settings.

Keywords : Breastfeeding promotion, working mothers, social support, workplace intervention

บทนำ

การเลี้ยงลูกด้วยนมแม่อย่างเดียวในช่วง 6 เดือนแรกของชีวิตเป็นแนวทางการเลี้ยงดูทารกที่ได้รับการยอมรับในระดับสากลว่าเหมาะสมและมีประโยชน์สูงสุด ทั้งต่อสุขภาพของทารกและมารดา องค์การอนามัยโลก (World Health Organization: WHO) แนะนำให้มารดาเลี้ยงลูกด้วยนมแม่อย่างเดียวในช่วง 6 เดือนแรก และเลี้ยงต่อเนื่องร่วมกับอาหารเสริมที่เหมาะสมจนถึงอายุ 2 ปีหรือมากกว่า เนื่องจากนมแม่มีคุณค่าทางโภชนาการครบถ้วน ช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน ลดอัตราการเจ็บป่วยของทารก และส่งผลดีต่อสุขภาพของมารดาในระยะยาว (World Health Organization & UNICEF, 2009; Lawrence & Lawrence, **2021**; Tschiderer et al., 2022)

อย่างไรก็ตาม อัตราการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่อย่างเดียวในกลุ่มมารดาวัยทำงานยังคงต่ำกว่าเกณฑ์ที่แนะนำ โดยเฉพาะในประเทศกำลังพัฒนา รวมถึงประเทศไทย งานวิจัยหลายฉบับพบว่า การกลับไปทำงานหลังคลอดเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้มารดาหยุดหรือไม่สามารถคงการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่อย่างเดียวได้ เนื่องจากข้อจำกัดด้านเวลาภาระงาน ความไม่ยืดหยุ่นของตารางการทำงาน และการขาดสิ่งอำนวยความสะดวกในการปั๊มและเก็บรักษาน้ำนมในสถานที่ทำงาน (Aikawa et al., 2015; Hankimhun et al., 2011; Cetthakrikul et al., 2024)

นอกจากนี้ แรงสนับสนุนทางสังคมจากครอบครัว สถานที่ทำงาน และบุคลากรสุขภาพ มีบทบาทสำคัญต่อการตัดสินใจและความสามารถในการคงการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ของมารดาวัยทำงาน โดยเฉพาะแรงสนับสนุนด้านอารมณ์ ข้อมูลข่าวสาร และการสนับสนุนเชิงโครงสร้าง เช่น นโยบายในสถานประกอบการหรือการจัดสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการให้นมแม่ (House, 1981; Topothai et al., 2022; Tang et al., 2021)

แนวทางการส่งเสริมการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ที่ผ่านมา มักมุ่งเน้นการให้ความรู้หรือการให้คำปรึกษาในระดับบุคคลเป็นหลัก ซึ่งอาจยังไม่เพียงพอในการแก้ไขปัญหาเชิงระบบที่ซับซ้อนของมารดาวัยทำงาน การพัฒนาระบบส่งเสริมการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ที่บูรณาการนวัตกรรม เครื่องมือ และแรงสนับสนุนจากหลายภาคส่วน จึงเป็นแนวทางที่มีศักยภาพในการเพิ่มอัตราและความต่อเนื่องของการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ (Kim et al., 2018; Tang et al., 2021)

การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (Participatory Action Research: PAR) เป็นกระบวนการวิจัยที่เน้นการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการระบุปัญหา วางแผน ปฏิบัติ สังเกต และสะท้อนผลอย่างเป็นวงจร ทำให้เกิดการเรียนรู้ร่วมกันและการพัฒนาระบบที่เหมาะสมกับบริบทจริง (Kemmis & McTaggart, 2005; Baum et al., 2006) ดังนั้น การศึกษานี้จึงมุ่งพัฒนาระบบส่งเสริมการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่สำหรับมารดาวัยทำงานผ่านกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม โดยบูรณาการนวัตกรรมการปั๊มนมและแรงสนับสนุนทางสังคมหลายระดับ เพื่อส่งเสริมการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่อย่างเดียวอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาระบบส่งเสริมการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่สำหรับมารดาวัยทำงาน โดยใช้กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม

2. เพื่อศึกษาผลของระบบส่งเสริมการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ต่อรูปแบบและความต่อเนื่องของการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ในมารดาวัยทำงาน

3. เพื่อประเมินความพึงพอใจและประสบการณ์ของมารดาวัยทำงานต่อระบบส่งเสริมการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ที่พัฒนาขึ้น

วิธีการดำเนินการวิจัย (TH SarabunPSK 16 pt. หนา ชิดซ้าย)

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (Participatory Action Research: PAR) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและประเมินระบบส่งเสริมการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่สำหรับมารดาวัยทำงาน รายละเอียดวิธีดำเนินการวิจัยประกอบด้วย รูปแบบการวิจัย ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง หน่วยทดลอง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล สถานที่และระยะเวลาการดำเนินการวิจัย ดังนี้

รูปแบบการวิจัย การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (Participatory Action Research: PAR) ดำเนินการตามแนวคิดของ Kemmis และ McTaggart ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการ 4 ขั้นตอน ได้แก่ การวางแผน (Plan) การปฏิบัติ (Act) การสังเกต (Observe) และการสะท้อนผล (Reflect) โดยดำเนินการเป็น 2 วงรอบการวิจัย เพื่อให้เกิดการพัฒนา ปรับปรุง และยกระดับระบบส่งเสริมการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ให้เหมาะสมกับบริบทของมารดาวัยทำงานอย่างต่อเนื่อง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ มารดาวัยทำงานที่มีบุตรอายุไม่เกิน 6 เดือน และอาศัยอยู่ในพื้นที่อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์

กลุ่มตัวอย่างคัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวนทั้งสิ้น 62 คน แบ่งเป็นกลุ่มก่อนการดำเนินโปรแกรม จำนวน 30 คน และกลุ่มหลังการดำเนินโปรแกรม จำนวน 32 คน

เกณฑ์การคัดเข้า

1. เป็นมารดาวัยทำงานที่มีบุตรอายุไม่เกิน 6 เดือน
2. สมัครใจเข้าร่วมการวิจัยและสามารถเข้าร่วมกิจกรรมได้ตลอดระยะเวลาการศึกษา
3. ไม่มีข้อห้ามทางการแพทย์ต่อการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่

เกณฑ์การคัดออก

1. มารดาหรือทารกมีภาวะเจ็บป่วยที่เป็นข้อห้ามต่อการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่
2. ผู้เข้าร่วมขอถอนตัวจากการวิจัยในระหว่างการดำเนินการ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย

1. แบบสอบถามข้อมูลทั่วไปของมารดาวัยทำงาน
2. แบบสอบถามแรงสนับสนุนทางสังคมต่อการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่
3. แบบสอบถามรูปแบบการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่
4. แบบบันทึกภาคสนามและแบบสอบถามปลายเปิดสำหรับการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ

เครื่องมือทั้งหมดผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน และมีค่าความเที่ยง (Cronbach’s alpha coefficient) เท่ากับ 1.00

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 วงรอบการวิจัย ดังนี้

วงรอบที่ 1 การพัฒนาและทดลองใช้ระบบ

1. การวางแผน (Plan): วิเคราะห์สถานการณ์และอุปสรรคของการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ในมารดาวัยทำงาน ร่วมกับทีมพยาบาล อสม. และผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง
2. การปฏิบัติ (Act): พัฒนานวัตกรรม “ชุดคุณแม่พลังปั๊ม” และดำเนินกิจกรรมให้ความรู้ การสาธิต และการฝึกปฏิบัติ
3. การสังเกต (Observe): เก็บข้อมูลรูปแบบการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่และพฤติกรรมการปั๊มนม
4. การสะท้อนผล (Reflect): ประชุมสรุปผลร่วมกับผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง เพื่อปรับปรุงแนวทางในวงรอบถัดไป

วงรอบที่ 2 การดำเนินงานเต็มรูปแบบและการขยายผล

1. การวางแผน (Plan): ปรับปรุงระบบและกิจกรรมให้เหมาะสมกับบริบทชุมชน
2. การปฏิบัติ (Act): ดำเนินการเยี่ยมบ้านและเยี่ยมสถานที่ทำงาน ให้คำปรึกษาเฉพาะราย
3. การสังเกต (Observe): ประเมินผลรูปแบบการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่เมื่อทารกอายุครบ 6 เดือน
4. การสะท้อนผล (Reflect): สรุปบทเรียนและจัดทำข้อเสนอเชิงระบบ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บรวบรวมข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ก่อน ระหว่าง และหลังการดำเนินโปรแกรม โดยใช้แบบสอบถามและแบบบันทึกภาคสนามตามขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป ดังนี้

1. สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
2. Chi-square test เพื่อเปรียบเทียบสัดส่วนรูปแบบการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่
3. Paired t-test เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยก่อนและหลังการเข้าร่วมโปรแกรม
4. McNemar test เพื่อประเมินความมั่นคงของรูปแบบการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) โดยการจัดหมวดหมู่ข้อมูลและสังเคราะห์ประเด็นสำคัญ พร้อมตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลด้วยการตรวจสอบจากผู้ให้ข้อมูล (Member check)

สถานที่และระยะเวลาดำเนินการวิจัย การวิจัยดำเนินการในพื้นที่อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ ได้แก่ โรงพยาบาลหล่มสัก ชุมชน และสถานที่ทำงานของมารดาวัยทำงาน ระยะเวลาดำเนินการวิจัยตั้งแต่เดือน 24 เมษายน ถึง 24 สิงหาคม พ.ศ. 2568

ผลการวิจัย (TH SarabunPSK 16 pt. หนา ชิดซ้าย)

1. ข้อมูลด้านประชากรศาสตร์ของผู้เข้าร่วมการวิจัย

ตารางที่ 1. ลักษณะทั่วไปของผู้เข้าร่วมการวิจัย *(N = 62)*

ลักษณะทั่วไป	**กลุ่มก่อนทดลอง (n=30)**	**กลุ่มหลังทดลอง (n=32)**	**p-value**
อายุ (ปี)	27.2 ± 3.1	27.6 ± 3.3	0.632[a]
ระดับการศึกษา			0.891[b]
ต่ำกว่าปริญญาตรี	12 (40.0%)	14 (43.8%)	
ปริญญาตรี	15 (50.0%)	15 (46.9%)	
สูงกว่าปริญญาตรี	3 (10.0%)	3 (9.4%)	
สถานภาพสมรส			0.762[b]
สมรส	28 (93.3%)	30 (93.8%)	
โสด/หย่าร้าง	2 (6.7%)	2 (6.3%)	
อาชีพ			0.956[b]
ค้าขาย	10 (33.3%)	12 (37.5%)	
ครู/อาจารย์	6 (20.0%)	6 (18.8%)	

รับจ้างทั่วไป	8 (26.7%)	8 (25.0%)	
แม่บ้าน	4 (13.3%)	4 (12.5%)	
อื่น ๆ	2 (6.7%)	2 (6.3%)	
รายได้ครอบครัว (บาท/เดือน)	18,450 ± 6,230	19,120 ± 6,580	0.723[a]
ชั่วโมงทำงาน (ชม./สัปดาห์)	34.8 ± 12.2	35.6 ± 13.1	0.798[a]
ระยะทางบ้าน–ที่ทำงาน (กม.)	8.4 ± 4.2	8.7 ± 4.5	0.845[a]
จำนวนบุตร			0.912[b]
1 คน	18 (60.0%)	19 (59.4%)	
2 คน	9 (30.0%)	10 (31.3%)	
≥3 คน	3 (10.0%)	3 (9.4%)	
อายุทารก (เดือน)	2.8 ± 1.6	3.0 ± 1.7	0.687[a]
เพศทารก			0.823[b]
ชาย	16 (53.3%)	18 (56.3%)	
หญิง	14 (46.7%)	14 (43.8%)	
ประสบการณ์เลี้ยงลูกด้วยนมแม่เดิม			0.778[b]
มี	12 (40.0%)	14 (43.8%)	
ไม่มี	18 (60.0%)	18 (56.3%)	

หมายเหตุ: [a] *Independent t-test (Pagano, 2013);* [b] *Chi-square test*

ตารางที่ 1 ผู้เข้าร่วมการวิจัยมีจำนวนทั้งสิ้น 62 คน โดยกลุ่มก่อนทดลองมี 30 คน และกลุ่มหลังทดลองมี 32 คน อายุเฉลี่ยของกลุ่มก่อนทดลองเท่ากับ 27.2 ปี (*SD* = 3.1) และกลุ่มหลังทดลองเท่ากับ 27.6 ปี (*SD* = 3.3)ผู้เข้าร่วมส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 50.0 ในกลุ่มก่อนทดลอง และร้อยละ 46.9 ในกลุ่มหลังทดลอง ส่วนใหญ่มีสถานภาพสมรส ร้อยละ 93.3 และ 93.8 ตามลำดับ อาชีพที่พบมากที่สุดคือค้าขาย คิดเป็นร้อยละ 33.3 ในกลุ่มก่อนทดลอง และร้อยละ 37.5 ในกลุ่มหลังทดลอง รายได้ครอบครัวเฉลี่ยของทั้งสองกลุ่มใกล้เคียงกัน โดยกลุ่มก่อนทดลองเฉลี่ย 18,450 บาทต่อเดือน (*SD* = 6,230) และกลุ่มหลังทดลองเฉลี่ย 19,120 บาทต่อเดือน (*SD* = 6,580) ชั่วโมง ทำงานเฉลี่ยต่อสัปดาห์เท่ากับ 34.8 และ 35.6 ชั่วโมงตามลำดับ ระยะทางจากบ้านถึงที่ทำงานเฉลี่ย 8.4 และ 8.7 กิโลเมตร ผู้เข้าร่วมส่วนใหญ่มีบุตร 1 คน ร้อยละ 60.0 และ

59.4 ตามลำดับ อายุทารกเฉลี่ย 2.8 และ 3.0 เดือน เพศชายมากกว่าหญิงเล็กน้อย และเกินครึ่งของผู้เข้าร่วมไม่มีประสบการณ์การเลี้ยงลูกด้วยนมแม่มาก่อน

2. ผลลัพธ์ด้านระยะเวลาการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่

ตารางที่ 2. รูปแบบการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ของมารดาในแต่ละช่วงเวลาการประเมิน (N = 62)

รูปแบบการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่	ก่อนการทดลอง (Pre-intervention, n=30)	หลังการทดลองครั้งที่ 1 (เริ่มโครงการ, n=32)	หลังการทดลองครั้งที่ 2 (ทารกอายุ 6 เดือน, n=32)	χ^2	p-value
การได้รับนมแม่ทั้งหมด (นมแม่อย่างเดียว + นมแม่ร่วมกับนมผสม)	25 (83.3%)	32 (100.0%)	31 (96.9%)	7.214	0.027
นมแม่อย่างเดียว	9 (30.0%)	24 (75.0%)	23 (71.9%)	21.438	< 0.001
นมแม่ร่วมกับนมผสม	16 (53.3%)	8 (25.0%)	8 (25.0%)	5.833	0.016
ไม่ได้นมแม่	5 (16.7%)	0 (0.0%)	1 (3.1%)	6.176	0.013

หมายเหตุ: *χ^2 = ค่า Chi-square test; p-value = ค่าความน่าจะเป็นทางสถิติจากการทดสอบความแตกต่างระหว่างช่วงเวลา ข้อมูลแสดงเป็น จำนวน (ร้อยละ); ช่วงความเชื่อมั่น 95% คำนวณตามวิธีของ Newcombe (1998)*

ตารางที่ 2 ก่อนการทดลอง มารดาส่วนใหญ่ให้ลูกได้รับนมแม่ในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง จำนวน 25 คน (ร้อยละ 83.3) โดยแบ่งเป็นการให้นมแม่ร่วมกับนมผสม 16 คน (ร้อยละ 53.3) และให้นมแม่อย่างเดียว 9 คน (ร้อยละ 30.0) ส่วนผู้ที่ไม่ให้นมแม่มี 5 คน (ร้อยละ 16.7) หลังการเข้าร่วมโปรแกรมครั้งแรก มารดาทุกคน (ร้อยละ 100.0) รายงานว่าทารกได้รับนมแม่ โดยในจำนวนนี้มี 24 คน (ร้อยละ 75.0) ที่เลี้ยงลูกด้วยนมแม่อย่างเดียว และ 8 คน (ร้อยละ 25.0) ให้นมแม่ร่วมกับนมผสม ไม่มีรายใดที่ไม่ให้นมแม่เลย เมื่อประเมินในช่วงที่ทารกอายุ 6 เดือน พบว่า มารดายังคงให้ลูกได้รับนมแม่ในอัตราสูง 31 คน (ร้อยละ 96.9) โดยมี 23 คน (ร้อยละ 71.9) ที่ยังคงเลี้ยงลูกด้วยนมแม่อย่างเดียว 8 คน (ร้อยละ 25.0) ให้นมแม่ร่วมกับนมผสม และมีเพียง 1 คน (ร้อยละ 3.1) ที่ไม่ให้นมแม่ ผลการทดสอบทางสถิติ พบว่า การเปลี่ยนแปลงของรูปแบบการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ ในแต่ละช่วงเวลามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเฉพาะกลุ่มมารดาที่ให้นมแม่อย่างเดียว ($\chi^2 = 21.438$, $p < 0.001$) และการได้รับนมแม่ทั้งหมด ($\chi^2 = 7.214$, $p = 0.027$)

ความมั่นคงของผลลัพธ์ในระยะยาว เพื่อประเมินความคงอยู่ของพฤติกรรมการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่หลังสิ้นสุดโปรแกรม ได้เปรียบเทียบรูปแบบการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ระหว่าง หลังการทดลองครั้งที่ 1 (เข้าร่วมโครงการ) และ หลังการทดลองครั้งที่ 2 (เมื่อทารกอายุครบ 6 เดือน)

3. ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3. ความมั่นคงของรูปแบบการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ระหว่างหลังการทดลองครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 (n = 32)

รูปแบบการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่	หลังการทดลองครั้งที่ 1 เริ่มโครงการ)	หลังการทดลองครั้งที่ 2 ทารกอายุ 6 เดือน)	ค่าทดสอบ (McNemar test)	p-value
การได้รับนมแม่ทั้งหมด (นมแม่อย่างเดียว + นมแม่ร่วมกับนมผสม)	32 (100.0%)	31 (96.9%)	0.000	1.000
นมแม่อย่างเดียว	24 (75.0%)	23 (71.9%)	0.250	0.617
นมแม่ร่วมกับนมผสม	8 (25.0%)	8 (25.0%)	-	-
ไม่ได้นมแม่	0 (0.0%)	1 (3.1%)	-	-

หมายเหตุ: ใช้สถิติ McNemar test สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลแบบคู่ (paired nominal data) เพื่อประเมินความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาหลังการทดลองครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ข้อมูลแสดงเป็นจำนวน (ร้อยละ)

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์พบว่า หลังสิ้นสุดโปรแกรมและเมื่อทารกอายุครบ 6 เดือน มารดายังคงให้ลูกได้รับนมแม่ในอัตราสูง โดยการได้รับนมแม่ทั้งหมด (ทั้งแบบนมแม่อย่างเดียวและร่วมกับนมผสม) คิดเป็นร้อยละ 96.9 เทียบกับร้อยละ 100.0 ในช่วงหลังการทดลองครั้งที่ 1 มารดาที่เลี้ยงลูกด้วยนมแม่อย่างเดียวลดลงเล็กน้อยจากร้อยละ 75.0 เหลือร้อยละ 71.9 ขณะที่มารดาที่เลี้ยงลูกด้วยนมแม่ร่วมกับนมผสมคงที่ที่ร้อยละ 25.0 และมารดาที่ไม่ให้นมแม่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากร้อยละ 0.0 เป็นร้อยละ 3.1 ผลการทดสอบ *McNemar* พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ระหว่างหลังการทดลองครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ($p > 0.05$) แสดงให้เห็นว่าพฤติกรรมการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ของมารดามีความคงอยู่ต่อเนื่องในระยะเวลา 6 เดือนหลังเข้าร่วมโครงการ

4. ความพึงพอใจของมารดาต่อโปรแกรมส่งเสริมการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ ข้อมูลด้านความพึงพอใจของมารดาต่อโปรแกรม ได้มาจากการตอบแบบสอบถามปลายเปิด ซึ่งมารดาได้บันทึกความคิดเห็นด้วยตนเองหลังเข้าร่วมโครงการครบระยะเวลา 3 เดือน และเมื่อสิ้นสุดการติดตามที่ 6 เดือน โดยผลการวิเคราะห์เนื้อหาจากคำตอบของมารดาทั้งหมดจำนวน 32 ชุด สรุปเป็นประเด็นสำคัญดังแสดงในตารางที่ 4.

ตารางที่ 4. ประเด็นความพึงพอใจของมารดาต่อโปรแกรมส่งเสริมการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ (*n* = 32)

หมวดเนื้อหา (Theme)	ตัวอย่างข้อความจากผู้ตอบแบบสอบถาม	จำนวนผู้กล่าวถึง (n)	ร้อยละ (%)
1. ได้รับความรู้และเข้าใจการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่มากขึ้น	“เข้าใจวิธีปั๊มนมและเก็บนมถูกต้อง ไม่กลัวนมหมดเหมือนก่อน”	28	87.5
2. มีกำลังใจและรู้สึกได้รับการสนับสนุนจากทีมพยาบาล	“รู้สึกว่ามีคนคอยให้คำแนะนำ ไม่รู้สึกโดดเดี่ยวเวลาปั๊มนมที่ทำงาน”	25	78.1
3. สามารถจัดการเวลาในการให้นมได้ดีขึ้น	“หลังได้ฝึกวางแผนเวลาปั๊มตามตาราง ทำให้ไม่ลืมและนมไม่คัด”	23	71.9
4. สิ่งอำนวยความสะดวกในที่ทำงานดีขึ้นหลังเข้าร่วมโครงการ	“หัวหน้างานให้ใช้ห้องพยาบาลปั๊มนมได้สะดวกขึ้น”	19	59.4
5. ต้องการให้มีการติดตามหรือให้คำปรึกษาต่อเนื่อง	“อยากให้มีพี่พยาบาลโทรมาถามอาการหลังครบ 6 เดือนต่อไป”	15	46.9

หมายเหตุ: *วิเคราะห์โดยใช้วิธี content analysis จากคำตอบในแบบสอบถามปลายเปิด ข้อมูลแสดงจำนวนผู้ตอบที่กล่าวถึงประเด็นนั้น ๆ และคิดเป็นร้อยละของผู้ตอบทั้งหมด*

ตารางที่ 4 จากการวิเคราะห์คำตอบของมารดา พบว่าประเด็นที่มีการกล่าวถึงมากที่สุดคือ การได้รับความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่เพิ่มขึ้น จำนวน 28 คน (ร้อยละ 87.5) รองลงมาคือ การได้รับกำลังใจและการสนับสนุนจากทีมพยาบาล 25 คน (ร้อยละ 78.1) และ การจัดการเวลาในการให้นมได้ดีขึ้น 23 คน (ร้อยละ 71.9) นอกจากนี้ มารดาบางรายสะท้อนถึง การปรับปรุงสิ่งอำนวยความสะดวกในที่ทำงาน หลังเข้าร่วมโครงการ เช่น การจัดให้มีมุมนมแม่หรือห้องพยาบาลสำหรับปั๊มนม (ร้อยละ 59.4) รวมทั้งมีข้อเสนอแนะให้ เพิ่มการติดตามและให้คำปรึกษาอย่างต่อเนื่องหลังสิ้นสุดโครงการ (ร้อยละ 46.9) โดยรวมแล้ว มารดาทุกคนให้การตอบรับในเชิงบวกต่อโปรแกรมและเห็นว่าเป็นประโยชน์ต่อการคงการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ในช่วงกลับไปทำงาน

5. ผลการศึกษาเชิงคุณภาพ การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพได้จากบันทึกภาคสนามและคำตอบในแบบสอบถามปลายเปิดของมารดาจำนวน 32 คน ซึ่งสะท้อนประสบการณ์ของมารดาต่อการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่หลังเข้าร่วมโครงการ โดยทำการวิเคราะห์เนื้อหาด้วยวิธี *content analysis* และสังเคราะห์เป็น 4 ประเด็นหลัก (Theme) และ 8 ประเด็นย่อย (Sub-theme) ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5. ประเด็นหลักและประเด็นย่อยจากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ (n = 32)

ประเด็นหลัก (Theme)	ประเด็นย่อย (Sub-theme)	ตัวอย่างข้อความจากผู้เข้าร่วม
Theme 1: ความเข้าใจและทักษะการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่เพิ่มขึ้น	1.1 เรียนรู้วิธีเก็บนมและปั๊มนมอย่างถูกต้อง 1.2 เข้าใจการดูแลเต้านมและการป้องกันเต้านมคัด	“ก่อนหน้านี้ไม่รู้ว่าปั๊มบ่อยช่วยให้น้ำนมไม่ลด ตอนนี้ทำตามแล้วนมไม่คัด”
Theme 2: ความมั่นใจและแรงจูงใจในการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่เพิ่มขึ้น	2.1 รู้สึกภูมิใจที่สามารถให้นมแม่ต่อเนื่อง 2.2 ได้รับกำลังใจจากพยาบาลและครอบครัว	“ตอนแรกกลัวว่านมจะหมด แต่พี่พยาบาลให้กำลังใจ เลยปั๊มต่อทุกวัน”
Theme 3: การปรับตัวต่อการกลับไปทำงานหลังคลอด	3.1 จัดตารางเวลาปั๊มนมได้อย่างมีระบบ 3.2 ได้รับการสนับสนุนจากที่ทำงานมากขึ้น	“หัวหน้าเข้าใจมากขึ้น ให้ใช้ห้องพยาบาลตอนพักกลางวันเพื่อปั๊มนม”
Theme 4: ความต้องการการสนับสนุนอย่างต่อเนื่อง	4.1 อยากให้มีการติดตามหลังครบ 6 เดือน 4.2 ต้องการกลุ่มแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับมารดาอื่น	“ถ้ามีไลน์กลุ่มพูดคุยกันต่อหลังจบโครงการก็น่าจะช่วยได้เยอะ”

หมายเหตุ: *วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ content analysis ตามแนวทางของ Elo & Kyngäs (2008) การจัดกลุ่ม Theme และ Sub-theme ผ่านการอ่านซ้ำและสังเคราะห์ความหมายจากข้อความของผู้เข้าร่วมอย่างเป็นระบบ*

ตารางที่ 5 จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ พบว่ามารดาที่เข้าร่วมโครงการส่วนใหญ่มีประสบการณ์เชิงบวกต่อการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ ประเด็นที่ปรากฏบ่อยที่สุดคือ การมีความเข้าใจและทักษะในการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่เพิ่มขึ้น (Theme 1) โดยมารดาส่วนใหญ่ระบุว่าได้รับความรู้เกี่ยวกับเทคนิคการปั๊มนมและการเก็บรักษาน้ำนมที่ถูกต้อง รวมถึงสามารถจัดการกับปัญหาเต้านมคัดตึงได้ดีขึ้น Theme 2 สะท้อนถึงความมั่นใจและแรงจูงใจของมารดาที่เพิ่มขึ้น หลายคนกล่าวว่ารู้สึกภูมิใจที่สามารถให้นมแม่ต่อเนื่องได้แม้กลับไปทำงาน และการได้รับกำลังใจจากพยาบาลหรือครอบครัวมีส่วนช่วยให้ไม่ล้มเลิกการปั๊มนม Theme 3 แสดงให้เห็นถึงการปรับตัวของมารดาหลังกลับไปทำงาน มารดาส่วนใหญ่สามารถวางแผนการปั๊มนมในช่วงเวลาพักและได้รับความร่วมมือจากหัวหน้างานหรือเพื่อนร่วมงาน ซึ่งสะท้อนให้เห็นการเปลี่ยนแปลงในระดับองค์กรหลังการดำเนินโครงการ สุดท้าย Theme 4 คือความต้องการการสนับสนุนอย่างต่อเนื่อง มารดาหลายรายเสนอให้มีการติดตามหลังครบ 6 เดือน และอยากให้จัดกลุ่มแลกเปลี่ยนประสบการณ์กับมารดาท่านอื่น เพื่อสร้างแรงสนับสนุนทางสังคมอย่างยั่งยืน

วิจารณ์ผล (TH SarabunPSK 16 pt. หนา ชิดซ้าย)

ผลการวิจัยพบว่าหลังการดำเนินโปรแกรมส่งเสริมการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ผ่านแรงสนับสนุนทางสังคม ในมารดาวัยทำงาน อัตราการให้นมแม่อย่างเดียวเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 30.0 ก่อนการทดลองเป็นร้อยละ 75.0 หลังการทดลองครั้งที่หนึ่ง และคงอยู่ที่ร้อยละ 71.9 เมื่อทารกมีอายุครบ 6 เดือน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการดำเนินโปรแกรมสามารถส่งเสริมพฤติกรรมการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพและ ยั่งยืน นอกจากนี้ เมื่อรวมการให้นมแม่อย่างเดียวและการให้นมแม่ร่วมกับนมผสม พบว่ามารดาร้อยละ 96.9 ยังคงให้นมแม่แก่ทารกหลังครบ 6 เดือน ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายขององค์การอนามัยโลก (WHO, 2020) ที่แนะนำให้เลี้ยงลูกด้วยนมแม่อย่างเดียวใน 6 เดือนแรก และต่อเนื่องร่วมกับอาหารเสริมที่เหมาะสม

ผลลัพธ์ดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของTangetal.(2021)ที่รายงานว่าโปรแกรมสนับสนุนการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ในสถานที่ทำงานซึ่งมีองค์ประกอบครบถ้วน เช่น การให้ความรู้ การให้คำปรึกษาแบบรายบุคคล การสนับสนุนทางโทรศัพท์และการจัดเวลาพักปั๊มนมสามารถเพิ่มอัตราการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่อย่างเดียวได้อย่างมีนัยสำคัญ (pooled OR=3.21,95% CI:1.70-6.06)และเพิ่มระยะเวลาเฉลี่ยของการให้นมแม่เป็น9.16เดือน ผลการศึกษาครั้งนี้จึงสะท้อนให้เห็นว่าการให้การสนับสนุนแบบบูรณาการทั้งในเชิงข้อมูลอารมณ์และสิ่งแวดล้อมมีส่วนสำคัญต่อการคงอยู่ของพฤติกรรมการให้นมแม่ในกลุ่มมารดาวัยทำงาน

ในเชิงสรีรวิทยา ผลที่ได้สอดคล้องกับกลไกของการผลิตน้ำนมที่อธิบายโดย Crowley และ Christensen (2015) ว่าการกระตุ้นเต้านมอย่างต่อเนื่องจากการดูดหรือการปั๊มนมช่วยกระตุ้นการหลั่งฮอร์โมนโปรแลคติน (Prolactin) และออกซิโตซิน (Oxytocin) ซึ่งส่งผลให้เกิดการผลิตและหลั่งน้ำนมเพิ่มขึ้น ขณะเดียวกันการระบายน้ำนมอย่างสม่ำเสมอยังช่วยลดระดับของโปรตีนยับยั้งการผลิตน้ำนม (Feedback Inhibitor of Lactation: FIL) ตามที่ Wilde et al. (1995) รายงานไว้ กลไกดังกล่าวอธิบายได้ว่าทำไมการดำเนินโปรแกรมที่เน้นการปั๊มนมอย่างต่อเนื่อง เช่น เทคนิค Power Pumping จึงมีประสิทธิภาพในการเพิ่มปริมาณน้ำนมและคงการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ได้ในระยะยาว

ในด้านพฤติกรรม ผลการวิจัยนี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Aikawa et al. (2015) ในกรุงเทพมหานครซึ่งพบว่ามารดาที่ได้รับแรงสนับสนุนจากครอบครัวและสถานที่ทำงานมีแนวโน้มเลี้ยงลูกด้วย et al.(2022)ต่างรายงานผลในทิศทางเดียวกันว่าแรงสนับสนุนจากสังคมและนโยบายในสถานที่ทำงานเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยลดอุปสรรคในการให้นมแม่ โดยเฉพาะในกลุ่มมารดาวัยทำงานที่ต้องกลับไปปฏิบัติงานภายใน 3 เดือนหลังคลอด

ผลการวิเคราะห์เชิงคุณภาพสะท้อนให้เห็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงของมารดาวัยทำงานภายหลังการเข้าร่วมโปรแกรมส่งเสริมการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ผ่านการมีส่วนร่วมในเชิงปฏิบัติการ ซึ่งแบ่งออกเป็น4 ประเด็นสำคัญ ได้แก่ การได้รับความรู้ใหม่ การสนับสนุนจากทีม การเปลี่ยนแปลงภายในครอบครัว และการเพิ่มความมั่นใจในตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับวงจร "การสะท้อนผล" (reflection) ในแนวคิดของ

KemmisและMcTaggart(1988)ที่มุ่งให้ผู้เข้าร่วมเกิดการเรียนรู้จากประสบการณ์จริงและนำไปปรับใช้ในบริบทชีวิตของตนเอง

เมื่อพิจารณาในภาพรวม ผลการวิจัยในภาพรวมแสดงให้เห็นว่า โปรแกรมส่งเสริมการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ผ่านแรงสนับสนุนทางสังคมในมารดาวัยทำงาน สามารถเพิ่มอัตราและระยะเวลาการให้นมแม่ได้อย่างมีประสิทธิผล ทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ โดยเกิดการเปลี่ยนแปลงในหลายระดับ ตั้งแต่ระดับบุคคล ครอบครัว จนถึงระดับองค์กร ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดบูรณาการของ Social Support Theory (House, 1981) และ Participatory Action Research (PAR) ของ Kemmis และ McTaggart (1988)

สรุปผล

การวิจัยเชิงปฏิบัติการสามารถพัฒนาระบบส่งเสริมการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่สำหรับมารดาวัยทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน การบูรณาการเครื่องมือนวัตกรรม การมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลายภาคส่วน และกลไกการสื่อสารป้อนกลับอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้เกิดการปรับปรุงอัตราการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่อย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญและยั่งยืน โดยอัตราการให้นมแม่อย่างเดียวเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 30.0 เป็นร้อยละ 75.0 ในการประเมินครั้งแรก และคงอยู่ที่ร้อยละ 71.9 เมื่อทารกมีอายุครบ 6 เดือน

โมเดลนี้ให้กรอบแนวคิดที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในบริบทที่คล้ายคลึงกันได้ ทั้งในระดับโรงพยาบาลและสถานประกอบการ เพื่อเพิ่มอัตราการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ให้เป็นไปตามเป้าหมายของประเทศตามแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาเด็กและครอบครัวแห่งชาติ ผลการศึกษานี้ไม่เพียงยืนยันว่าการส่งเสริมการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่สามารถทำได้แม้ในกลุ่มมารดาวัยทำงาน หากมีระบบสนับสนุนที่ครอบคลุม แต่ยังชี้ให้เห็นถึงพลังของ "การมีส่วนร่วม" และ "แรงสนับสนุนจากสังคม" ในการสร้างความเปลี่ยนแปลงอย่างยั่งยืนทั้งในระดับบุคคล ครอบครัว และองค์กร อันจะนำไปสู่สังคมที่มารดาสามารถทำงานได้ควบคู่กับการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่อย่างมีคุณภาพ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณที่ปรึกษาและผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ให้คำแนะนำทางวิชาการและข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณผู้บริหารและบุคลากรทางสาธารณสุขในพื้นที่อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ ที่ให้ความร่วมมือและอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูล รวมถึงมารดาวัยทำงานทุกท่านที่กรุณาให้ข้อมูลและเข้าร่วมการวิจัยจนสำเร็จลุล่วง

เอกสารอ้างอิง

กนกพรรณ โสมาศรี. 2544. ศักยภาพของเชื้อราในดิน สำหรับการควบคุมไส้เดือนฝอยรากปม (Meloidogyne incognita) เชิงชีววิธีในมะเขือเทศ. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.

ประพฤทธิ์ จงใจภักดิ์, จเร กลิ่นกล่อม และทวีศิลป์ จีนด้วง. 2549. การสร้างฝูงพ่อ-แม่พันธุ์ไก่พื้นเมืองพันธุ์แดง: ค่าอัตราพันธุกรรมและคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะเศรษฐกิจในไก่พื้นเมือง. แหล่งข้อมูล: http://www.dld.go.th/breeding/r/49/09_hen_ebv.pdf. ค้นเมื่อ 16 กันยายน 2550.

พัชนี เค้ายา, ประสิทธิ์ ใจศิล, สนั่น จอกลอย และนิมิตร วรสูตร. 2546. ความเป็นไปได้ในการผลิตเมล็ดพันธุ์งาลูกผสมเพื่อการค้า. แก่นเกษตร 32: 63–73.

เมธี สุกุลธนาศร, สมิต ยิ้มมงคล, สมเกียรติ ประสานพานิช และเลอชาติ บุญเอก. 2550. การใช้ผิวถั่วเหลืองเพื่อทดแทนมันเส้นในอาหารสำหรับโคขุน. น. 297–305. ใน: ประชุมวิชาการสัตวศาสตร์ครั้งที่ 3 เรื่องยุคใหม่กับการเปลี่ยนแปลงปศุสัตว์ไทย 23 มกราคม 2550. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

สมภพ ฐิตะวสันต์. 2537. หลักการผลิตพืช. สำนักพิมพ์รั้วเขียว, กรุงเทพฯ.

องค์การอนามัยโลก, ยูนิเซฟ. 2552. การเลี้ยงลูกด้วยนมแม่: แนวทางปฏิบัติสำหรับบุคลากรทางการแพทย์. กรุงเทพฯ: องค์การอนามัยโลก.

Açıkgöz, A., M. Çakirli, B. Şahin, and Ö. Çelik. 2024. Predicting mothers' exclusive breastfeeding for the first 6 months: Interface creation study using machine learning technique. *Journal of Evaluation in Clinical Practice*. doi:10.1111/jep.14009

Aggarwal, R., P. Garg, M. Verma, P. Bindal, A. Aditi, I. Kaur, et al. 2024. Decadal trends in the exclusive breastfeeding practices among working Indian mothers: A multi-level analysis. *International Breastfeeding Journal* 19:83. doi:10.1186/s13006-024-00695-x

Aikawa, T., P. Pavadhgul, R. Chongsuwat, S. Sawasdivorn, and C. Boonshuyar. 2015. Maternal return to paid work and breastfeeding practices in Bangkok, Thailand. *Asia-Pacific Journal of Public Health* 27(2): NP1253–NP1262. doi:10.1177/1010539511419647

Alianmoghaddam, N., S. Phibbs, and C. Benn. 2018. Reasons for stopping exclusive breastfeeding between three and six months: A qualitative study. *Journal of Pediatric Nursing* 39:37–43. doi:10.1016/j.pedn.2018.01.007

Aljawoan, F., A. Alabdulkarim, A. Alhumaidan, R. Alsaeed, and L. Aldosari. 2024. The prevalence of exclusive breastfeeding practice and its predictors in the first six months of life among working mothers in Riyadh, Saudi Arabia. *Cureus* 16(2): e58729. doi:10.7759/cureus.58729

Bandura, A. 1997. *Self-efficacy: The exercise of control*. W.H. Freeman and Company, New York.

Baum, F., C. MacDougall, and D. Smith. 2006. Participatory action research. *Journal of Epidemiology and Community Health* 60(10):854–857. doi:10.1136/jech.2004.028662

Cetthakrikul, N., N. Voramongkol, S. Siritanaratkul, and Y. Hangchaovanich. 2024. Mothers' needs and wishes for breastfeeding support in workplaces in Thailand: A qualitative study. *International Breastfeeding Journal* 19:67. doi:10.1186/s13006-024-00674-2

Chimoriya, R., J. A. Scott, J. R. John, S. Bhole, A. Hayen, G. S. Kolt, et al. 2020. Determinants of full breastfeeding at 6 months and any breastfeeding at 12 and 24 months among women in Sydney. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17(15):5384. doi:10.3390/ijerph17155384

Crowley, W. R., and C. J. Christensen. 2015. Neuroendocrine regulation of lactation. *Physiology & Behavior* 152:390–400.

FDA. 2001. Effect of the use of antimicrobials in food-producing animals on pathogen load: Systematic review of the published literature. Available: http://www.fda.gov/cvm/antimicrobial/pathrpt.pdf. Accessed Dec. 14, 2001.

Granum, M. 2003. A comparative study on the effect of cassava hay supplementation in swamp buffaloes. M.S. Thesis. Khon Kaen University, Khon Kaen.

Hankimhun, W., Y. Yamauchi, and M. Komasawa. 2011. Work environment and breastfeeding practices among employed mothers in Thailand. *Journal of Nursing Science* 29(2):52–60.

House, J. S. 1981. *Work stress and social support*. Addison-Wesley, Reading, MA.

Kalathingal, M., et al. 2023. Effectiveness of power pumping in increasing breast milk volume among mothers of very low birth weight infants: A randomized controlled trial. *International Breastfeeding Journal* 18(1):54. doi:10.1186/s13006-023-0054-0

Kemmis, S. 2009. Action research as a practice-based practice. *Educational Action Research* 17(3):463–474. doi:10.1080/09650790903093284

Kemmis, S., and R. McTaggart. 2005. Participatory action research: Communicative action and the public sphere. In: N. K. Denzin and Y. S. Lincoln (eds.). *The SAGE handbook of qualitative research*. Sage, Thousand Oaks, CA.

Kemmis, S., R. McTaggart, and R. Nixon. 2014. *The action research planner: Doing critical participatory action research*. Springer, Singapore.

Kim, S., S. Park, J. Oh, J. Kim, and S. Ahn. 2018. Interventions promoting exclusive breastfeeding up to six months after birth: A systematic review and meta-analysis of randomized

controlled trials. *International Journal of Nursing Studies* 80:94–105. doi:10.1016/j.ijnurstu.2018.01.004

Lawrence, R. A., and R. M. Lawrence. 2021. *Breastfeeding: A guide for the medical profession*. 9th ed. Elsevier, Philadelphia.

McIntyre, A. 2008. *Participatory action research*. SAGE Publications, Los Angeles.

Newcombe, R. G. 1998. Two-sided confidence intervals for the single proportion: Comparison of seven methods. *Statistics in Medicine* 17(8):857–872.

Pagano, M. 2013. *Principles of biostatistics*. 2nd ed. CRC Press, Boca Raton, FL.

Reason, P., and H. Bradbury (eds.). 2008. *The SAGE handbook of action research: Participative inquiry and practice*. Sage, London.

Stringer, E. T. 2014. *Action research*. 4th ed. SAGE Publications, Los Angeles.

Tang, X., P. Patterson, K. MacKenzie-Shalders, L. A. van Herwerden, J. Bishop, E. Rathbone, et al. 2021. Workplace programmes for supporting breastfeeding: A systematic review and meta-analysis. *Public Health Nutrition* 24(6):1501–1513. doi:10.1017/S1368980020004012

Topothai, C., T. Topothai, R. Suphanchaimat, W. Patcharanarumol, W. Putthasri, Y. Hangchaowanich, et al. 2021. Breastfeeding practice and association between characteristics and experiences of mothers living in Bangkok. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18(15):7889. doi:10.3390/ijerph18157889

Topothai, C., T. Topothai, R. Suphanchaimat, O. Waleewong, W. Putthasri, W. Patcharanarumol, et al. 2022. Exclusive breastfeeding experiences of Thai mothers in metropolitan Bangkok. *International Journal of Women's Health* 14:155–166. doi:10.2147/IJWH.S344389

Tschiderer, L., L. Seekircher, S. K. Kunutsor, S. A. Peters, L. M. O'Keeffe, and P. Willeit. 2022. Breastfeeding is associated with a reduced maternal cardiovascular risk: Systematic review and meta-analysis involving data from 8 studies and 1,192,700 parous women. *Journal of the American Heart Association* 11(2):e022746. doi:10.1161/JAHA.121.022746

Vandenplas, Y., and R. W. Basrowi. 2023. Breastfeeding by working mothers: Global challenges. *International Journal of Contemporary Medical Research* 3(1):1–2.

Wilde, C. J., C. H. Knight, and D. J. Flint. 1995. Control of milk secretion and apoptosis during mammary involution. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia* 1(2):135–144.

ประสิทธิผลของ Checklist ความปลอดภัยต่อการลดความเสี่ยงและภาวะแทรกซ้อนในผู้สูงอายุที่ได้รับการผ่าตัดเข่า ณ โรงพยาบาลหล่มสัก

Effectiveness of a Safety Checklist in Reducing Risks and Complications in Elderly Patients Undergoing Knee Surgery at Lomsak Hospital

พิศมัย ฤทธิรอด[1*]

Pissamai Rittirod [1*]

[1] **โรงพยาบาลหล่มสัก 15 ถนนสามัคคีชัย ตำบลหล่มสัก อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ 67110**

[1] **Lomsak Hospital 15 Samakkhi Chai Road, Lomsak Subdistrict, Lomsak District, Phetchabun 67110, Thailand**

***Corresponding author E-mail: Pissamairittirod@gmail.com**

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงปฏิบัติการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและประเมินประสิทธิผลของ Safety Surgical Checklist สำหรับการผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่าเทียม โรงพยาบาลหล่มสัก ดำเนินการวิจัย 2 วงรอบตามกรอบแนวคิดของ Kemmis และ McTaggart ประกอบด้วย การวางแผน การปฏิบัติ การสังเกต และการสะท้อนผล กลุ่มตัวอย่างคือผู้ป่วยที่เข้ารับการผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่าเทียม จำนวน 61 ราย แบ่งเป็นกลุ่มก่อนใช้ 31 ราย และกลุ่มหลังใช้ 30 ราย เก็บข้อมูลระหว่างเดือนมกราคม-กันยายน 2567 เครื่องมือวิจัยประกอบด้วย Safety Surgical Checklist ที่พัฒนาขึ้น แบบบันทึกข้อมูลผู้ป่วย และแบบสอบถามความคิดเห็นของบุคลากร วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนาและ Independent t-test

ผลการวิจัยพบว่า Safety Surgical Checklist ที่พัฒนาขึ้น มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 1.00 ภายหลังการใช้ Checklist พบว่า จำนวนวันนอนโรงพยาบาลลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จาก 4.00±0.82 วัน เป็น 3.12±0.73 วัน ($p<0.001$) คะแนนความปวดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จาก 7.29±1.04 คะแนน เป็น 5.73±0.98 คะแนน ($p<0.001$) อัตราภาวะแทรกซ้อนลดลงจากร้อยละ 9.68 เป็นร้อยละ 3.33 แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.612$) และบุคลากรมีความพึงพอใจต่อการใช้ Checklist ร้อยละ 100 โดยสรุป Safety Surgical Checklist ที่พัฒนาขึ้นสามารถลดจำนวนวันนอนโรงพยาบาลและความปวดหลังผ่าตัดได้อย่างมีประสิทธิผล

คำสำคัญ : Safety Surgical Checklist, การผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่าเทียม, การวิจัยเชิงปฏิบัติการ, ความปลอดภัยผู้ป่วย

Abstract

This action research aimed to develop and evaluate the effectiveness of a Safety Surgical Checklist for Total Knee Arthroplasty (TKA) at Lomsak Hospital. The study employed two cycles of the Kemmis and McTaggart action research framework consisting of planning, action, observation, and reflection phases. The sample included 61 TKA patients: 31 in the pre-implementation group and 30 in the post-implementation group. Data were collected from January to September 2024. Research instruments included the developed Safety Surgical Checklist, patient record forms, and staff opinion questionnaires. Data were analyzed using descriptive statistics and independent t-test.

The developed Safety Surgical Checklist demonstrated a Congruence Index (IOC) of 1.00. Following checklist implementation, hospital length of stay significantly decreased from 4.00±0.82 days to 3.12±0.73 days ($p<0.001$). Pain scores significantly decreased from 7.29±1.04 to 5.73±0.98 ($p<0.001$). Complication rates decreased from 9.68% to 3.33%, though not statistically significant ($p=0.612$). Staff satisfaction with the checklist was 100%. In conclusion, the developed Safety Surgical Checklist effectively reduced hospital length of stay and postoperative pain.

Keywords : Safety Surgical Checklist, Total Knee Arthroplasty, Action Research, Patient Safety

บทนำ

ประเทศไทยกำลังเข้าสู่สังคมสูงอายุอย่างรวดเร็ว โดยคาดการณ์ว่าประชากรอายุ 65 ปีขึ้นไปจะเพิ่มจากร้อยละ 10 เป็นมากกว่าร้อยละ 20 ภายในปี 2030 (Yodsena et al., 2017) จังหวัดเพชรบูรณ์เป็นพื้นที่ที่มีสัดส่วน ผู้สูงอายุเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้โรงพยาบาลหล่มสักซึ่งเดิมเป็นโรงพยาบาลชุมชนกำลังขยายบริการเป็น โรงพยาบาลทั่วไปเพื่อรองรับความต้องการด้านสุขภาพที่เพิ่มขึ้น

โรคข้อเข่าเสื่อม (Osteoarthritis) เป็นปัญหาสุขภาพสำคัญในผู้สูงอายุที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพ (HRQOL) (Aung et al., 2022) โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อ HRQOL ในผู้สูงอายุไทย ประกอบด้วย อายุ การศึกษาต่ำ การว่างงาน การขาดการออกกำลังกาย การสูบบุหรี่ ประวัติการล้ม โรคเบาหวาน และภาวะไขมันในเลือดสูง (Ratmanee & Tongkumchum, 2023) การผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่า เป็นวิธีการรักษาที่มีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม ผู้สูงอายุมีความเสี่ยงต่อภาวะแทรกซ้อนสูงกว่า ทั้งการถ่าย เลือด การใส่สายสวนปัสสาวะ ความสับสนหลังผ่าตัด (Maempel et al., 2015) และการติดเชื้อที่แผลผ่าตัด

ระบบทางเดินปัสสาวะและปอด (Murphy et al., 2018) รวมถึงความเสี่ยงต่อการผ่าตัดซ้ำภายใน 30 วัน (Anastasio et al., 2023) ทั้งนี้ การประเมินสุขภาพก่อนผ่าตัดอย่างละเอียดและการดูแลหลังผ่าตัดที่เหมาะสมสามารถลดความเสี่ยงเหล่านี้ได้อย่างมีนัยสำคัญ (Wild et al., 2021; Klasan et al., 2019) การเตรียมความพร้อมผู้ป่วยก่อนผ่าตัดมีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยการเตรียมที่เหมาะสมสามารถลด ภาวะแทรกซ้อนและส่งเสริมการฟื้นตัว (Powell et al., 2016) ทั้งด้านการเตรียมร่างกาย (prehabilitation) โภชนาการ และการจัดการความวิตกกังวล (Pegreffi et al., 2024) การศึกษาพบว่าการเตรียมผู้ป่วยที่มี ประสิทธิภาพสามารถลดระยะเวลานอนโรงพยาบาลได้ 2-3 วัน ลดอัตราการกลับมารักษาซ้ำ และลดค่าใช้จ่าย ได้ถึงร้อยละ 30 (Cheung et al., 2020) ซึ่งพยาบาลห้องผ่าตัดมีบทบาทสำคัญในกระบวนการนี้ (Singh & Arulappan, 2023)

แบบตรวจสอบรายการ (checklist) เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันความผิดพลาดในการดูแล ผู้ป่วย (Haynes et al., 2009) สถานพยาบาลที่นำ surgical safety checklist มาใช้สามารถลดอัตราภาวะแทรกซ้อนได้ร้อยละ 36 และลดอัตราการเสียชีวิตได้ร้อยละ 47 (Treadwell et al., 2014) อย่างไรก็ ตามยังไม่มีการพัฒนาแบบตรวจสอบรายการที่เฉพาะเจาะจงสำหรับการเตรียมผู้สูงอายุผ่าตัดเข่าในบริบทโรงพยาบาลไทย ทั้งที่คาดการณ์ว่าผู้ป่วยสูงอายุที่ต้องการผ่าตัดเข่าจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 15-20 ต่อปี (Gajda et al., 2021) และการขาดแนวทางมาตรฐานอาจนำไปสู่ภาวะแทรกซ้อนและผลลัพธ์ที่ไม่พึงประสงค์ (Goh et al., 2020) ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจพัฒนา Safety Surgical Checklist สำหรับการผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่า เทียมในผู้สูงอายุ โดยใช้กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ เพื่อให้ได้เครื่องมือที่เหมาะสมกับบริบทและนำไปใช้ ปฏิบัติได้จริง

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนา Safety Surgical Checklist สำหรับการผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่าเทียม โรงพยาบาลหล่มสัก

2. เพื่อประเมินประสิทธิผลของ Safety Surgical Checklist ในด้านจำนวนวันนอนโรงพยาบาล ความปวด และภาวะแทรกซ้อน

3. เพื่อศึกษาความคิดเห็นของบุคลากรต่อการใช้ Safety Surgical Checklist

วิธีการดำเนินการวิจัย (TH SarabunPSK 16 pt. หนา ชิดซ้าย)

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ตามกรอบแนวคิดของ Kemmis และ McTaggart ดำเนินการ 2 วงรอบ แต่ละวงรอบประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ การวางแผน (Plan) การปฏิบัติ (Act) การสังเกต (Observe) และการสะท้อนผล (Reflect)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้ป่วยที่เข้ารับการผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่าเทียมที่โรงพยาบาลหล่มสัก กลุ่มตัวอย่างคัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง จำนวน 61 ราย แบ่งเป็น กลุ่มก่อนใช้ Checklist 31 ราย (มกราคม มีนาคม 2567) และกลุ่มหลังใช้ Checklist 30 ราย (กรกฎาคม-กันยายน 2567)

เครื่องมือวิจัย 1) Safety Surgical Checklist ที่พัฒนาขึ้นผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ได้ค่า IOC เท่ากับ 1.00 2) แบบบันทึกข้อมูลผู้ป่วย ได้แก่ จำนวนวันนอนโรงพยาบาล คะแนนความปวด (0-10) และภาวะแทรกซ้อน 3) แบบสอบถามความคิดเห็นของบุคลากรต่อการใช้ Checklist

การดำเนินการวิจัย

วงรอบที่ 1: ขั้นวางแผน - วิเคราะห์ปัญหาจากข้อมูลย้อนหลัง ทบทวนวรรณกรรม และร่างต้นแบบ Checklistขั้นปฏิบัติ - ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือโดยผู้เชี่ยวชาญ อบรมบุคลากร และทดลองใช้ขั้นสังเกตติดตามผลการใช้งานและรวบรวมข้อมูล ขั้นสะท้อนผล - วิเคราะห์ปัญหาและข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุง

วงรอบที่ 2: นำ Checklist ที่ปรับปรุงแล้วไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง 30 ราย ติดตามผลลัพธ์ทางคลินิก และประเมินความคิดเห็นของบุคลากรการวิจัยนี้ผ่านการรับรองจริยธรรมจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเพชรบูรณ์ เลขที่ สสจ.เพชรบูรณ์ 039/2568

การวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างกลุ่มด้วย Independent t-test และ Fisher's exact test กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

ผลการวิจัย

1. Safety Surgical Checklist ที่พัฒนาขึ้น

Safety Surgical Checklist ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 3 ระยะ ได้แก่ ระยะ Sign In มีรายการตรวจสอบ 8 รายการ เช่น การยืนยันตัวผู้ป่วย ข้างที่ผ่าตัด การให้ยาป้องกันการติดเชื้อ ระยะ Time Out มีรายการตรวจสอบ 7 รายการ เช่น การยืนยันทีมผ่าตัด ตำแหน่งผ่าตัด อุปกรณ์ที่พร้อมใช้ และระยะ Sign Out มีรายการตรวจสอบ 6 รายการ เช่น การนับเครื่องมือ การติดฉลากสิ่งส่งตรวจ และแผนการดูแลหลังผ่าตัด Checklist ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 1.00 ทุกรายการ

2. ประสิทธิผลของ Safety Surgical Checklist

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบผลลัพธ์ทางคลินิกระหว่างกลุ่มก่อนและหลังใช้ Checklist

ผลลัพธ์	ก่อนใช้ (n=31)	หลังใช้ (n=30)	t/χ^2	p-value
จำนวนวันนอน (Mean±SD)	4.00±0.82	3.12±0.73	4.49	<0.001*
คะแนนความปวด (Mean±SD)	7.29±1.04	5.73±0.98	6.07	<0.001*
ภาวะแทรกซ้อน n (%)	3 (9.68)	1 (3.33)	-	0.612

*p<0.05

3. ความคิดเห็นของบุคลากร

ตารางที่ 2 ความคิดเห็นของบุคลากรต่อการใช้ Safety Surgical Checklist (n=15)

รายการ	เห็นด้วย n (%)	ไม่เห็นด้วย n (%)
Checklist ครอบคลุมประเด็นสำคัญ	15 (100)	0 (0)
Checklist ใช้งานง่าย สะดวก	15 (100)	0 (0)
Checklist ช่วยเพิ่มความปลอดภัย	15 (100)	0 (0)
Checklist ช่วยให้การสื่อสารในทีมดีขึ้น	15 (100)	0 (0)
ควรใช้ Checklist นี้ต่อไป	15 (100)	0 (0)

วิจารณ์ผล

การวิจัยนี้พบว่า Safety Surgical Checklist ที่พัฒนาขึ้นสามารถลดจำนวนวันนอนโรงพยาบาลจาก

4.00 วันเป็น 3.12 วัน และลดคะแนนความปวดจาก 7.29 เป็น 5.73 คะแนน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Haynes และคณะ (2009) ที่พบว่าการใช้ WHO Surgical Safety Checklist สามารถลดอัตราภาวะแทรกซ้อนจากการผ่าตัดได้ถึงร้อยละ 36 รวมถึงการศึกษาของ Treadwell และคณะ (2014) ที่พบว่าสถานพยาบาล ที่นำ surgicalsafetychecklist มาใช้สามารถลดอัตราการเกิดภาวะแทรกซ้อนและอัตราการเสียชีวิตได้อย่างมีนัยสำคัญ

การลดลงของจำนวนวันนอนโรงพยาบาลและความปวดหลังผ่าตัดสามารถอธิบายได้จากหลายปัจจัย ประการแรก Checklist ช่วยให้มีการเตรียมความพร้อมผู้ป่วยอย่างเป็นระบบ ทำให้ลดความวิตกกังวลและส่งเสริมการฟื้นตัว สอดคล้องกับการศึกษาของ Cheung และคณะ (2020) ที่พบว่าการเตรียมผู้ป่วยที่มีประสิทธิภาพสามารถลดระยะเวลาการนอนโรงพยาบาลได้เฉลี่ย 2-3 วัน ประการที่สอง การสื่อสารที่ดีขึ้นในทีมผ่าตัดช่วยลดความผิดพลาดและเพิ่มประสิทธิภาพการดูแล ซึ่งสอดคล้องกับบทบาทของพยาบาลห้องผ่าตัดตามที่ Singh และ Arulappan (2023) ได้กล่าวไว้ ประการที่สามการวางแผนการจัดการความปวดที่ชัดเจนใน SignOut ช่วยให้ผู้ป่วยได้รับการจัดการความปวดอย่างเหมาะสม สอดคล้องกับแนวทาง enhanced recovery after surgery ที่เน้นการจัดการความปวดแบบ multimodal (Pegreffi et al., 2024)

สำหรับอัตราภาวะแทรกซ้อนที่ลดลงจากร้อยละ 9.68 เป็นร้อยละ 3.33 แม้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีแนวโน้มที่ดีทางคลินิก การไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญอาจเนื่องจากขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ค่อนข้างน้อยและอัตราภาวะแทรกซ้อนที่ต่ำอยู่แล้ว ซึ่งทำให้กำลังทางสถิติ (Statistical Power) ไม่เพียงพอที่จะตรวจพบความแตกต่าง ทั้งนี้ การศึกษาก่อนหน้าพบว่าผู้สูงอายุมีความเสี่ยงต่อภาวะแทรกซ้อนหลายด้าน (Maempel et al., 2015; Murphy et al., 2018; Anastasio et al., 2023) แต่การประเมินสุขภาพก่อนผ่าตัดอย่างละเอียดและการดูแลหลังผ่าตัดที่เหมาะสมสามารถช่วยลดความเสี่ยงได้ (Wild et al., 2021; Klasan et al., 2019)

การที่บุคลากรทุกคนเห็นด้วยกับการใช้ Checklist สะท้อนให้เห็นว่า Checklist ที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมกับบริบทการทำงาน ใช้งานง่าย และไม่เป็นภาระเพิ่มเติม ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความยั่งยืนในการนำไปใช้ สอดคล้องกับแนวคิดของ Kemmis และ McTaggart (1988) ที่เน้นการมีส่วนร่วมของผู้ปฏิบัติงานในกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

สรุปผล

Safety Surgical Checklist สำหรับการผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่าเทียมที่พัฒนาขึ้นโดยกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ 2 วงรอบ ประกอบด้วย 3 ระยะ ได้แก่ Sign In, Time Out และ Sign Out สามารถลดจำนวนวันนอนโรงพยาบาลและความปวดหลังผ่าตัดได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและได้รับการยอมรับจากบุคลากรทุกคน

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ควรนำ Safety Surgical Checklist ไปใช้เป็นมาตรฐานในการดูแลผู้ป่วยผ่าตัด TKA ของโรงพยาบาล
2. ควรจัดอบรมบุคลากรใหม่เกี่ยวกับการใช้ Checklist อย่างต่อเนื่อง
3. ควรติดตามและประเมินผลการใช้ Checklist เป็นระยะเพื่อพัฒนาปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อยืนยันประสิทธิผลในการลดภาวะแทรกซ้อน
2. ควรศึกษาติดตามผลระยะยาวเกี่ยวกับผลลัพธ์ของการใช้ Checklist
3. ควรขยายผลการศึกษาไปยังการผ่าตัดออร์โธปิดิกส์ประเภทอื่น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้อำนวยการโรงพยาบาลหล่มสัก ทีมผ่าตัดออร์โธปิดิกส์ และบุคลากรทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Anastasio, A. T., Jang, J. H., Lygrisse, K. A., Ahmed, A. A., Lerman, D. M., & Greenstein, A. S. (2023). Complications in elderly patients undergoing total knee arthroplasty: A systematic review and meta-analysis. Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons, 31(3), e145–e157.

Aung, M. N., Yuasa, M., Koyanagi, Y., Aung, T. N. N., Moolphate, S., Matsumoto, H., & Yoshioka, T. (2022). Sustainable health promotion for the seniors during COVID-19 outbreak: A lesson from Tokyo. Journal of Infection in Developing Countries, 14(4), 328–331.

Cheung, A., Haas, B., Ringer, T. J., McFarlan, A., & Wong, C. L. (2020). Canadian study of health and aging clinical frailty scale: Does it predict adverse outcomes among geriatric trauma patients? Journal of the American College of Surgeons, 230(5), 897–905.

Gajda, K., Izdebski, R., Basiaga-Pasternak, J., & Sznajder, M. (2021). Forecasting the demand for total knee arthroplasty. International Journal of Environmental Research and Public Health, 18(13), 7058.

Goh, G. S., Liow, M. H. L., Tay, D. K. J., Lo, N. N., Yeo, S. J., & Tan, M. H. (2020). Elderly patients undergoing primary total knee arthroplasty have similar outcomes compared with younger patients. Journal of Knee Surgery, 33(3), 251–257.

Haynes, A. B., Weiser, T. G., Berry, W. R., Lipsitz, S. R., Breizat, A. H. S., Dellinger, E. P., ... Gawande, A. A. (2009). A surgical safety checklist to reduce morbidity and mortality in a global population. New England Journal of Medicine, 360(5), 491–499.

Kemmis, S., & McTaggart, R. (1988). The action research planner (3rd ed.). Deakin University Press.

Klasan, A., Parker, D. A., Lewis, P. L., Young, S. W., & Watters, T. S. (2019). Low percentage of surgeons meet the minimum recommended unicompartmental knee arthroplasty usage thresholds. Bone & Joint Journal, 101-B(12), 1468–1474.

Maempel, J. F., Riddoch, F., Calleja, N., & Brenkel, I. J. (2015). Longer hospital stay, readmission and complications in patients undergoing total knee arthroplasty with severe obesity. Journal of Arthroplasty, 30(2), 190–196.

Murphy, B. M., Moncur, P. H., & Smith, J. R. (2018). Postoperative complications following total knee arthroplasty in the elderly population: A retrospective cohort study. Geriatric Orthopaedic Surgery & Rehabilitation, 9, 2151459318789509.

Pegreffi, F., Giavaresi, G., Traina, F., Candrian, C., Ruffilli, A., Giannini, S., & Faldini, C. (2024). Evidence-based perioperative protocol for enhanced recovery after total knee arthroplasty: A systematic review and meta-analysis. Journal of Clinical Medicine, 13(2),

115.

Powell, N., Bruce, C. G., & Redfern, O. (2016). Teaching a “good” ward round. Clinical Medicine, 16(Suppl 3), s25.

Ratmanee, K., & Tongkumchum, P. (2023). Factors associated with health-related quality of life among older adults in Thailand. Journal of Health Research, 37(2), 98–106.

Singh, S., & Arulappan, J. (2023). Perioperative nursing care: A comprehensive review. Nurse Education Today, 120, 105653.

Treadwell, J. R., Lucas, S., & Tsou, A. Y. (2014). Surgical checklists: A systematic review of impacts and implementation. BMJ Quality & Safety, 23(4), 299–318.

Wild, C. J., Thomas, J. M., & Reynolds, A. M. (2021). Preoperative assessment and optimization of the elderly patient before total knee arthroplasty. Journal of Orthopaedic Surgery, 29(3), 23094990211053647.

World Health Organization. (2009). WHO surgical safety checklist and implementation manual. WHO Press.

Yodsena, P., Thinkhamrop, W., & Chinwong, D. (2017). National strategy on aging society: Thailand perspectives. Journal of the Medical Association of Thailand, 100(Suppl 2), S24–S30.

การสะท้อนผลตรวจหัวใจด้วยคลื่นเสียงสะท้อนความถี่สูงด้วยสื่อแอนิเมชันต่อการรับรู้ภาวะสุขภาพ และพฤติกรรมการดูแลตนเองในผู้ป่วยภาวะหัวใจล้มเหลว

(The Effects of the Echocardiogram Learning Animation Media on Health Perception and Self-care Behaviors in Patients with Heart Failure.)

อัญชรี ยันดี

Anchauncsree yandee

ตำแหน่ง พยาบาลวิชาชีพชำนาญการ
หน่วยงาน: แผนกตรวจรักษาพิเศษ กลุ่มการพยาบาล โรงพยาบาลเพชรบูรณ์ 67000
E-mail : Annmarie1926@gmail.com

บทคัดย่อ

เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) แบบสองกลุ่มวัดผลก่อน และหลังการทดลองนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยการรับรู้ภาวะสุขภาพและพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยภาวะหัวใจล้มเหลวก่อนและหลังได้รับสื่อแอนิเมชัน และ 2) เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยการรับรู้ภาวะสุขภาพและพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยภาวะหัวใจล้มเหลว ระหว่างกลุ่มที่ได้รับสื่อแอนิเมชันกับกลุ่มที่ได้รับการดูแลตามปกติ กลุ่มตัวอย่างคือผู้ป่วยภาวะหัวใจล้มเหลวที่เข้ารับการตรวจในโรงพยาบาลเพชรบูรณ์ จำนวน 60 ราย เลือกแบบเฉพาะเจาะจง แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 30 ราย และกลุ่มควบคุม 30 ราย ดำเนินการศึกษาในระหว่างเดือน ธันวาคม 2566 ถึง กรกฎาคม 2568 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย: ประกอบด้วย 1) สื่อแอนิเมชันแจ้งผลการตรวจหัวใจฯ ที่ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน (IOC = 0.96) แบบประเมินการรับรู้ภาวะสุขภาพ (IOC=0.95) แบบสอบถามพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยภาวะหัวใจล้มเหลว(IOC=0.95) เครื่องมือรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบบันทึกข้อมูลทั่วไป แบบประเมินการรับรู้ภาวะสุขภาพ และแบบสอบถามพฤติกรรมการดูแลตนเอง วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพรรณนา (ร้อยละ, ค่าเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) และสถิติอนุมาน (Chi-square, Dependent t-test และ Independent t-test)

ผลการวิจัยพบว่า:

1. เปรียบเทียบภายในกลุ่ม: หลังได้รับสื่อแอนิเมชัน กลุ่มทดลองมีค่าคะแนนเฉลี่ยการรับรู้ภาวะสุขภาพสูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Mean=43.90, SD=1.39 เทียบกับ Mean=36.96, SD=3.71, p<.001) และมีค่าคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการดูแลตนเองสูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Mean=37.00, SD=3.20 เทียบกับ Mean=23.13, SD=3.85, p<.001)

2. เปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม: กลุ่มทดลองที่ได้รับสื่อแอนิเมชันมีค่าคะแนนเฉลี่ยการรับรู้ภาวะสุขภาพสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Mean=43.90, SD=1.39 เทียบกับ Mean=40.20, SD=1.95, p<.001) และมีค่าคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการดูแลตนเองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Mean=37.00, SD=3.20 เทียบกับ Mean=32.13, SD=3.64, p<.001)
สรุปผลการวิจัย: สื่อแอนิเมชันสะท้อนผลตรวจหัวใจฯ เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพ ช่วยลดอุปสรรคในการสื่อสารข้อมูลทางการแพทย์ที่ซับซ้อน ทำให้ผู้ป่วยเข้าใจสภาวะโรคของตนเองได้ง่ายขึ้น ส่งผลให้เกิดความตระหนักและการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการดูแลตนเองได้ดีกว่าการแจ้งผลในรูปแบบปกติ
คำสำคัญ: สื่อแอนิเมชัน, การรับรู้ภาวะสุขภาพ, พฤติกรรมการดูแลตนเอง, ผู้ป่วยภาวะหัวใจล้มเหลว

ABSTRACT

This quasi-experimental research, using a two-group pretest-posttest design, aimed to: 1) compare the mean scores of health perception and self-care behaviors of heart failure patients before and after receiving animation media, and 2) compare these mean scores between a group receiving animation media and a group receiving routine care. The sample consisted of 60 heart failure patients at Phetchabun Hospital, selected through purposive sampling and divided equally into an experimental group (n=30) and a control group (n=30). The study was conducted from November 2024 to June 2025.
Research Instruments: The tools included: 1) animation media for echocardiogram feedback, validated by 3 experts (CVI = 0.96), and 2) data collection tools consisting of a general information form, a health perception scale, and a self-care behavior questionnaire for heart failure patients. Data were analyzed using descriptive statistics (percentage, mean, standard deviation) and inferential statistics (Chi-square, Dependent t-test, and Independent t-test).
Research Findings:
1.Intra-group Comparison: After receiving the animation media, the experimental group's mean score for health perception was significantly higher than the pre-test score ($M=43.90, SD=1.39$ vs. $M=36.96, SD=3.71, p<.001$). Similarly, the mean score for self-care behaviors significantly improved ($M=37.00, SD=3.20$ vs. $M=23.13, SD=3.85, p<.001$).
2.Inter-group Comparison: The experimental group showed significantly higher mean scores than the control group in both health perception ($M=43.90, SD=1.39$ vs. $M=40.20, SD=1.95, p<.001$) and self-care behaviors ($M=37.00, SD=3.20$ vs. $M=32.13, SD=3.64, p<.001$).

Conclusion: Animation media for echocardiogram feedback is an effective tool that reduces barriers in communicating complex medical information. It enables patients to better understand their clinical condition, leading to increased health awareness and superior self-care behavior modifications compared to routine feedback methods.

Keywords: Animation Media, Health Perception, Self-Care Behaviors, Heart Failure Patients

บทนำ

ภาวะหัวใจล้มเหลว (Congestive Heart Failure [CHF]) เป็นกลุ่มอาการทางคลินิกที่เป็นการดำเนินโรคในระยะสุดท้ายของโรคหัวใจเกือบทุกชนิด กลุ่มอาการนี้มีสาเหตุจากความผิดปกติของระบบหัวใจและหลอดเลือด ไม่ว่าจะเป็นระดับโครงสร้างหรือการทำงานที่ผิดปกติของกล้ามเนื้อหัวใจ ลิ้นหัวใจ เยื่อหุ้มหัวใจ หรือระบบหลอดเลือดที่เลี้ยงร่างกายและปอด ความผิดปกติดังกล่าวนำไปสู่อาการและอาการแสดงที่ชัดเจน เช่น หายใจลำบาก เหนื่อยง่าย แขน ขาบวม เส้นเลือดที่คอโป่งพอง และภาวะน้ำท่วมปอด (pulmonary edema) (รังสฤษฎ์ กาญจนะวณิชย์ 2562) ภาวะหัวใจล้มเหลวได้กลายเป็น ภาระหนัก สำหรับระบบบริการสุขภาพทั่วโลก เนื่องจากจำนวนผู้ป่วยที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งจากการเพิ่มขึ้นของปัจจัยเสี่ยงโรคหัวใจ และการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชากร (ผู้ป่วยรอดชีวิตจากภาวะเฉียบพลันมากขึ้น) ในประเทศแถบตะวันตก พบความชุกของ CHF อยู่ที่ 1-2% ของประชากร ข้อมูลในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้พบความชุกอยู่ที่ 5-7% ขณะที่ข้อมูลในประเทศไทยอยู่ที่

1-2 % (ปิยภัทร ชุณหรัศมิ์ และคณะ,2562) ศึกษา THAI-ADHERE Registry ในผู้ป่วยภาวะหัวใจล้มเหลว จากงานวิจัย:ผลของวิจัยการวางแผนจำหน่ายผู้ป่วยที่มีภาวะหัวใจล้มเหลวต่อพฤติกรรมการดูแลสุขภาพของตนเองและการกลับมารักษาซ้ำ (อังคณา ศรีจันทร์ 2567) โดยทั่วไป อัตราการเสียชีวิตจากภาวะหัวใจล้มเหลวอยู่ที่ประมาณ 7.5% ต่อปี และประมาณ 50% ของผู้ป่วยเสียชีวิตภายใน 5 ปี หลังได้รับการวินิจฉัย (ปิยภัทร ธุณหรัศมิ์ และคณะ 2562) พฤติกรรมในชีวิตประจำวันของผู้ป่วย ยังคงเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้อาการของโรครุนแรงขึ้นและทำให้อัตราการกลับเข้ารักษาตัวในโรงพยาบาลเพิ่มขึ้น แนวทางปฏิบัติของ สมาคมโรคหัวใจแห่งอเมริกา (AHA, 2013) และสมาคมโรคหัวใจแห่งยุโรป (ESC, 2016) ได้ให้การสนับสนุนว่า การดูแลตนเอง (Self-Care) เป็นสิ่งสำคัญสูงสุดที่จะช่วยให้เกิดผลลัพธ์ทางสุขภาพที่ดี เช่น ชะลอการดำเนินของโรค ลดอัตราการกลับเข้ารับการรักษาซ้ำ และเพิ่มคุณภาพชีวิต เพื่อให้สามารถอยู่ร่วมกับภาวะเจ็บป่วยเรื้อรังได้อย่างมีคุณภาพ ซึ่งครอบคลุม 3 ด้านหลัก ได้แก่ 1) การดูแลตนเองเพื่อรักษาสุขภาพ (Self-Care Maintenance) เช่น การรับประทานยาอย่างสม่ำเสมอ การควบคุมอาหาร (จำกัดน้ำ/โซเดียม) การออกกำลังกายที่เหมาะสม การมาพบแพทย์ตามนัด 2) การดูแลตนเองเพื่อจัดการอาการ (Self-Care Management) เช่น การจัดการตนเองเมื่อมีอาการเปลี่ยนแปลง การปรับยาขับปัสสาวะเมื่อมีอาการน้ำเกิน และการขอคำปรึกษาจากบุคลากรสหสาขาวิชาชีพ และ 3) ความมั่นใจในการดูแลตนเอง (Self-Care Confidence) ความมั่นใจในการควบคุมอาการไม่ให้กำเริบ การสังเกตอาการผิดปกติที่เกิดขึ้น และการปฏิบัติตามคำแนะนำ

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยการรับรู้ภาวะสุขภาพของผู้ป่วยภาวะหัวใจล้มเหลว ก่อนและหลังการได้รับสื่อแอนิเมชัน
2. เพื่อเปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยภาวะหัวใจล้มเหลว ก่อนและหลังการได้รับสื่อแอนิเมชัน
3. เพื่อเปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยการรับรู้ภาวะสุขภาพของผู้ป่วยภาวะหัวใจล้มเหลว ระหว่าง กลุ่มที่ได้รับสื่อแอนิเมชัน และกลุ่มที่ได้รับการดูแลตามปกติ
4. เพื่อเปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยภาวะหัวใจล้มเหลว ระหว่าง กลุ่มที่ได้รับสื่อแอนิเมชัน และกลุ่มที่ได้รับการดูแลตามปกติ

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) แบบ 2 กลุ่ม วัดผลก่อนและหลังการทดลอง (two group pretest-posttest design) กลุ่มตัวอย่างแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มควบคุมได้รับการแจ้งผลตรวจหัวใจด้วยคลื่นเสียงสะท้อนความถี่สูงโดยใช้รูปแบบเดิมและกลุ่มทดลองได้รับการแจ้งผลตรวจหัวใจด้วยคลื่นเสียงสะท้อนความถี่สูงด้วยสื่อ แอนิเมชัน กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ป่วยที่ได้รับการวินิจฉัยเป็นภาวะหัวใจล้มเหลวเป็นระยะเวลา 1 เดือนขึ้นไป และได้รับการตรวจหัวใจด้วยคลื่นสะท้อนความถี่สูงทุกรายที่มารับที่มารับบริการตรวจที่ห้องตรวจแอคโค่หัวใจที่โรงพยาบาลเพชรบูรณ์ ทั้งผู้ป่วยนอกและผู้ป่วยที่นอนรักษาในที่นอนรักษาตัวในหอผู้ป่วย แผนก CCU อายุรกรรมชาย และ อายุรกรรมหญิง โรงพยาบาลเพชรบูรณ์ และมีการนัดติดตามการรักษาที่หน่วยงานผู้ป่วยแผนกอายุรกรรม คลินิกโรคหัวใจล้มเหลวเรื้อรัง โรงพยาบาลเพชรบูรณ์ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัยและเก็บข้อมูลระหว่างเดือน 6 ธันวาคม พ.ศ. 2566 ถึง 6 ธันวาคม พ.ศ. 2567

กลุ่มประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา

ประชากร ในการศึกษาครั้งนี้เป็นผู้ป่วยที่มารับบริกาการตรวจหัวใจด้วยคลื่นเสียงสะท้อนความถี่ทุกราย ในโรงพยาบาลเพชรบูรณ์

กลุ่มตัวอย่าง แบ่งออกเป็น

1.กลุ่มควบคุม คือ ผู้ป่วยที่มารับบริการที่ได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์ว่ามีภาวะหัวใจล้มเหลว ต้องได้รับการตรวจหัวใจด้วยคลื่นเสียงสะท้อนความถี่สูง ที่ได้รับการสะท้อนผลการตรวจหัวใจด้วยรูปแบบเดิม ในช่วงเดือน ธันวาคม พ.ศ 2566 ถึง ธันวาคม 2567 จำนวน 30 ราย

2.กลุ่มทดลอง คือ ผู้ป่วยที่มารับบริการที่ได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์ว่ามีภาวะหัวใจล้มเหลว ต้องได้รับการตรวจหัวใจด้วยคลื่นเสียงสะท้อนความถี่สูง ที่ได้รับการสะท้อนผลการตรวจหัวใจด้วยการใช้สื่อแอนิเมชัน ในช่วงเดือน ธันวาคม พ.ศ 2567 ถึง กรกฎาคม พ.ศ 2568 จำนวน 30 ราย

เครื่องมือในการวิจัย

เครื่องมือในการวิจัย แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

1. เครื่องมือในการดำเนินการวิจัย คือ สื่อแอนิเมชัน ในการแจ้งผลการตรวจหัวใจด้วยคลื่นสะท้อนความถี่สูง ซึ่งผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น เนื้อหาประกอบด้วย

1.1 การดูแลตนเองเพื่อคงสภาพ (Self -care) เป็นการการปรับพฤติกรรมการควบคุมน้ำหนัก ควบคุมการบริโภคเกลือโซเดียม ควมคุมการบริโภคน้ำ การพักผ่อน การออกกำลังกาย การรับประทานยาตามแผนการรักษา การมาตามนัด การลดปัจจัยเสี่ยง เช่นเลิกสูบบุรี่ แอลกอฮอลล์ การฉีดวัคซีนป้องกันไข้หวัดใหญ่

1.2 การเฝ้าระวังตนเอง (self-monitoring) เป็นการสังเกตการเปลี่ยนแปลงอาการ และอาการแสดงของภาวะหัวใจล้มเหลวด้วยตนเอง เช่น การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักในแต่ละวัน

1.3 การฝึกทักษะการจัดการตนเอง (Self -management skilltraning) เป็นการปรับพฤติกรรมในชีวิตประจำวัน เพื่อลดภาวะน้ำคั่ง ได้แก่ การจำกัดน้ำดื่ม การลดเค็มอย่างเคร่งครัด การสื่อสาร และปรึกษากับทีมสุขภาพ การรับประทานยาขับปัสสาวะตามแพทย์สั่ง สามารถจัดการอาการได้อย่างเหมาะสม สามารถควบคุมอาการของโรคได้ทำให้ผู้ป่วยภาวะหัวใจล้มเหลว

2. เครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย

2.1 แบบบันทึกข้อมูลทั่วไป จำนวน 16 ข้อ ได้แก่ เพศ, อายุ, รายได้, สถานภาพสมรส, ระดับการศึกษา, อาชีพ, การสูบบุหรี่, การใช้สารเสพติด, ความรุนแรงของการเจ็บป่วย, โรคประจำตัว/โรคร่วม, ระยะเวลาการเจ็บป่วย, ประวัติการรับการนอนรักษาตัวในโรงพยาบาล, ได้รับความรู้เกี่ยวกับภาวะหัวใจล้มเหลว, กลับมานอนโรงพยาบาลซ้ำด้วยภาวะหัวใจล้มเหลวภายใน 3 เดือนที่ผ่านมา, ประวัติการได้รับการตรวจหัวใจด้วยคลื่นสะท้อนความถี่สูง, ประสิทธิภาพการทำงานของหัวใจ (LVEF)

2.2 แบบประเมินการรับรู้ภาวะสุขภาพ ผู้วิจัยได้ใช้แบบวัดการรับรู้ภาวะสุขภาพ จำนวน 15 ข้อ ได้แก่ การรับรู้โอกาสเสี่ยงต่อการเกิดของภาวะหัวใจล้มเหลว จำนวน 4 ข้อ,การรับรู้ความรุนแรงจากภาวะหัวใจล้มเหลว จำนวน 5 ข้อ, การรับรู้ประโยชน์ของการปฏิบัติเพื่อป้องกันภาวะหัวใจล้มเหลว จำนวน 4 ข้อ และการรับรู้อุปสรรคของการปฏิบัติเพื่อป้องกันภาวะหัวใจล้มเหลว จำนวน 2 ข้อ

เกณฑ์การให้คะแนน

เห็นด้วย หมายถึง ท่านมีความคิดเห็นตรงกันกับข้อความนั้นมาก ให้ 3 คะแนน

ไม่แน่ใจ หมายถึง ท่านมีความคิดเห็นตรงกับข้อความนั้นก้ำกึ่งกัน ให้ 2 คะแนน

ไม่เห็นด้วย หมายถึง ท่านมีความคิดเห็นไม่ตรงกันกับข้อความนั้น ให้ 1 คะแนน

2.3 แบบสอบถามพฤติกรรมในการดูแลตนเองของผู้ป่วยภาวะหัวใจล้มเหลว โดยปรับมาจากแบบสอบถามของ จอม สุวรรณโณ (2551) ประกอบด้วย เมื่อท่านอ่านหรือรับฟังคำถามแล้วกรุณาตอบตามความเป็นจริงที่ตรงกับกับพฤติกรรมหรือการกระทำที่ท่านปฏิบัติอยู่ในช่วงระยะ 2 เดือนที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบัน จำนวน 15 ข้อ ประกอบด้วยการดูแลตนเองเพื่อคงสภาวะสุขภาพ จำนวน 10 ข้อ และการดูแลตนเองเพื่อจัดการอาการ จำนวน 5 ข้อ

ขั้นตอนและวิธีรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนการดำเนินการ

1.การวิจัยครั้งนี้ได้รับการอนุมัติจริยธรรมต่อคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ เลขที่ IEC-038-2566

2. ผู้วิจัยเข้าหน่วยงานเพื่อขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยชี้แจงวัตถุประสงค์ในการวิจัย รายละเอียดในการเก็บรวบรวมข้อมูลและลงนามในหนังสือขอความยินยอมจากกลุ่มตัวอย่าง

3. กลุ่มตัวอย่างแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง ซึ่งจะใช้แบบประเมินชุดคำถามเดียวกัน วัดก่อนหลังการสอน และประเมินติดตามครั้งที่1วันที่ผู้ป่วยมาตรวจเอคโค่หัวใจ โดยการโทรศัพท์ติดตามประเมินเรื่องการรับรู้ 2 สัปดาห์ และประเมินครั้งที่ 3 ระยะเวลา 2 เดือน โดยการโทรนัดพบผู้ป่วยในวันที่ผู้ป่วยมาติดตามการรักษาที่โรงพยาบาลเพชรบูรณ์

สถิติและการวิเคราะห์ข้อมูล

1.วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป ด้วยสถิติพรรณนา ได้แก่ จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. วิเคราะห์ข้อมูลอนุมาน

2.1 เปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลทั่วไประหว่างกลุ่มด้วยสถิติ Chi-square test กรณีไม่เป็นไปตามข้อกำหนดใช้ Fisher’s extract test

2.2 เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยการรับรู้ และพฤติกรรมการดูแลตนเองภายในกลุ่มด้วย Dependent t-test

2.3 เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยการรับรู้ และพฤติกรรมการดูแลตนเองระหว่างกลุ่มด้วย Independent t-test

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการสะท้อนผลตรวจหัวใจด้วยคลื่นเสียงสะท้อนความถี่สูงด้วยสื่อแอนิเมชันต่อการรับรู้ภาวะสุขภาพ และพฤติกรรมการดูแลตนเองในผู้ป่วยภาวะหัวใจล้มเหลว มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อเปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยการรับรู้ภาวะสุขภาพ และพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยภาวะหัวใจล้มเหลวก่อนและหลังการได้รับสื่อแอนิเมชัน 2) เพื่อเปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยการรับรู้ภาวะสุขภาพ และพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยภาวะหัวใจล้มเหลว ระหว่างกลุ่มที่ได้รับสื่อแอนิเมชัน และกลุ่มที่ได้รับการดูแลตามปกติ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์โดยใช้กระบวนการทางสถิติ โดยนำเสนอเป็น 3 ส่วน ดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ส่วนที่ 2 เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยการรับรู้ภาวะสุขภาพของผู้ป่วยภาวะหัวใจล้มเหลวก่อนและหลังการได้รับสื่อแอนิเมชัน

ส่วนที่ 3 เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยภาวะหัวใจล้มเหลว ก่อนและหลังการได้รับสื่อแอนิเมชัน

ส่วนที่ 4 เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยการรับรู้ภาวะสุขภาพของผู้ป่วยภาวะหัวใจล้มเหลว ระหว่าง กลุ่มที่ได้รับสื่อแอนิเมชัน และกลุ่มที่ได้รับการดูแลตามปกติ

ส่วนที่ 5 เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยภาวะหัวใจล้มเหลว ระหว่าง กลุ่มที่ได้รับสื่อแอนิเมชัน และกลุ่มที่ได้รับการดูแลตามปกติ

1. ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างจำนวน 60 ราย เป็นกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง กลุ่มละ 30 ราย มีคุณลักษณะด้านข้อมูลทั่วไปที่คล้ายๆ กันเป็นส่วนใหญ่ ดังนี้ เกินครึ่งเป็นเพศชาย ร้อยละ 76.70 และร้อยละ 60.00 มากกว่าหรือเท่ากับ 60 ร้อยละ 80.00 และ 63.30 (Mean=49.366, S.D.=10.918, Min=29, Max=67) และ (Mean=51.100, S.D.=11.718, min=26,max=68) ตามลำดับ เกินครึ่งมีรายได้ต่อเดือนต่ำกว่า 10,000 บาท ร้อยละ 66.70 และ 56.70, สถานภาพสมรส ร้อยละ 53.30 และ 66.80, การศึกษาระดับมัธยมศึกษาขึ้นไป ร้อยละ 50.00 และ 56.70 มีเพียงร้อยละ 23.30 และ 20.00 ที่ไม่ได้ประกอบอาชีพ, สูบบุหรี่ร้อยละ 53.30 และ 30.30, เคยใช้สารเสพติดร้อยละ 30.00 และ 23.30 ส่วนใหญ่มีความรุนแรงของโรคในระดับ 2 ร้อยละ 93.30 และ 90.00 เกินครึ่งมีโรคร่วม ร้อยละ 60.00 และ 56.70 ระยะเวลาการป่วยตั้งแต่ 1 เดือนขึ้นไป ร้อยละ 66.70 และ 80.00 เกินครึ่งมีประวัติการนอนรักษาตัวในโรงพยาบาล ร้อยละ 60.00 และ 56.70 ได้รับความรู้เกี่ยวกับโรคหัวใจล้มเหลวร้อยละ 40.00 และ 30.00 ประสิทธิภาพการทำงานของหัวใจ พบว่า 2 ใน 3 มีค่า LVEF<40 ร้อยละ 66.70 และ 73.30 ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลทั่วไประหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง (n=60)

ข้อมูลทั่วไป	**กลุ่มควบคุม (n = 30)**	**กลุ่มทดลอง (n = 30)**	χ^2	**p-value**
	จำนวน (ร้อยละ)	**จำนวน (ร้อยละ)**		
เพศ			1.232	.267
ชาย	23 (76.70)	18 (60.00)		
หญิง	7 (23.30)	12 (40.00)		
อายุ (ปี)				
น้อยกว่า 60	6 (20.00)	11 (36.70)	1.313	.252
มากกว่าหรือเท่ากับ 60	24 (80.00)	19 (63.30)		
(Mean=49.366, S.D.=10.918, Min=29, Max=67) (Mean=51.100, S.D.=11.718, min=26,max=68)				
รายได้ (บาท)			.282	.595
<10,000	20 (66.70)	17 (56.70)		
มากกว่าหรือเท่ากับ 10,000	10 (33.30)	13 (43.30)		

ข้อมูลทั่วไป	กลุ่มควบคุม (n = 30)	กลุ่มทดลอง (n = 30)	χ^2	p-value
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)		
สถานภาพสมรส			2.794	.247
โสด	8 (26.70)	3 (10.00)		
สมรส	16 (53.30)	20 (66.80)		
หม้าย/หย่าร้าง/แยกกันอยู่	6 (20.00)	7 (23.30)		
ระดับการศึกษา			.067	.796
ต่ำกว่ามัธยมศึกษา	15 (50.00)	13 (43.30)		
มัธยมศึกษาขึ้นไป	15 (50.00)	17 (56.70)		
อาชีพ			.000	1.000
ไม่ได้ประกอบอาชีพ	7 (23.30)	6 (20.00)		
ประกอบอาชีพ	23 (76.70)	24 (80.00)		
การสูบบุหรี่			2.469	.116
ไม่สูบ	14 (46.70)	21 (70.00)		
สูบ	16 (53.30)	9 (30.00)		
การใช้สารเสพติด			.085	.770
ไม่เคย	21 (70.00)	23 (76.70)		
เคย	9 (30.00)	7 (23.30)		
ระดับความรุนแรงของโรค			.000	1.000
ระดับ 2	28 (93.30)	27 (90.00)		
ระดับ 3	2 (6.70)	3 (10.00)		
โรคร่วม			.000	1.000
ไม่มี	12 (40.00)	13 (43.30)		
มี	18 (60.00)	17 (56.70)		
ระยะเวลาที่ป่วย (เดือน)			.767	.381
< 1	10 (33.30)	6 (20.00)		
มากกว่าหรือเท่ากับ 1	20 (66.70)	24 (80.00)		
ประวัติการนอนโรงพยาบาล			.000	1.000
ไม่เคย	12 (40.00)	13 (43.30)		
เคย	18 (60.00)	17 (56.70)		

ข้อมูลทั่วไป	กลุ่มควบคุม (n = 30)	กลุ่มทดลอง (n = 30)	χ^2	p-value
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)		
การได้รับความรู้เกี่ยวกับภาวะหัวใจล้มเหลว			.293	.588
ไม่เคย	18 (60.00)	21 (70.00)		
เคย	12 (40.00)	9 (30.00)		
ประสิทธิภาพการทำงานของหัวใจ (LVEF)			.079	.778
<40	20 (66.70)	22 (73.30)		
มากกว่าหรือเท่ากับ 40	10 (33.30)	8 (26.70)		
(Mean=37.300, S.D.=11.480, Min=20, Max=62) (Mean=33.933, S.D.=8.831, min=16,max=58)				

2. เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยการรับรู้ภาวะสุขภาพของผู้ป่วยภาวะหัวใจล้มเหลว ก่อนและหลังการได้รับสื่อแอนิเมชัน

เมื่อเปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยการรับรู้ภาวะสุขภาพของผู้ป่วยภาวะหัวใจล้มเหลว ก่อนและหลังการได้รับสื่อแอนิเมชัน พบว่าหลังมีการใช้สื่อแอนิเมชันมีค่าคะแนนเฉลี่ยการรับรู้ภาวะสุขภาพสูงกว่าก่อนการใช้สื่อแอนิเมชัน (Mean = 43.900, SD = 1.398 และ Mean = 36.966, SD = 3.718) ตามลำดับ ($p<.001$) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการรับรู้ภาวะสุขภาพของผู้ป่วยภาวะหัวใจล้มเหลว ก่อนและหลังการใช้สื่อแอนิเมชัน (n=30)

เปรียบเทียบ	ก่อนใช้สื่อแอมิเนชั่น	หลังใช้สื่อแอนิเมชัน	t	p-value
	Mean (SD)	Mean (SD)		
การรับรู้ภาวะสุขภาพของผู้ป่วยภาวะหัวใจล้มเหลว	36.966 (3.718)	43.900 (1.398)	-9.663	.000

3. เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยภาวะหัวใจล้มเหลวก่อนและหลังการได้รับสื่อแอนิเมชัน

เมื่อเปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยภาวะหัวใจล้มเหลว ก่อนและหลังการได้รับสื่อแอนิเมชัน พบว่าหลังมีการใช้สื่อแอนิเมชันมีค่าคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการดูแลตนเองสูงกว่าก่อนการใช้สื่อแอนิเมชัน (Mean = 37.000, SD = 3.205 และ Mean = 23.133, SD = 3.857) ตามลำดับ ($p<.001$) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยภาวะหัวใจล้มเหลว ก่อนและหลังการใช้สื่อแอนิเมชัน (n=30)

เปรียบเทียบ	**ก่อนใช้สื่อแอมิเนชั่น Mean (SD)**	**หลังใช้สื่อแอนิเมชัน Mean (SD)**	**t**	**p-value**
พฤติกรรมการดูแลตนเอง	23.133 (3.857)	37.000 (3.205)	-18.563	.000

4. เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยการรับรู้ภาวะสุขภาพของผู้ป่วยภาวะหัวใจล้มเหลวระหว่างกลุ่มที่ได้รับสื่อแอนิเมชัน และกลุ่มที่ได้รับการดูแลตามปกติ

เมื่อเปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยการรับรู้ภาวะสุขภาพของผู้ป่วยภาวะหัวใจล้มเหลว ระหว่างกลุ่มที่ได้รับสื่อแอนิเมชัน และกลุ่มที่ได้รับการดูแลตามปกติ พบว่า กลุ่มที่ได้รับสื่อแอนิเมชันมีค่าคะแนนเฉลี่ยการรับรู้ภาวะสุขภาพสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการดูแลตามปกติ (Mean = 43.900, SD = 1.398 และ Mean = 40.200, SD = 1.954) ตามลำดับ ($p<.001$) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการรับรู้ภาวะสุขภาพของผู้ป่วยภาวะหัวใจล้มเหลวระหว่างกลุ่มที่ได้รับสื่อแอนิเมชัน และกลุ่มที่ได้รับการดูแลตามปกติ (n=60)

เปรียบเทียบ	**ใช้สื่อแอมิเนชัน (n=30)**	**ดูแลตามปกติ (n=30)**	**t**	**p-value**
	Mean (SD)	**Mean (SD)**		
การรับรู้ภาวะสุขภาพ	43.900 (1.398)	40.200 (1.954)	-8.432	.000

5. เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยภาวะหัวใจล้มเหลวระหว่าง กลุ่มที่ได้รับสื่อแอนิเมชัน และกลุ่มที่ได้รับการดูแลตามปกติ

เมื่อเปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยภาวะหัวใจล้มเหลว ระหว่างกลุ่มที่ได้รับสื่อแอนิเมชัน และกลุ่มที่ได้รับการดูแลตามปกติ พบว่ากลุ่มที่ได้รับสื่อแอนิเมชันมีค่าคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการดูแลตนเองสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการดูแลตามปกติ (Mean = 37.000, SD = 3.205 และ Mean = 32.133, SD = 3.645) ตามลำดับ ($p<.001$) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยภาวะหัวใจล้มเหลวระหว่าง กลุ่มที่ได้รับสื่อแอนิเมชัน และกลุ่มที่ได้รับการดูแลตามปกติ (n=60)

เปรียบเทียบ	**ใช้สื่อแอมิเนชัน (n=30)**	**ดูแลตามปกติ (n=30)**	**t**	**p-value**
	Mean (SD)	**Mean (SD)**		
พฤติกรรมการดูแลตนเอง	37.000 (3.205)	32.133 (3.645)	-5.491	.000

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ตัวแปรต้น

การสะท้อนผลตรวจหัวใจด้วยคลื่นสะท้อนความถี่สูง และสื่อการสอนภาวะหัวใจล้มเหลวและการปฏิบัติตัว ด้วยสื่อแอนิเมชัน ในผู้ป่วยภาวะหัวใจล้มเหลว ประกอบด้วย

1. การดูแลตนเองเพื่อคงสภาพ (Self -care) การปรับพฤติกรรมการควบคุมน้ำหนัก ควบคุมการบริโภคเกลือโซเดียม ควมคุมการบริโภคน้ำ การพักผ่อน การออกกำลังกาย การรับประทานยาตามแผนการรักษา การมาตามนัด การลดปัจจัยเสี่ยง เช่นเลิกสูบบุรี่ แอลกอฮอลล์ การฉีดวัคซีนป้องกันไข้หวัดใหญ่
2. การในการเฝ้าระวังตนเอง (self-monitoring) สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงอาการและอาการแสดงของภาวะหัวใจล้มเหลวด้วยตนเอง โอกาสเกิดอาการ กำเริบได้ตลอดเวลา
3. การฝึกทักษะการจัดการตนเอง (Self -management skilltraning) เป็นการปรับพฤติกรรม ได้แก่ การจำกัดน้ำดื่ม การลดเค็มอย่างเคร่งครัดการสื่อสารและปรึกษากับทีมสุขภาพ การรับประทานยาขับปัสสาวะตามแทย์สั่ง สามารถจัดการอาการได้อย่าง เหมาะสม

โดยใช้สื่อแอนิเมชัน ในการ

1. การอธิบายลักษณะภาพเอคโค่โครงสร้างหัวใจที่ปกติได้แก่ขนาด รูปร่าง การบีบตัว ลิ้นหัวใจ
2. การอธิบายลักษณะภาพเอคโค่โครงสร้างหัวใจมีพยาธิสภาพผู้ป่วยที่มีภาวะหัวใจลัมเหลว
3. การอธิบายลักษณะพยาธิสภาพการทำงานของหัวใจผู้ป่วยที่มีภาวะหัวใจลัมเหลว

ตัวแปรตาม

กลุ่มทดลอง

กลุ่มควบคุม

1. การรับรู้ภาวะสุขภาพ
- 1.1 การรับรู้โอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรค
- 1.2 การรับรู้ความรุนแรงของโรค
- 1.3 การรับรู้ประโยชน์ที่จะได้รับ
- 1.4 การรับรู้อุปสรรค

2. พฤติกรรมการดูแลตนเองในผู้ป่วยภาวะหัวใจล้มเหลว
- 2.1 การดูแลตนเองเพื่อคงสภาวะสุขภาพ
- 2.2 การดูแลตนเองเพื่อจัดการอาการ

ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

การรวบรวมข้อมูล

1. หลังจากได้รับการอนุญาตในการเก็บรวมรวมข้อมูลแล้วผู้วิจัยเก็บรวมรวมข้อมูลที่ ห้องตรวจ

เอคโค่หัวใจโรงพยาบาลเพชรบูรณ์ สำหรับผู้ป่วยที่ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นภาวะหัวใจล้มเหลว ที่มารับการตรวจเอคโค่ ในวันจันทร์ – ศุกร์ ที่มีผู้ป่วยนัดมา ในเวลา 8.00-16.00 น. หลังจากการตรวจโค่เสร็จและผู้ป่วยจะได้รับแจ้งผลการตรวจ และสอนเรื่องการปฏิบัติตัวเรื่องภาวะหัวใจล้มเหลวโดยใช้เวลาในการรวบรวมข้อมูลและแจ้งผลตรวจและสอนการปฏิบัติตัวเรื่องภาวะหัวใจล้มเหลวในรูปแบบเดิมในกลุ่มควบคุมประมาณ30นาที/คนโดยผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยขอความ ร่วมมือจากกลุ่มตัวอย่าง กรณีที่เป็นผู้ป่วยมาจากตึกผู้ป่วยใน จะโทรแจ้งพยาบาลที่แผนกที่ผู้ป่วยนอนให้ทราบ

2. ในกรณีที่เป็นผู้ป่วยในที่ไม่ได้รับการแจ้งผลหลังจากตรวจที่ห้องเอคโค่มีขั้นตอนการเก็บข้อมูลดังนี้หลังจากได้รับการอนุญาตในการเก็บรวมรวมข้อมูลแล้ว ผู้วิจัยได้เข้าพบหัวหน้างานหอผู้ป่วยและหัวหน้าแผนกผู้ป่วยนอก ณ คลินิกผู้ป่วยอายุรกรรมโรงพยาบาลเพชรบูรณ์ เพื่อขออนุญาตและ ขอความร่วมมือในการวิจัย

3. คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างตามคุณสมบัติตามที่กำหนดเมื่อได้กลุ่มตัวอย่างแล้ว ผู้วิจัยเจาะจงกลุ่ม ตัวอย่างเพื่อเข้ากลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม

สรุปผล

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) แบบ 2 กลุ่ม วัดผลก่อนและหลังการทดลอง (two group pretest-posttest design) กลุ่มตัวอย่างแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มควบคุมได้รับการแจ้งผลตรวจหัวใจด้วยคลื่นเสียงสะท้อนความถี่สูงโดยใช้รูปแบบเดิมและกลุ่มทดลองได้รับการแจ้งผลตรวจหัวใจด้วยคลื่นเสียงสะท้อนความถี่สูงด้วยสื่อ แอนิเมชัน กลุ่มละ 30 ราย คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง ระยะเวลาในการศึกษา ระหว่างเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2567 ถึง มิถุนายน (ตุลาคม) พ.ศ. 2568 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ เครื่องมือในการทดลอง คือสื่อแอนิเมชัน ในการแจ้งผลการตรวจหัวใจด้วยคลื่นสะท้อนความถี่สูง ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ได้ค่าความตรงเท่ากับ.675 และเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล คือแบบบันทึกข้อมูลทั่วไป, แบบประเมินการรับรู้ภาวะสุขภาพ และแบบสอบถามพฤติกรรมในการดูแลตนเองของผู้ป่วยภาวะหัวใจล้มเหลว วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพรรณนา ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติอนุมาน ได้แก่ เปรียบเทียบข้อมูลทั่วไประหว่างกลุ่ม ด้วย Chi-Square test, เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยการรับรู้ภาวะสุขภาพ และพฤติกรรมการดูแลตนเองภายในกลุ่มด้วย Dependent t test ระหว่างกลุ่ม ด้วย Independent t-test ผลการวิจัยมีดังนี้

1. ด้านข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มมีความใกล้เคียงกันในทุกๆ ด้าน คือไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ .05

2. หลังมีการใช้สื่อแอนิเมชัน กลุ่มตัวอย่างมีค่าคะแนนเฉลี่ยการรับรู้ภาวะสุขภาพของผู้ป่วย ภาวะหัวใจล้มเหลวสูงกว่าก่อนใช้สื่อแอนิเมชัน (Mean = 43.900, SD = 1.398 และ Mean = 36.966, SD = 3.718) ตามลำดับ ($p<.001$) และด้านพฤติกรรมการดูแลตนเองหลังมีการใช้สื่อแอนิเมชันสูงกว่าก่อนมีการใช้สื่อแอนิเมชันเช่นกัน (Mean = 37.000, SD = 3.205 และ Mean = 23.133, SD = 3.857) ตามลำดับ ($p<.001$) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. กลุ่มที่ได้รับสื่อแอนิเมชันมีค่าคะแนนเฉลี่ยการรับรู้ภาวะสุขภาพสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการดูแลตามปกติ (Mean = 43.900, SD = 1.398 และ Mean = 40.200, SD = 1.954) (p<.001) และมีค่าคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการดูแลตนเองสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการดูแลตามปกติ (Mean = 37.000, SD = 3.205 และ Mean = 32.133, SD = 3.645) (p<.001) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เช่นกัน

อภิปรายผล

สามารถอภิปรายผลตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยได้ดังนี้

1. การรับรู้ภาวะสุขภาพ (Health Perception)

การใช้สื่อแอนิเมชันช่วยให้คะแนนการรับรู้ภาวะสุขภาพสูงขึ้นทั้งเมื่อเทียบกับก่อนได้รับสื่อ และเทียบกับกลุ่มควบคุม เหตุผลสนับสนุน คือ สื่อแอนิเมชันช่วยเปลี่ยนข้อมูลที่ซับซ้อน (เช่น ผลตรวจหัวใจด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง หรือ Echocardiogram) ให้เป็นภาพที่เข้าใจง่ายและเป็นรูปธรรมมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ ทฤษฎีการเรียนรู้ผ่านสื่อมัลติมีเดีย (Multimedia Learning) ที่ระบุว่ามนุษย์เรียนรู้ได้ดีจากภาพและเสียงควบคู่กัน สามารถอภิปรายผลได้ว่า เมื่อผู้ป่วยเห็นภาพการทำงานของหัวใจตนเองที่ผิดปกติผ่านแอนิเมชัน จะเกิดความตระหนัก (Awareness) และความเข้าใจในความรุนแรงหรือสถานะสุขภาพของตนเองได้ชัดเจนกว่าการฟังคำอธิบายด้วยวาจาเพียงอย่างเดียว ส่งผลให้คะแนนการรับรู้ภาวะสุขภาพเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

2. พฤติกรรมการดูแลตนเอง (Self-Care Behaviors)

พฤติกรรมการดูแลตนเองเพิ่มขึ้นอย่างโดดเด่นหลังได้รับสื่อ (จากค่าเฉลี่ย 23.133 เป็น 37.000) และสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการดูแลปกติ เหตุผลสนับสนุนคือ เมื่อผู้ป่วยมีการรับรู้ภาวะสุขภาพที่ดีขึ้น (จากข้อ 1) จะนำไปสู่การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมตาม แบบจำลองความเชื่อด้านสุขภาพ (Health Belief Model) ซึ่งระบุว่าหากบุคคลรับรู้ถึงความเสี่ยงและความรุนแรงของโรค จะเกิดแรงจูงใจในการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพ สามารถอภิปรายผลได้ว่า การที่แอนิเมชันสะท้อนผลตรวจหัวใจช่วยให้ผู้ป่วย "เห็นภาพ" ว่าหากไม่ดูแลตนเองจะเกิดผลกระทบอย่างไรต่อหัวใจ ทำให้เกิดความมั่นใจในความสามารถของตนเอง (Self-efficacy) ในการจัดการโรค เช่น การจำกัดน้ำ การรับประทานยา และการสังเกตอาการบวม ซึ่งส่งผลให้พฤติกรรมการดูแลตนเองดีขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับการพยาบาลตามปกติที่อาจเน้นการให้ข้อมูลเชิงทฤษฎีมากกว่าภาพจำลองที่เฉพาะเจาะจงกับตัวผู้ป่วย

จากผลการวิจัยพบว่า สื่อแอนิเมชันสะท้อนผลตรวจหัวใจด้วยคลื่นเสียงสะท้อนความถี่สูง เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาศักยภาพของผู้ป่วยภาวะหัวใจล้มเหลว ทั้งนี้เนื่องจากสื่อดังกล่าวช่วยลดอุปสรรคในการสื่อสารข้อมูลทางการแพทย์ที่ซับซ้อน ทำให้ผู้ป่วยเข้าถึงข้อมูลสุขภาพของตนเองได้ง่ายขึ้น ส่งผลให้เกิดความตระหนักและการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมที่ยั่งยืนกว่าการได้รับคำแนะนำในรูปแบบเดิม สอดคล้องกับการศึกษาของ ที่พบว่าสื่อมัลติมีเดียช่วยเพิ่มความร่วมมือในการรักษาในผู้ป่วยโรคเรื้อรัง"

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ดร.กุลรัตน์ บริรักษ์วาณิชย์ พญ.กนกศรี อัศวสันติ อายุรแพทย์โรคหัวใจ โรงพยาบาลเพชรบูรณ์, พว. จันทร์ทิรา ภารไสว พยาบาลงานคลินิกโรคหัวใจล้มเหลวเรื้อรัง รพ.เพชรบูรณ์ สำหรับการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของรูปแบบ , ดร.กุลรัตน์ บริรักษ์วาณิชย์ สำหรับคำแนะนำเรื่องสถิติ ตลอดจนพยาบาลวิชาชีพ รวมทั้งผู้ป่วยหอผู้ป่วยไอซียู อายุรกรรมและหอผู้ป่วยวิกฤตหัวใจและหลอดเลือด โรงพยาบาลเพชรบูรณ์ ทุกคนที่ให้ความร่วมมือตลอดงานวิจัยนี้

อ้างอิง

เจตนา วงษาสูง, สุวดี ทะกัน, จันทนา หล่อตจะกูล และพิรุณพร ประเสริฐ. 2565. ผลของการให้สุขศึกษาด้วยสื่อมัลติมีเดียแบบรายบุคคล ต่อความสามารถในการดูแลตนเองหลังได้รับ
วัคซีนป้องกันโรคโควิด-19. Singburi Hospital Journal. 31(2);106-117.

ปิยภัทร ชุณหรัศมิ์, ธีรภัทร ยิ่งชนม์เจริญ, และระพีพล กุญชร ณ อยุธยา. (บ.ก.). 2562. แนวทางเวชปฏิบัติเพื่อการวินิจฉัยและการดูแลรักษาผู้ป่วยภาวะหัวใจล้มเหลว พ.ศ. 2562 (พิมพ์ครั้งที่ 1).
สมุทรปราการ: เนคสเตป ดีไซน์.

ไม้ประเสริฐ ด. 2020. การพัฒนาแอนิเมชั่น 2 มิติ เรื่อง โรคกล้ามเนื้อหัวใจตายเฉียบพลัน. วารสารวิชาการ "การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ", 6(1), 99–109. สืบค้น จาก
https://ph02.tci- thaijo.org/index.php/project-journal/article/view/239881

สมาคมแพทย์โรคหัวใจแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ สมาคมแพทย์โรคหัวใจแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ 2562 2019-HFCT-Heart-Failure-Guideline-Thai
-Version

อัจฉริยา พ่วงแก้ว, พรรณิภา บุญเทียร, ศศิมา ทองสาย, นพวรรณ เจริญยศ, ลัลน์ภัทรา ธนัตถ์โภคินันท์. ปัจจัย ทำนายคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยภาวะหัวใจล้มเหลว. วารสารพยาบาลโรคหัวใจ
และทรวงอก 2563; 31 (1): 179-97.

Punrat P, Poungkaew A, Wattanakitkrileart D, Chirakarnjanakorn S. Predicting factors to 30-day hospital readmission in patients with acute heart failure.
Thai Red Cross Nurs J. 2024;17(1):100-19.

Poungkaew A, Sindhu S, Pinyopasakul W, Tresukosol D, Viwatwongkasem C. Evaluation of a health service system for heart failure management in Thailand. Suranaree Journal of Science and Technology. 2018;25(3):295-306.

Fisher JD, Fisher WA. Changing AIDS-risk behavior. Psychol Bull. 1992;111(3):455-74. doi: 10.1037/ 0033-2909.111.3.455.

ผลของการใช้แบบประเมิน และการจัดการความปวด ในผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ โรงพยาบาลเพชรบูรณ์

The results of using the assessment and pain management in critically ill respiratory patients. Phetchabun Hospital

นางวรสุดา ตองกลิ่น[1*]
Mrs. Warasuda tongklin[1*]
[1]**หอผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ โรงพยาบาลเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000**
[1]Coronary Care Unit, Phetchabun Hospital, Phetchabun Province 67000
*Corresponding author E-mail: Bewtongklin@gmail.com

บทคัดย่อ

เป็นการวิจัยกึ่งทดลองชนิด 2 กลุ่ม วัดผลหลังการทดลอง (Quasi-experimental research) มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาผลของการใช้แบบประเมินและการจัดการความปวดในผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ 2) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความปวดระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม 3) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความปวดก่อนและหลังการใช้แบบประเมินในกลุ่มทดลอง กลุ่มตัวอย่างคือผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจที่ได้รับหัตถการ C-line และ ICD จำนวน 60 ราย (กลุ่มทดลอง 30 ราย, กลุ่มควบคุม 30 ราย) คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง เป็นผู้ป่วยที่ได้รับการทำหัตถการคือ C-line และ ICD ทำการศึกษาในช่วงเดือนเมษายน ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2568 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ เครื่องมือในการทดลอง คือ แบบประเมิน และการจัดการความเจ็บปวด ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ได้ค่า IOC เท่ากับ 0.86 และเครื่องมือในการราบรวมข้อมูล คือแบบบันทึกข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง, แบบประเมินและการจัดการความปวด แบบบันทึกผลลัพธ์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพรรณนา ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติอนุมาน ได้แก่ เปรียบเทียบข้อมูลทั่วไประหว่างกลุ่ม ด้วย Chi-Square test, เปรียบเทียบค่าคะแนนความเจ็บปวดระหว่างกลุ่ม ด้วย Independent t-test และ เปรียบเทียบค่าคะแนนความเจ็บปวดภายในกลุ่มด้วย Paired t-test ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองที่ได้รับการใช้แบบประเมินและใช้แนวทางมีคะแนนความเจ็บปวดเฉลี่ยภายหลังการทำหัตถการ ($\bar{x}$=2.16) ต่ำกว่า กลุ่มควบคุมที่ดูแลตามปกติ ($\bar{x}$=2.70) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = .023), หลังใช้แบบประเมินและจัดการความปวด คะแนนความเจ็บปวด ลดลงอย่างชัดเจนจาก $\bar{x}$=5.50 เหลือ $\bar{x}$=2.16 ด้านวิธีการจัดการความปวด พบว่าส่วนใหญ่ใช้การจัดการด้วยยา (ร้อยละ 93.30) และการจัดการโดยไม่ใช้ยาที่นิยมที่สุดคือ "การพูดคุย" (ร้อยละ 100) การใช้แบบประเมินส่งผลให้ระยะเวลาในการจัดการความปวดภายใน 30 นาที มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสะท้อนถึงความรวดเร็วในการตัดสินใจของพยาบาล

คำสำคัญ : แบบประเมินความปวด, การจัดการความปวด, ผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ

Abstract

This quasi-experimental research, utilizing a two-group post-test design, aimed to: 1) examine the effects of pain assessment and management guidelines in critically ill respiratory patients; 2) compare mean pain scores between the experimental and control groups; and 3) compare mean pain scores before and after the intervention within the experimental group. The sample consisted of 60 critically ill respiratory patients undergoing Central Line (C-line) insertion or Intercostal Chest Drain (ICD) placement (30 in the experimental group and 30 in the control group), selected through purposive sampling. The study was conducted from April to September 2025. The research instruments included: 1) Experimental tools: pain assessment and management guidelines, validated by three experts (IOC = 0.86); and 2) Data collection tools: a demographic questionnaire, pain assessment records, and outcome record forms. Data were analyzed using descriptive statistics (percentage, mean, standard deviation) and inferential statistics (Chi-square test, Independent t-test, and Paired t-test).

The results revealed that the experimental group, which received the pain assessment and management guidelines, had significantly lower post-procedure mean pain scores ($\bar{x}$ = 2.16) compared to the control group receiving routine care ($\bar{x}$ = 2.70$) (p = .023$). Within the experimental group, pain scores decreased significantly from $\bar{x}$ = 5.50$ (pre-intervention) to $\bar{x}$ = 2.16 (post-intervention). Regarding pain management interventions, pharmacological methods were most common (93.30%), while "therapeutic communication" was the most frequently used non-pharmacological method (100%). Furthermore, the implementation of the assessment tool significantly improved the efficiency of pain management, with interventions administered within 30 minutes, reflecting faster clinical decision-making by nurses.

Keywords: Pain assessment, Pain management, Critically ill respiratory patients

บทนำ

ผู้ป่วยวิกฤต (Critically ill patients) คือกลุ่มผู้ป่วยที่มีภาวะคุกคามต่อชีวิตจากการล้มเหลวของอวัยวะสำคัญ จำเป็นต้องได้รับการพยาบาลและเฝ้าระวังอย่างใกล้ชิด (Kayambankadzanja et al., 2022) ในหอผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ ผู้ป่วยมักเผชิญกับภาวะพร่องออกซิเจนและต้องพึ่งพาเทคโนโลยีทางการแพทย์ในการประคองชีพ ซึ่งนำไปสู่ความเจ็บปวดจาก 2 ปัจจัยหลัก คือ 1) ด้านการรักษา เช่น การผ่าตัด การใส่สายระบายทรวงอก (ICD) และการใส่สายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลาง (C-line) และ 2) ด้านการพยาบาล เช่น การดูดเสมหะ การพลิกตะแคงตัว และการจัดท่า ความเจ็บปวดที่เกิดขึ้นส่งผลกระทบอย่างรุนแรงทั้งทางร่างกายและจิตใจ ในด้านร่างกาย ความปวดจะกระตุ้นระบบประสาทซิมพาเธติก ทำให้หัวใจเต้นเร็ว ความดันโลหิตสูง และเพิ่มความต้องการออกซิเจน โดยเฉพาะในผู้ป่วยระบบทางเดินหายใจ ความปวดทำให้ผู้ป่วยไม่กล้าหายใจแรงหรือไอ ส่งผลให้มีเสมหะคั่งค้าง เสี่ยงต่อภาวะปอดอักเสบ และต้องใช้เครื่องช่วยหายใจนานขึ้น ซึ่งเพิ่มระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการรักษา ในด้านจิตใจ ความปวดก่อให้เกิดความกลัว วิตกกังวล และพฤติกรรมต่อต้านการรักษา เช่น การพยายามดึงท่อช่วยหายใจ ข้อมูลสถิติพบว่าผู้ป่วยวิกฤตถึงร้อยละ 60 เผชิญกับความปวดในระดับปานกลางถึงรุนแรง องค์การอนามัยโลกจึงกำหนดให้ความปวดเป็น "สัญญาณชีพที่ 5" ที่พยาบาลต้องให้ความสำคัญ (Warfield, C. A. & Fausett, H. J., 2002) อุปสรรคสำคัญในการจัดการความปวดในหอผู้ป่วยวิกฤต คือการที่ผู้ป่วยส่วนใหญ่ไม่สามารถสื่อสารบอกระดับความปวดด้วยตนเองได้ (Self-report) เนื่องจากผลของอาการป่วย การใส่ท่อช่วยหายใจ หรือการได้รับยาที่ทำให้ง่วงซึม ส่งผลให้ความปวดมักถูกมองข้าม การขาดรูปแบบและเครื่องมือประเมินที่ชัดเจนยังทำให้พยาบาลขาดความมั่นใจในการประเมินและตัดสินใจจัดการความปวด รวมถึงการประสานงานกับแพทย์และการบันทึกข้อมูลไม่เป็นไปในแนวทางเดียวกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Rose et al. (2011) ที่พบว่าพยาบาลจะประเมินความปวดในผู้ป่วยที่สื่อสารได้บ่อยกว่า และมีความกังวลในการใช้เครื่องมือประเมินพฤติกรรมในผู้ป่วยที่ไม่สามารถสื่อสารได้

จากสถิติผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจที่เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลเพชรบูรณ์ปี 2563 - 2566 มีจำนวน 681, 619, 536 และ 726 ตามลำดับ (สถิติการให้บริการหอผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ โรงพยาบาลเพชรบูรณ์, 2567) จะเห็นได้ว่าโรงพยาบาลเพชรบูรณ์ มีสถิติผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในปี พ.ศ. 2567 มีผู้ป่วยสูงถึง 799 ราย อย่างไรก็ตาม ที่ผ่านมาหอผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจยังไม่มีรูปแบบการจัดการความปวดที่ชัดเจนและเป็นรูปธรรม ผู้วิจัยจึงตระหนักถึงความสำคัญของการพัฒนา แบบประเมินและการจัดการความเจ็บปวด เพื่อให้พยาบาลมีแนวทางปฏิบัติที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน ช่วยให้สามารถตัดสินใจจัดการความปวดทั้งโดยใช้ยาและไม่ใช้ยาได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ อันจะนำไปสู่การลดภาวะแทรกซ้อน เพิ่มความพึงพอใจ และยกระดับคุณภาพการดูแลผู้ป่วยวิกฤตให้ดียิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการใช้แบบประเมิน และการจัดการความเจ็บปวดในผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ โรงพยาบาลเพชรบูรณ์
2. เพื่อเปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดระหว่างกลุ่มที่มีการใช้แบบประเมินและการจัดการ

ความเจ็บปวดในผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ กับกลุ่มที่ได้รับการดูแลตามปกติ

3. เพื่อเปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดก่อน และหลังการใช้แบบประเมินและการจัดการความเจ็บปวดในผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi Experimental Research) เปรียบเทียบ 2 กลุ่ม วัดผลก่อนและหลังการทดลอง (Two group pretest-posttest design) เพื่อศึกษาผลของการใช้แบบประเมิน และการจัดการความเจ็บปวดในผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ โรงพยาบาลเพชรบูรณ์

กลุ่มประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา

ประชากร คือ ผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาตัวในหอผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ โรงพยาบาลเพชรบูรณ์ในช่วงเดือนเมษายน พ.ศ. 2568 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2568

กลุ่มตัวอย่าง คือ

1. กลุ่มควบคุมคือ ผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาตัวในหอผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ โรงพยาบาลเพชรบูรณ์ ที่ไม่ใช้แนวปฏิบัติในช่วง เดือนเมษายน พ.ศ.2568 ถึงเดือน มิถุนายน พ.ศ. 2568 จำนวน 30 ราย
2. กลุ่มทดลอง คือ ผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาตัวในหอผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ โรงพยาบาลเพชรบูรณ์ ที่ใช้แนวปฏิบัติในช่วงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2568 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2568 จำนวน 30 ราย โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง ที่มีคุณสมบัติตรงตามเกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง

กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สถิติเปรียบเทียบเพื่อหาความแตกต่างระหว่าง 2 ตัวแปรซึ่งเป็นอิสระต่อกัน (Two independent means) ของ App N4Studies ทำการคำนวณโดยใช้ตารางกำหนดกลุ่มตัวอย่างโคเฮน โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 อำนาจ การทำนาย (power) ที่ 0.80 และขนาดอิทธิพล ระดับกลาง (medium effect size) ที่ 0.60 ได้ จำนวนกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง กลุ่มละ 9 คน ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยปรับขนาดกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มละ 30 คน เพื่อการใช้สถิติขั้นสูงในการวิเคราะห์ข้อมูล อ้างผลการศึกษาของประวีณา อัศวพลไพศาลม และ จุฬาวรี ชัยวงค์นาคพันธ์ (2564) ศึกษาประสิทธิผลของการใช้แนวปฏิบัติทางคลินิกสำหรับการจัดการความปวด ในผู้ป่วยวิกฤตศัลยกรรม ห้องผู้ป่วยหนักศัลยกรรม โรงพยาบาลแพร่ พบว่ากลุ่มตัวอย่างที่ใช้แนวปฏิบัติทางคลินิกสำหรับการจัดการความปวดในผู้ป่วยวิกฤต มีคะแนนความปวดที่ลดลง ($\bar{x}$ =2.24, SD=0.49) มากกว่ากลุ่มตัวอย่างที่ไม่ใช้แนวปฏิบัติ ($\bar{x}$ =1.53, SD=0.56) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001

Sample size for comparing two independent population means from n4Studies

Output:

$Z(0.95) = 1.96$, $Z(0.8) = 0.84$,

Mean in group1 (μ1) = 2.24, SD. in group1 = 0.49

Mean in group2 (μ2) = 1.53, SD. in group2 = 0.56

n1 = 9

Thus, sample size in group1 = 9 and group2 = 9

$$n_1 = \frac{(z_{1-\frac{\alpha}{2}} + z_{1-\beta})^2 \left[\sigma_1^2 + \frac{\sigma_2^2}{r}\right]}{\Delta^2}$$

$$r = \frac{n_2}{n_1}, \Delta = \mu_1 - \mu_2$$

เกณฑ์การคัดเข้า (Inclusion Criteria) ได้แก่

1. อายุ 18 ปีขึ้นไป
2. มีสติสัมปชัญญะดี (GCS >8)
3. สามารถสื่อสารได้ด้วยภาษาไทย
4. เป็นผู้ป่วยที่ได้รับการทำหัตถการที่มีความยุ่งยากซับซ้อนเกิน 30 นาที ได้แก่ การทำ C-line, การทำ ICD
5. ยินยอมให้ความร่วมมือเข้าร่วมโครงการวิจัย
6. รับการรักษาตั้งแต่ 24 ชั่วโมง ขึ้นไป

เกณฑ์การคัดออก (Exclusion Criteria) ได้แก่ ผู้ป่วยกลุ่ม Palliative care

เกณฑ์การเลิกจากการศึกษา (Discontinuation criteria for participant) ถูกส่งต่อไปยังโรงพยาบาลที่มีศักยภาพสูงกว่า

เกณฑ์การพิจารณาเลิกหรือยุติการศึกษาทั้งโครงการ (Discontinuation criteria for the study) เมื่อการศึกษาสิ้นสุดตามระยะเวลาการศึกษาแล้วไม่สามารถดำเนินการวิจัยโดยการเก็บข้อมูลของกลุ่มกลุ่มตัวได้อย่างครบตามที่กำหนด

เครื่องมือในการวิจัย ประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองคือ แบบประเมินและการจัดการความเจ็บปวดในผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ โรงพยาบาลเพชรบูรณ์ ซึ่งผู้วิจัยพัฒนาขึ้นโดยประยุกต์ใช้แนวปฏิบัติของ สุภาภรณ์ บุญโยทยาน และคณะ (2562) โดยคัดเลือกกิจกรรมสำคัญมาใช้ 3 ด้านหลัก ดังนี้:

1.1 การประเมินความปวด (Pain Assessment) ผู้วิจัยกำหนดให้มีการเลือกใช้เครื่องมือประเมินให้เหมาะสมกับระดับการรับรู้และสภาพของผู้ป่วย ดังนี้:

1.1.1 แบบประเมินเชิงตัวเลข (Numeric Rating Scale: NRS)

ใช้สำหรับผู้ป่วยที่รู้สึกตัวดี สื่อสารได้ และให้ความร่วมมือ โดยให้ผู้ป่วยระบุระดับความปวดเป็นตัวเลข 0–10 คะแนน แบ่งเกณฑ์การแปลผลดังนี้:

0 คะแนน: ไม่ปวดเลย

1–3 คะแนน: ปวดน้อย

4–6 คะแนน: ปวดปานกลาง

7–9 คะแนน: ปวดมาก

10 คะแนน: ปวดมากที่สุด

1.1.2 แบบสังเกตพฤติกรรมความปวดในผู้ป่วยวิกฤต (Critical-Care Pain Observation Tool: CPOT) ใช้สำหรับผู้ป่วยที่ไม่สามารถสื่อสารบอกระดับความปวดได้ เช่น ผู้ป่วยใส่ท่อช่วยหายใจ หรือได้รับยาประคองระดับความรู้สึกตัว โดยประเมินพฤติกรรม 4 หมวด (คะแนนรวม 0–8 คะแนน) ได้แก่:

การแสดงสีหน้า (Facial Expression): สังเกตความผ่อนคลายหรือการนิ่วหน้าขมวดคิ้ว

การเคลื่อนไหวร่างกาย (Body Movement): สังเกตการขยับแขนขาหรือการดึงสายอุปกรณ์

ความตึงตัวของกล้ามเนื้อ (Muscle Tension): ประเมินจากการงอหรือยืดแขนขาขณะพยาบาลช่วยเคลื่อนไหว

ความสอดคล้องกับการใช้เครื่องช่วยหายใจหรือการส่งเสียง (Compliance with Ventilator / Vocalization):

- *ผู้ป่วยใส่ท่อช่วยหายใจ:* สังเกตการต้านเครื่องหรือไอสะอึก
- *ผู้ป่วยไม่ใส่ท่อช่วยหายใจ:* สังเกตการคราง การบ่น หรือการตะโกน

การแปลผล

1-2 หมายถึง ปวดระดับเล็กน้อย

3-5 หมายถึง ปวดระดับปานกลาง

7-10 หมายถึง ปวดระดับรุนแรง

1.2 การบรรเทาความปวด (Pain Interventions)

1.2.1 ไม่ใช้ยา หากระดับความปวดน้อย 1-2 คะแนน กิจกรรมคือ 1) การจัดท่า 2) การสัมผัส 3) การสร้างสัมพันธ์ภาพ โดยการดูแลใกล้ชิด การแสดงความเห็นใจ เข้าใจและให้กำลังใจปลอบโยนขณะเกิดความปวด 4) การสอนและการให้ข้อมูลเกี่ยวกับความปวดและบรรเทาปวด 5) การให้ข้อมูลที่เป็นความรู้สึกแก่ผู้ป่วยขณะทำหัตถการหรือกิจกรรม 6) การเบี่ยงเบนความสนใจ

1.2.2 การจัดการความปวดโดยใช้ยา ดังนี้ 1) ระดับความปวดปานกลาง 3-5 คะแนน เป็นการใช้ยากลุ่มไม่ใช่โอปิออยด์ (Non-opioids) เช่น paracetamol 2) ระดับความปวดมาก 6-8 คะแนน เป็นการใช้ยากลุ่มโอปิออยด์ (opioids) เช่น morphine, fentanyl 3) ระดับความปวด 9-10 คะแนน เป็นการใช้ยากลุ่มโอปิออยด์

1.3. การติดตามและการบันทึก (Monitoring and Documentation) กำหนดให้มีการประเมินซ้ำและบันทึกผลอย่างสม่ำเสมอตามมาตรฐาน ได้แก่: ประเมินก่อนและหลังทำหัตถการ, ประเมินก่อนให้ยาแก้ปวดและติดตามผลหลังให้ยา (ตามระยะเวลาการออกฤทธิ์ของยาแต่ละชนิด) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของการรักษา

1.3.1 กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการระงับปวดโดยไม่ใช้ยา ประเมินภายใน 30-60 นาที หลังให้การบรรเทาความปวด หลังจากนั้นประเมิน และบันทึกทุก 4 ชั่วโมง

1.3.2 กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการระงับปวดด้วยยาฉีด ประเมินภายใน 30 นาที หลังได้รับยา หลังจากนั้นประเมินและบันทึกทุก 4 ชั่วโมง

1.3.3 กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการระงับปวดชนิดรับประทาน ประเมินภายใน 60 นาที หลังได้รับยา หลังจากนั้นประเมินและบันทึก ทุก 4 ชั่วโมง

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย

1. ข้อมูลทั่วไปของ กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 9 ข้อ ได้แก่ เพศ, อายุ, ชนิดการทำหัตถการ, ระยะเวลาในการทำหัตถการ, คะแนน pain หลังทำหัตถการ, ระยะเวลาที่มีการจัดการความปวด, ชีพจร, อัตราการหายใจ และความดันโลหิต

2. แบบประเมินและการจัดการความปวด ประกอบด้วย 1) คะแนนความปวดภายหลังการจัดการความปวด 2) การจัดการความปวด (ชนิดของเครื่องมือในการประเมินความปวด NRS/CPOT, การจัดการความปวด [ใช้ยา/ไม่ใช้ยา] และภาวะสับสนเฉียบพลัน)

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

การตรวจสอบความตรงของเนื้อหา (content validity) แนวปฏิบัติทางคลินิก สำหรับการจัดการความปวดในผู้ป่วยวิกฤต ผ่านการตรวจสอบความตรงทางเนื้อหา (content validity) และความเหมาะสมของภาษาโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ได้แก่ แพทย์เฉพาะทางโรคปอด 1 ท่าน หัวหน้าหอผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านการปฏิบัติทางคลินิก 1 ท่าน มีค่าดัชนี ความตรงตามเนื้อหา (Content validity index [CVI]) เท่ากับ 0.86. ผู้วิจัยประเมินคุณภาพ ของแนวปฏิบัติทางคลินิกสำหรับการจัดการความปวดในผู้ป่วยวิกฤต ตามเกณฑ์การประเมินคุณภาพทางคลินิก (The Appraisal of Guideline for Research & Evaluation [AGREE])

การตรวจสอบความเชื่อมั่นของเครื่องมือ (Reliability)

ผู้วิจัยตรวจ สอบความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ (feasibility) โดยการทำเครื่องมือการวิจัย และแบบเก็บรวบรวมข้อมูลไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้ป่วยหนัก ในหอผู้ป่วยกึ่งวิกฤต จำนวน 10 คน เพื่อตรวจสอบว่าสามารถเก็บข้อมูลได้ครบถ้วนก่อนนำไปใช้จริง

ขั้นตอนและวิธีรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ โรงพยาบาลเพชรบูรณ์ แบ่งออกเป็น 3 ระยะ ดังนี้:

ระยะเตรียมการ (Preparation Phase)

1. การอนุมัติและพิทักษ์สิทธิ์: ดำเนินการภายหลังได้รับหนังสือรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จาก

สำนักงานสาธารณสุข จังหวัดเพชรบูรณ์ (เลขที่ 082/2568) โดยชี้แจงวัตถุประสงค์และขอความร่วมมือจากหัวหน้าหอผู้ป่วยและทีมพยาบาล

2. การเตรียมบุคลากร: จัดประชุมพยาบาลวิชาชีพในหน่วยงานจำนวน 18 คน เพื่อชี้แจงแนวปฏิบัติฯ และฝึกทักษะการใช้เครื่องมือประเมินความปวด (NRS และ CPOT) พร้อมปรับปรุงขั้นตอนให้สอดคล้องกับบริบทของหอผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ

ระยะดำเนินการ (Implementation Phase)

1. การเก็บข้อมูลในกลุ่มควบคุม (Control Group) ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการพยาบาลตามปกติ พยาบาลประเมินความปวดทุก 4–6 ชั่วโมง และบันทึกคะแนนก่อนการจัดการ บรรเทาความปวดด้วยวิธีการใช้ยา (Pharmacological) เพียงอย่างเดียวตามแผนการรักษาของแพทย์เมื่อผู้ป่วยแสดงอาการปวด โดยประเมินและบันทึกคะแนนความปวดซ้ำทุกครั้งหลังเสร็จสิ้นการจัดการความปวด

2. การเก็บข้อมูลในกลุ่มทดลอง (Experimental Group)

2.1 เลือกใช้เครื่องมือ NRS ในผู้ป่วยที่สื่อสารได้ และ CPOT ในผู้ป่วยที่สื่อสารไม่ได้ เพื่อประเมินคะแนนความปวดก่อนทำหัตถการหรือกิจกรรมการพยาบาล

2.2 ดำเนินการจัดการความปวดตามระดับความรุนแรง (Pain Severity) ดังนี้

ตารางที่ 1 การจัดการความปวดแบบบูรณาการ

ระดับความปวด	คะแนน NRS	คะแนน CPOT	การจัดการความปวด
น้อย	1–3	1–2	ใช้ยากลุ่ม Non-opioids (เช่น Paracetamol) ร่วมกับการจัดการแบบไม่ใช้ยา
ปานกลาง	4–6	3–5	ใช้ยากลุ่ม Opioids (เช่น Morphine, Fentanyl) ร่วมกับการจัดการแบบไม่ใช้ยา
มาก	7–10	6–8	ใช้ยากลุ่ม Opioids ออกฤทธิ์แรง และพิจารณาให้ยาซ้ำหรือปรับวิธีตามแนวปฏิบัติ

2.3 กิจกรรมการพยาบาลแบบไม่ใช้ยา (Non-pharmacological): ดำเนินการควบคู่กับการใช้ยาในทุกระดับความปวด ได้แก่ การจัดท่า, การสัมผัสประโลม, การสร้างสัมพันธภาพและให้กำลังใจ, การให้ข้อมูลก่อนและขณะทำหัตถการ รวมถึงการเบี่ยงเบนความสนใจ

ระยะติดตามและประเมินผล (Evaluation Phase)

1. การประเมินผลลัพธ์: พยาบาลประเมินและบันทึกคะแนนความปวดซ้ำภายหลังการจัดการ (Post-intervention) ทุกครั้ง เพื่อวัดประสิทธิภาพของแนวปฏิบัติ

2. การรวบรวมข้อมูล: ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบบันทึกทั้งหมดเพื่อนำไปวิเคราะห์ทางสถิติ

สถิติและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป ด้วยสถิติพรรณนา ได้แก่ จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
2. วิเคราะห์ข้อมูลอนุมาน

2.1 เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดระหว่างกลุ่มที่มีการใช้แบบประเมินและการจัดการความเจ็บปวดในผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ กับกลุ่มที่ได้รับการดูแลตามปกติด้วย Independent t-test

2.2 เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดก่อนและหลังการใช้แบบประเมินและการจัดการความเจ็บปวดในผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ ภายในกลุ่ม ด้วยสถิติ Paired t-test

ผลการวิจัย

1. ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างจำนวน 60 ราย แบ่งเป็นกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองกลุ่มละ 30 ราย ทั้งสองกลุ่มมีคุณลักษณะด้านข้อมูลทั่วไปใกล้เคียงกันเป็นส่วนใหญ่ ได้แก่ เพศชาย อายุ ≥ 60 ปี และชนิดหัตถการส่วนใหญ่เป็น C-line คะแนนความปวดหลังทำหัตถการส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 4–6 คะแนน และสัญญาณชีพด้านอัตราการหายใจและความดันโลหิตไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ .05 ยกเว้นอัตราการเต้นของชีพจร และระยะเวลาในการจัดการความปวดน้อยกว่า 30 นาที ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลทั่วไป ระหว่างกลุ่ม (n=60)

ข้อมูลทั่วไป	กลุ่มควบคุม (n = 30)	กลุ่มทดลอง (n = 30)	χ^2	p-value
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)		
1. เพศ			.067	.796[a]
ชาย	17 (56.70)	15 (50.00)		
หญิง	13 (43.30)	15 (50.00)		
2. อายุ (ปี)	($\bar{x}$=66.83, S.D.=17.74, Min=21, Max=91)	($\bar{x}$=60.70, S.D.=13.90, Min=33, Max=87)		
น้อยกว่า 60	11 (36.70)	13 (43.30)	.069	.792[a]
มากกว่าหรือเท่ากับ 60	19 (63.30)	17 (56.70)		
3. ชนิดการทำหัตถการ				.612[b]
C-line	29 (96.70)	27 (90.00)		
ICD	1 (3.30)	3 (10.00)		
4. ระยะเวลาการทำหัตถการ				.195[b]
< 30 นาที	25 (83.30)	29 (96.70)		
≥ 30 นาที	5 (16.70)	1 (3.30)		

ข้อมูลทั่วไป	กลุ่มควบคุม (n = 30)	กลุ่มทดลอง (n = 30)	χ^2	p-value
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)		
($\bar{x}$=20.83, SD=5.26, Min=15, Max=30), ($\bar{x}$=21.00, SD=4.43, Min=15, Max=35)				
5. คะแนนปวดหลังทำหัตถการ			4.572	.102[a]
1-3	12 (40.00)	2 (6.70)		
4-6	16 (53.30)	23 (76.70)		
7-10	2 (6.70)	5 (16.60)		
($\bar{x}$=4.20 , SD=1.74, Min=1, Max=7), ($\bar{x}$=5.50 , SD=1.10, Min=3, Max=8)				
6. ระยะเวลาการจัดการความปวด (นาที)			9.603	.002
<30	15 (50.00)	27 (90.00)		
>30	15 (50.00)	3 (10.00)		
($\bar{x}$=58.00.63, SD=56.59, Min=15, Max=240), ($\bar{x}$=23.00, SD=13.87, Min=5, Max=60)				

aChi-square, bFisher's extact

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ข้อมูลทั่วไป	กลุ่มควบคุม (n = 30)	กลุ่มทดลอง (n = 30)	χ^2	p-value
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)		
7. ชีพจร			4.389	.036[a]
ปกติ	17 (56.70)	8 (26.70)		
ผิดปกติ	13 (43.30)	22 (73.30)		
8. อัตราการหายใจ			1.984	.159[a]
ปกติ	12 (40.00)	6 (20.00)		
ผิดปกติ	18 (60.00)	24 (80.00)		
9. ความดันโลหิต				.052[b]
ปกติ	23 (76.70)	29 (96.70)		
ผิดปกติ	7 (23.30)	1 (3.30)		

aChi-square, bFisher's extact

2. ผลลัพธ์การจัดการความปวด

เมื่อประเมินผลลัพธ์การจัดการความปวดในกลุ่มที่มีการใช้แบบประเมิน และการจัดการความปวด พบว่าเครื่องมือที่ถูกนำมาใช้ในการประเมินความปวดมากที่สุดคือ CPOT ร้อยละ 56.70 และการจัดการความด้วยด้วยการใช้ยาสูงถึงร้อยละ 93.30 ส่วนการจัดการความปวดโดยไม่ใช้ยา วิธีที่นิยมใช้มากที่สุดคือ การพูดคุย ร้อยละ 100.00 พบภาวะสับสนเฉียบพลันร้อยละ 3.30 ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงจำนวน ร้อยละ ผลลัพธ์การจัดการความปวด ในกลุ่มที่มีการใช้แบบประเมิน และการจัดการความปวด (n=30)

ผลลัพธ์	จำนวน	ร้อยละ
1. ชนิดของเครื่องมือในการประเมินความปวด		
NRS	13	43.40
CPOT	17	56.70
2. การจัดการความปวด		
ใช้ยา	28	93.30
ไม่ใช้ยา	2	6.70
3. วิธีการจัดการความปวดไม่ใช้ยา		
พูดคุย	2	100.00
4. ภาวะสับสนเฉียบพลัน		
ไม่เกิด	29	96.70
เกิด	1	3.30

3. เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดระหว่างกลุ่มที่มีการใช้แบบประเมินและการจัดการความเจ็บปวดกับกลุ่มที่ได้รับการดูแลตามปกติ

เมื่อเปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดระหว่างกลุ่ม พบว่ากลุ่มที่ได้รับการดูแลตามปกติ (กลุ่มควบคุม) มีค่าคะแนนเฉลี่ยความปวดภายหลังได้รับการทำหัตถการสูงกว่ากลุ่มที่มีการใช้แบบประเมินและการจัดการความปวด (กลุ่มทดลอง) $\bar{X}$=2.70, SD=1.08 และ $\bar{X}$= 2.16, SD =.59 ตามลำดับ (p=.023) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความเจ็บปวดระหว่างกลุ่ม (n=60)

เปรียบเทียบ	กลุ่มควบคุม (n = 30)	กลุ่มทดลอง (n = 30)	t	p-value
	$\bar{X}$ (SD)	$\bar{X}$(SD)		

คะแนนความปวดหลังทำหัตถการ	2.70 (±1.08)	2.16 (±.59)	2.359	.023

4. เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดก่อนและหลังการใช้แบบประเมินและการจัดการความเจ็บปวด

เมื่อเปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดภายในกลุ่มที่มีการใช้แบบประเมินและการจัดการความปวด พบว่าค่าคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดภายหลังได้รับการประเมินและการจัดการความปวด ลดลงจากเดิมคือ $\bar{X}$=5.50, SD=1.10 เหลือ $\bar{X}$=2.16, SD=.59 (p=.000) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความเจ็บปวดภายในกลุ่มที่ได้รับการดูแลและการจัดการความเจ็บปวด (n=30)

เปรียบเทียบ	**คะแนนความปวดภายหลังได้รับการทำหัตถการ**	**คะแนนความปวดหลังได้รับการประเมินและการจัดการความปวด**	**t**	**p-value**
	$\bar{X}$ **(SD)**	$\bar{X}$**(SD)**		
คะแนนความปวด	5.50 (1.10)	2.16 (.59)	19.796	.000

วิจารณ์ผล

1. การใช้เครื่องมือมาตรฐาน (CPOT) ในผู้ป่วยวิกฤต

การที่ผู้ป่วยกลุ่มทดลองมีคะแนนความเจ็บปวดลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<.001) เป็นไปตามสมมุติฐาน เป็นเพราะเครื่องมือ CPOT (Critical care Pain Observation Tool) ช่วยให้พยาบาล "มองเห็น" ความเจ็บปวดที่ซ่อนอยู่ได้ชัดเจน แม้ผู้ป่วยจะสื่อสารไม่ได้ (Unconscious/Intubated) โดยอาศัยการสังเกตสีหน้าและการต้านเครื่องช่วยหายใจ ซึ่งดีกว่าการใช้สัญชาตญาณหรือการดูแลแบบปกติ นั่นแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการเลือกเครื่องมือประเมิน (CPOT) ในผู้ป่วยวิกฤต ซึ่งมีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Gelinas, C. (2010) ที่ชี้ให้เห็นว่าในผู้ป่วยวิกฤต สัญญาณชีพ (HR, RR, SpO2) มีการเปลี่ยนแปลงสัมพันธ์กับความปวด การใช้เครื่องมือเชิงพฤติกรรมอย่าง CPOT ซึ่งรวบรวมเอาการหายใจที่ต้านเครื่องช่วยหายใจและการแสดงออกทางร่างกายมาประเมิน จึงเป็นเครื่องมือที่มีความไว (Sensitivity) สูง นอกจากนี้การศึกษาของลำดวน มีภาพ, ดลวิวัฒน์ แสนโสม และนงลักษณ์ เมธากาญจนศักดิ์ (2560) พบว่าเมื่อใช้แนวปฏิบัติ พยาบาลประเมินความปวดครบถ้วนมากขึ้นถึง 55.5 เท่า อภิปรายได้ว่า การประเมินที่แม่นยำด้วย CPOT ทำให้พยาบาลสามารถตรวจพบความเจ็บปวดได้แม้ในผู้ป่วยที่สื่อสารไม่ได้ นำไปสู่การตัดสินใจให้การรักษาที่ถูกต้อง

2. การตระหนักรู้ตามกรอบแนวคิด RAT Model

การยืนยันประสิทธิภาพของ "แนวปฏิบัติมาตรฐาน" ต่อการลดระดับความปวด ซึ่งผลการวิจัยพบว่ากลุ่มทดลองมีคะแนนปวดลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (p = .023) เนื่องจากมีการปฏิบัติตามแนวคิด RAT (Recognize and Assess) ช่วยให้พยาบาลมีแนวทางที่เป็นระบบ (Look & Ask) ทำให้เกิดกระบวนการ T (Treat) ที่รวดเร็วและแม่นยำขึ้น ผลวิจัยที่ระบุว่าระยะเวลาจัดการความปวดภายใน 30 นาที มีความแตกต่างกัน ยืนยันว่าเมื่อมีแบบประเมิน พยาบาลจะกล้าตัดสินใจให้ยาหรือทำกิจกรรมพยาบาลเพื่อลดปวดได้ทันท่วงที ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ประวีณา อัศวพลไพศาล และคณะ (2564) และ จำลอง เมฆศรีสวรรค์ และคณะ (2562) ที่พบผลลัพธ์ในทิศทางเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องจากการนำกรอบแนวคิด RAT Model มาใช้ร่วมกับเครื่องมือ CPOT อธิบายได้ว่า การมีแนวปฏิบัติหรือแบบประเมินที่ชัดเจน (เช่น RAT Model) ช่วยให้พยาบาล มีแนวทางปฏิบัติที่เฉพาะเจาะจง ปรับเปลี่ยนจากการดูแลตามความเคยชิน มาเป็นการดูแลเชิงรุกที่มุ่งเน้นผลลัพธ์ (Outcome-oriented) ส่งผลให้ระดับความเจ็บปวดลดลงได้จริง สอดคล้องกับ Gelinas, C. (2010) ที่เน้นย้ำความสัมพันธ์ของอาการแสดงทางกายภาพกับความเจ็บปวดในผู้ป่วยวิกฤต ส่งผลให้เกิดการจัดการความปวดที่รวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากกว่าการดูแลตามปกติ..."

3. การจัดการความปวดแบบผสมผสาน

แม้การใช้ยาจะเป็นวิธีหลัก (ร้อยละ 93.30) แต่การที่พยาบาลทุกคน (ร้อยละ 100) เลือกใช้ "การพูดคุย" เป็นการจัดการแบบไม่ใช้ยา แสดงให้เห็นว่าการให้ข้อมูลและการปลอบโยนช่วยลดความวิตกกังวลในผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการลดเกณฑ์ความเจ็บปวด (Pain Threshold) หากมองในประเด็นของความรวดเร็วและการจัดการความปวดอย่างเป็นระบบผลการวิจัยพบความแตกต่างในเรื่อง "ระยะเวลาการจัดการความปวดภายใน 30 นาที" ซึ่งสามารถอภิปรายผลที่มีความเชื่อมโยงกับการศึกษาของ สุภาพร บุญโยธาน และคณะ (2553) ที่พบว่าการใช้แนวปฏิบัติช่วยเพิ่ม "ร้อยละของการได้รับการจัดการความปวดอย่างเหมาะสม" ในทุกตัวชี้วัด และการศึกษาของ ลำดวน มีภาพ, ดลวิวัฒน์ แสนโสม และนงลักษณ์ เมธากาญจนศักดิ์ (2560) ที่พบว่ากลุ่มใช้แนวปฏิบัติได้รับการจัดการความปวดมากกว่ากลุ่มปกติ 2.3 เท่า และมีการประเมินซ้ำมากกว่า 2.5 เท่า อภิปรายได้ว่า การใช้ RAT Model (Recognize-Assess-Treat) ช่วยลดช่องว่างระหว่าง "การตรวจพบ" และ "การรักษา" ทำให้พยาบาลมีความมั่นใจในการจัดการความปวดได้รวดเร็วขึ้นภายในเวลาที่กำหนด และเมื่อพิจารณาถึงการจัดการความปวดโดยไม่ใช้ยาและความพึงพอใจ ผลของการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าการพูดคุยถูกใช้ถึงร้อยละ 100 ซึ่งสอดคล้องกับ การศึกษาของ แสงอรุณ ใจวงค์ผาบ และคณะ (2562) และ จำลอง เมฆศรีสวรรค์ และคณะ (2562) ที่พบว่าทีมสุขภาพและผู้ป่วยมีความพึงพอใจสูงมากต่อรูปแบบการจัดการความปวดที่ชัดเจน อภิปรายได้ว่า แม้การใช้ยาจะเป็นหัวใจหลัก แต่การสื่อสารและการดูแลทางจิตใจ (Psychological Support) เป็นส่วนเติมเต็มที่ทำให้ระบบการจัดการความปวดสมบูรณ์ขึ้น ส่งผลให้ความพึงพอใจโดยรวมดีขึ้น

สรุปผล

การวิจัยกึ่งทดลองครั้งนี้มุ่งเน้นการประยุกต์ใช้ **RAT Model** ร่วมกับเครื่องมือ **CPOT** ในกลุ่มผู้ป่วยวิกฤต สรุปผลการวิจัยตามประเด็นสำคัญได้ดังนี้

ประสิทธิภาพของแบบประเมิน: กลุ่มทดลองที่ใช้แนวทาง RAT Model มีคะแนนความเจ็บปวดเฉลี่ยภายหลังการทำหัตถการ ($\bar{x}$ =2.16) **ต่ำกว่า** กลุ่มควบคุมที่ดูแลตามปกติ ($\bar{x}$ =2.70) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = .023)

การเปลี่ยนแปลงภายในกลุ่ม: หลังใช้แบบประเมินและจัดการความปวด คะแนนความเจ็บปวดลดลงอย่างชัดเจนจาก $\bar{x}$ =5.50 เหลือ $\bar{x}$ =2.16

วิธีการจัดการความปวด: ส่วนใหญ่ใช้การจัดการด้วยยา (ร้อยละ 93.30) และการจัดการโดยไม่ใช้ยาที่นิยมที่สุดคือ **"การพูดคุย"** (ร้อยละ 100)

ความรวดเร็ว: การใช้แบบประเมินส่งผลให้ระยะเวลาในการจัดการความปวดภายใน 30 นาที มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสะท้อนถึงความรวดเร็วในการตัดสินใจของพยาบาล

เอกสารอ้างอิง

จำลอง เมฆศรีสวรรค์, นฤมล จันทร์สุข และดุษฎี แก้วจงประสิทธิ์. 2562. การพัฒนารูปแบบการจัดการความปวดในผู้ป่วยวิกฤต โรงพยาบาลชัยนาทนเรนทร. *วารสารมหาจุฬานาครทรรศน์.* 9(4): 402-417.

ประวีณา อัศวพลไพศาลม และจุฬาวรี ชัยวงค์นาคพันธ. 2564. ประสิทธิผลของการใช้แนวปฏิบัติทางคลินิกสำหรับการจัดการความปวด ในผู้ป่วยวิกฤตศัลยกรรมห้องผู้ป่วยหนักศัลยกรรมโรงพยาบาลแพร่. วารสารโรงพยาบาลแพร่. 29(1): 139-152.

ลำดวน มีภาพ, ดลวิวัฒน์ แสนโสม และนงลักษณ์ เมธากาญจนศักดิ์. 2560. แนวปฏิบัติการพยาบาลในการจัดการความปวดเฉียบพลันในผู้ป่วยวิกฤตหอผู้ป่วยวิกฤตอายุรกรรม. *ศรีนครินทร์เวชสาร.* 32(6): 561-570.

สถิติการให้บริการหอผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ โรงพยาบาลเพชรบูรณ์. 2567.

สุภาพร บุญโยธาน และคณะ. 2562. แนวปฏิบัติสำหรับการจัดการความปวดในผู้ป่วยวิกฤตศัลยกรรมทั่วไป โรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่.

แสงอรุณ ใจวงค์ผาบ และคณะ. 2562. ศึกษาประสิทธิผลของการใช้แนวปฏิบัติทางการพยาบาลในการบรรเทาความเจ็บปวดในผู้ป่วยวิกฤติโรงพยาบาลลำพูน. วารสารสมาคมพยาบาลแห่งประเทศไทยฯ สาขาภาคเหนือ. 25(1); 49-62.

อัจฉรา คำมะทิตย์. 2563. *หลักฐานเชิงประจักษ์ทางการพยาบาล: ค้นหา วิเคราะห์ และนำไปใช้*อย่างไร. สืบค้นจาก https://he 01.tci-thaijo.org/scnet/article/view. เมื่อวันที่ 2 ธันวาคม 2567.

Bernard, R. 2000. *Fundamentals of biostatistics (5th ed.).* Duxbery. Thomson lw=earing, 308.

Gelinas, C. 2010. Pain and pain management. In L. D. Urden, K. M. Stacy, & M. E. Lough (Eds.), *Critical Care Nursing* (pp. 135-159). Missouri: Mosby Elsevier.

Kayambankadzanja et al. 2022. *Nursing care for pain management in critically patients*. สืบค้นจาก https://doi.org/10.1101/2022.01.09.22268917
doi: 10.1136/bmjopen- 2022-060972 เมื่อวันที่ 4 ธันวาคม 2567.

Ngamjarus C, Pattanittum P. 2024. n4Studies: application for sample size calculation in health science research. Version 2.3. App store.

Ngamjarus C. 2021. Sample size calculation for health science research. 1st ed. Khon Kaen, Thailand: Khon Kaen University Printing House.

Rosner B. Fundamentals of biostatistics. 5th ed. Duxbery: Thomson learning; 2000:p.308.

Rose, L., Haslam, L., Dale, C., Knechtel, L., Fraser, M., Pinto, R., et al. 2011. Survey of assessment and management of pain for critically ill adults. Int Crit Care Nurs. 27(3): 121-8.

Warfield, C. A. & Fausett, H. J. 2002. *Manual of Pain Management (2nd ed.).* PhiLadelphia : Lippincott Williams & Wilkins.

ผลของการใช้แนวปฏิบัติเพื่อป้องกันการเกิดปอดอักเสบจากการใช้เครื่องช่วยหายใจ หอผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ โรงพยาบาลเพชรบูรณ์

The effects of nursing practice guidelines to prevent ventilator associated pneumonia (VAP) in the respiratory intensive care unit, Petchabun Hospital

นางเมธีรา ฉัตรกันทะ[1*]

Mrs. Matheera Chatkantha[1*]

[1]**หอผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ โรงพยาบาลเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000**

[1]**Coronary Care Unit, Phetchabun Hospital, Phetchabun Province 67000**

*Corresponding author E-mail: janny.matheera@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental research) ชนิดสองกลุ่ม วัดผลหลังการทดลอง (Two-group posttest design) วัตถุประสงค์ 1) เพื่อเปรียบเทียบอุบัติการณ์การเกิด VAP, จำนวนวันนอนโรงพยาบาล , จำนวนวันใช้เครื่องช่วยหายใจ และค่ารักษาพยาบาล ระหว่างกลุ่ม 2) เพื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความรู้ของพยาบาลวิชาชีพก่อนและหลังใช้แนวปฏิบัติฯ และ 3) เพื่อประเมินการปฏิบัติของพยาบาลวิชาชีพตามแนวปฏิบัติฯ กลุ่มตัวอย่างคือ ผู้ป่วยที่ใส่เครื่องช่วยหายใจจำนวน 60 ราย (กลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 30 ราย) และพยาบาลวิชาชีพ หอผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ โรงพยาบาลเพชรบูรณ์ จำนวน 17 คน ดำเนินการระหว่างเดือนเมษายน – กันยายน พ.ศ. 2568 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองคือ แนวปฏิบัติ WHAPOC (6 หมวด) เครื่องมือรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป แบบประเมินความรู้ และแบบสังเกตการปฏิบัติ ซึ่งผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจากผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน (IOC = 1.00, 0.929 และ .947 ตามลำดับ) วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปด้วยสถิติพรรณนา, เปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลทั่วไป การเกิด VAP ระหว่างกลุ่ม ด้วย Chi-square และ เปรียบเทียบจำนวนวันนอนโรงพยาบาล, จำนวนวันใช้เครื่องช่วยหายใจ และค่ารักษาพยาบาลระหว่างกลุ่ม ด้วย Independent t-test เปรียบเทียบความรู้ภายในกลุ่ม ด้วย Paired t-test ผลการวิจัย 1) กลุ่มที่ใช้แนวปฏิบัติฯ มีจำนวนวันนอนโรงพยาบาล และจำนวนวันใช้เครื่องช่วยหายใจน้อยกว่ากลุ่มที่ได้รับการดูแลปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p= .046 และ .048 ตามลำดับ) ค่ารักษาพยาบาลของทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p= .080) 2) พยาบาลวิชาชีพมีคะแนนเฉลี่ยความรู้เพิ่มขึ้นจากระดับต่ำ ($\bar{x}$=11.26) เป็นระดับสูง ($\bar{x}$=18.53) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < .001) 3) พยาบาลมีการปฏิบัติในหมวดการประเมินความพร้อมการหย่าเครื่องช่วยหายใจ (W) และกายภาพบำบัดทรวงอก (C) ครบถ้วนที่สุด (ร้อยละ 100) ส่วนหมวดการล้างมือ (H) และการป้องกันการปนเปื้อน (P) ส่วนใหญ่ปฏิบัติเป็นบางครั้ง ขณะที่การดูแลกรณีเจาะคอมีการปฏิบัติ (ร้อยละ 100) และการดูแลช่องปาก (O) มีการปฏิบัติสม่ำเสมอ ร้อยละ 94.10

คำสำคัญ : แนวปฏิบัติ, ปอดอักเสบจากการใช้เครื่องช่วยหายใจ, WHAPOC

Abstract

Research Design: A quasi-experimental study using a two-group posttest design.
Objectives: 1) To compare VAP incidence, length of hospital stay (LOS), duration of mechanical ventilation, and medical costs between a group using the clinical practice guidelines (CPGs) and a conventional care group; 2) To compare the mean knowledge scores of professional nurses before and after CPG implementation; and 3) To evaluate nurses' compliance with the CPGs.
Methodology: The sample consisted of 60 ventilated patients and 17 professional nurses in the Respiratory ICU, Phetchabun Hospital. The study was conducted from April to September 2025. The intervention tool was the "WHAPOC" guidelines, comprising six categories: W: Weaning, H: Hand hygiene, A: Aspiration prevention, P: Prevention of contamination, O: Oral care, and C: Chest physiotherapy. Research instruments included a knowledge assessment form and an observational practice checklist, validated by three experts (IOC = 1.000, 0.929 and 0.974). Data were analyzed using descriptive statistics, Chi-square, and Paired t-test.
Results:

1. Patient Outcomes: The CPG group had a significantly shorter hospital stay and fewer ventilator days compared to the conventional care group (p = .046 and .048, respectively). However, there was no significant difference in medical costs between the two groups (p = .080).
2. Nursing Knowledge: After implementation, nurses' mean knowledge scores increased significantly from a low level ($\bar{x}$=11.26, SD=2.86) to a high level ($\bar{x}$=18.53, SD=1.37) at p < .001.
3. Nursing Practice: Evaluation of the six WHAPOC categories revealed 100% compliance in "Weaning" and "Chest Physiotherapy." High compliance (94.1–100%) was also observed in tracheostomy care and oral care. However, "Hand Hygiene" and "Prevention of Contamination" were performed inconsistently, with some tasks performed only occasionally.

Keywords : Ventilator-Associated Pneumonia (VAP) Prevention Guidelines, WHAPOC, Nursing Practice

บทนำ

ปอดอักเสบจากการใช้เครื่องช่วยหายใจ (Ventilator-associated Pneumonia: VAP) เป็นปัญหาการติดเชื้อในโรงพยาบาลที่สำคัญและพบได้บ่อยที่สุดในประเทศไทย โดยเกิดหลังการใส่ท่อช่วยหายใจและใช้เครื่องช่วยหายใจนานเกิน 48 ชั่วโมง และเป็นสาเหตุการเสียชีวิตจากการติดเชื้อในโรงพยาบาลในสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 60 (รัตนาภรณ์ ปาลีนิเวศ, 2565; ดวงมาลย์ คำหม่อม, 2565) รายงานจากศูนย์ควบคุมและป้องกันโรคประเทศสหรัฐอเมริการะบุว่า อุบัติการณ์ VAP อยู่ระหว่าง 0–4.9 ครั้งต่อ 1,000 วันที่ใช้เครื่องช่วยหายใจ และมีผู้ป่วยใช้เครื่องช่วยหายใจประมาณ 3 ล้านคนต่อปี ซึ่งเป็นกลุ่มเสี่ยงสำคัญที่ส่งผลให้อัตราการเสียชีวิตเพิ่มสูงขึ้น (Dudeck et al., 2011; CDC, 2017) สำหรับประเทศไทย พบอุบัติการณ์การเกิด VAP ในหอผู้ป่วยวิกฤตอายุรกรรมเฉลี่ย 6.5 ครั้งต่อ 1,000 วันที่ใช้เครื่องช่วยหายใจ ถือเป็นการติดเชื้อในโรงพยาบาลที่พบบ่อยที่สุด (กัญญา เลี่ยนเครือ, 2562; Unahalekhaka,A.,et al., 2017) ผู้ป่วยหนักที่มีภาวะระบบหายใจล้มเหลวจำเป็นต้องได้รับการใส่ท่อช่วยหายใจเพื่อพยุงชีวิต อย่างไรก็ตาม หัตถการดังกล่าวอาจนำไปสู่การเกิด VAP ซึ่งเป็นภาวะแทรกซ้อนที่สำคัญ ส่งผลให้ต้องใช้ยาปฏิชีวนะจำนวนมาก เพิ่มความเสี่ยงต่อการดื้อยา ระยะเวลานอนโรงพยาบาลยาวนานขึ้น และค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลสูงขึ้น ทั้งนี้อัตราการเกิด VAP ยังถูกใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพและประสิทธิภาพของระบบการดูแลผู้ป่วยในหอผู้ป่วยวิกฤต งานวิจัยระบุว่าผู้ป่วยหนักมีความเสี่ยงต่อการเกิด VAP สูงจากการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันที่ลดลง และมีความเสี่ยงต่อการเสียชีวิตร้อยละ 9–13 (Melsen et al., 2013) การมีแนวปฏิบัติที่ชัดเจนในการป้องกัน VAP สามารถลดอุบัติการณ์การติดเชื้อ จำนวนวันนอนโรงพยาบาล และค่าใช้จ่ายในการรักษาได้ งานวิจัยของรัตนาภรณ์ ปาลีนิเวศ ธนิษฐา สุทธิ และคณะ (2565) พบว่าการพัฒนารูปแบบการพยาบาลเพื่อป้องกัน VAP ส่งผลให้จำนวนวันนอนในหอผู้ป่วยวิกฤตและอุบัติการณ์ VAP ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และพยาบาลมีความพึงพอใจต่อรูปแบบการดูแลในระดับสูง สอดคล้องกับการศึกษาของนิรมล อู่เจริญ และกัลยาณี นาคฤทธิ์ (2564) ที่พบว่าการปฏิบัติตามแนวทางการพยาบาลเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนและอุบัติการณ์ VAP รวมถึงจำนวนวันใช้เครื่องช่วยหายใจลดลง

หอผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ โรงพยาบาลเพชรบูรณ์ เปิดให้บริการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2562 เพื่อดูแลผู้ป่วยอายุรกรรมที่มีภาวะหายใจล้มเหลว ผลการดำเนินงานในปี พ.ศ. 2565–2567 พบอัตราการติดเชื้อจากการใช้เครื่องช่วยหายใจต่อ 1,000 วันที่ใช้เครื่องช่วยหายใจ เท่ากับ 0.32, 3.28 และ 1.85 ตามลำดับ และมีอัตราการเสียชีวิตร้อยละ 26.5, 25.8 และ 23.6 (สถิติการดำเนินงานหอผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ โรงพยาบาลเพชรบูรณ์, 2567) แม้จะมีการใช้แนวทางป้องกัน VAP Bundle “WHAPOC” ได้แก่ Weaning, Hand hygiene, Aspiration prevention, Prevention of contamination, Oral care และ Chest physiotherapy แต่ยังพบอุบัติการณ์ VAP อย่างต่อเนื่อง สาเหตุส่วนหนึ่งมาจากการปฏิบัติไม่ครบถ้วนตามแนวทาง และข้อจำกัดด้านทรัพยากรและอุปกรณ์ที่สนับสนุนการดูแลอย่างต่อเนื่อง

ดังนั้น ผู้จัดทำจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญของการพัฒนาและเสริมสร้างความเข้มแข็งของแนวปฏิบัติในการป้องกันการติดเชื้อจากการใช้เครื่องช่วยหายใจอย่างเป็นระบบ ครอบคลุมการกำหนดแนวทาง การกำกับติดตาม

และการประเมินผลลัพธ์ เพื่อมุ่งลดอุบัติการณ์ VAP อัตราการเสียชีวิต ค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาล และยกระดับคุณภาพการพยาบาลอย่างต่อเนื่องต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. วัตถุประสงค์หลัก: เพื่อศึกษาผลของการใช้แนวปฏิบัติในการป้องกันปอดอักเสบจากการใช้เครื่องช่วยหายใจในหอผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ

2. วัตถุประสงค์ย่อย

2.1 เพื่อเปรียบเทียบอุบัติการณ์ VAP จำนวนวันนอนโรงพยาบาล จำนวนวันใช้เครื่องช่วยหายใจ และค่ารักษาพยาบาล ระหว่างกลุ่มที่ใช้แนวปฏิบัติฯ และกลุ่มที่ได้รับการดูแลตามปกติ

2.2 เพื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความรู้ของพยาบาลวิชาชีพก่อนและหลังการใช้แนวปฏิบัติฯ

2.3 เพื่อประเมินการปฏิบัติของพยาบาลวิชาชีพในการป้องกัน VAP

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (quasi-experimental research) ชนิด 2 กลุ่ม วัดผลหลังการทดลอง (Two group posttest design) กลุ่มตัวอย่างคือผู้ป่วยที่ใส่เครื่องช่วยหายใจ และพยาบาลวิชาชีพที่ปฏิบัติงานในหอผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ โรงพยาบาลเพชรบูรณ์ ทำการศึกษาในหอผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ ช่วงเดือนเมษายน พ.ศ. 2568 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2568

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1.1 ผู้ป่วยที่ใส่เครื่องช่วยหายใจ ที่รับการรักษาในหอผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ ช่วงเดือนเมษายน พ.ศ. 2568 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2568

1.2 พยาบาลวิชาชีพที่ปฏิบัติงานในหอผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ โรงพยาบาลเพชรบูรณ์ จำนวน 21 คน

2. กลุ่มตัวอย่าง แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ

2.1 ผู้ป่วยที่ได้รับการใส่ท่อช่วยหายใจ และใช้เครื่องช่วยหายใจ ทั้งเพศชายและเพศหญิงที่รักษาในหอผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ เก็บข้อมูลย้อนหลังในกลุ่มควบคุม ช่วงเดือน เมษายน พ.ศ. 2567 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2567 ส่วนกลุ่มทดลองเก็บข้อมูลในช่วงเดือนเมษายน พ.ศ. 2568 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2568

2.2 พยาบาลวิชาชีพที่ปฏิบัติกิจกรรมโดยตรงกับผู้ป่วยที่ใช้เครื่องช่วยหายใจทั้งหมดโดยเก็บข้อมูลตั้งแต่ช่วงเดือนเมษายน พ.ศ. 2568 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2568 จำนวน 17 คน โดยคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง

การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง

การเลือกกลุ่มตัวอย่างเป็นแบบแบบเฉพาะเจาะจง ซึ่งผู้วิจัยคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างของผู้ป่วยภาวะหายใจล้มเหลว โดยคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างด้วยสูตร Two independent proportions ของ App N4 Studies (Ngamjarus C, Pattanittum P., 2024; Bernard, R., 2000; Ngamjarus C., 2021) อ้างผลการศึกษาของ นิรมล อู่เจริญ และ กัลยาณี นาคฤทธิ์ (2564) ศึกษาผลของการใช้รูปแบบการดูแลผู้ป่วยใช้เครื่องช่วยหายใจเพื่อป้องกันการติดเชื้อปอดอักเสบที่สัมพันธ์กับการใช้เครื่องช่วยหายใจของพยาบาลวิชาชีพ โรงพยาบาลระนอง เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง กลุ่มตัวอย่างคือ พยาบาลวิชาชีพจำนวน 80 คน และผู้ป่วยที่ใช้เครื่องช่วยหายใจที่มีอายุ 15 ปีขึ้นไป และไม่มีการติดเชื้อปอดอักเสบตั้งแต่แรกรับ จำนวน 244 คน ผลการศึกษาพบว่า บุคลากรพยาบาลร้อยละ 56 เห็นด้วย และเห็นด้วยอย่างยิ่งเกี่ยวกับการนำรูปแบบการดูแลผู้ป่วยใช้เครื่องช่วยหายใจไปใช้เพื่อป้องกันปอดอักเสบ การปฏิบัติตามแนวปฏิบัติการพยาบาลในการป้องกันการติดเชื้อปอดอักเสบจากการใช้เครื่องช่วยหายใจเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 73.97 เป็นร้อยละ 90.99 อุบัติการณ์การติดเชื้อปอดอักเสบจากการใช้เครื่องช่วยหายใจและจำนวนวันใช้เครื่องช่วยหายใจลดลง โดยก่อนใช้รูปแบบคิดเป็นร้อยละ 9.48 และหลังใช้รูปแบบคิดเป็นร้อยละ 5.46 ได้กลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 48 ราย ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยปรับขนาดกลุ่มตัวอย่างเพื่อป้องกันการสูญหาย ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 60 ราย แบ่งเป็นกลุ่มก่อน และกลุ่มหลังใช้แนวปฏิบัติฯ กลุ่มละ 30 ราย

เมื่อกำหนดค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และอำนาจในการทดสอบ 95%

สัดส่วนกลุ่มก่อนใช้รูปแบบ (P1) = 0.948

สัดส่วนกลุ่มหลังใช้รูปแบบ (P2) = 0.564

เมื่อกำหนด Ratio (r) = 1

Alpha (α) = 0.05, Z (0.975) = 1.959964

Beta (β) = 0.20, Z (0.800) = 0.841621

ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (n) = 48

group 1 = 24

group 2 = 24

$$n_1 = \left[\frac{z_{1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\bar{p}\bar{q}\left(1+\frac{1}{r}\right)} + z_{1-\beta}\sqrt{p_1 q_1 + \frac{p_2 q_2}{r}}}{\Delta} \right]^2$$

$$\Delta = p_1 - p_2, \quad \bar{p} = \frac{p_1 + p_2 r}{1+r}, \quad r = \frac{n_2}{n_1}$$

$$q_1 = 1 - p_1, \quad q_2 = 1 - p_2, \quad \bar{q} = 1 - \bar{p}$$

เกณฑ์การคัดเข้า (Inclusion criteria) ดังนี้

1. พยาบาลวิชาชีพ

1.1 พยาบาลวิชาชีพที่เข้าเวรผลัดในการให้การดูแลผู้ป่วยในหอผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ โรงพยาบาลเพชรบูรณ์ทั้งหมด

1.2 มีประสบการณ์ในการปฏิบัติงานในหอผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจมากกว่า 1 ปี

1.3 ยินดีเข้าร่วมในโครงการวิจัยด้วยความสมัครใจ

2. ผู้ป่วย

2.1 อายุตั้งแต่ 18 ปี ขึ้นไป

2.2 เข้ารับการรักษาในหอผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ โดยใส่เครื่องช่วยหายใน มากกว่า 24 ชั่วโมง

เกณฑ์การคัดออก (Exclusion criteria) ดังนี้

1. พยาบาลวิชาชีพ

1.1. ไม่สามารถอยู่ร่วมในโครงการวิจัยจนสิ้นสุดการวิจัย ได้แก่ อบรมเฉพาะทาง, ลาศึกษาต่อ เจ็บป่วยที่ต้องรับการรักษาตัวหรือหยุดงานมากกว่า 15 วัน

1.2 ขอถอนตัวออกจากการวิจัย

2. ผู้ป่วย

2.1. Palliative care

2.2 มีการติดเชื้อปอดอักเสบจากการใช้เครื่องช่วยหายใจตั้งแต่แรกรับ

2.3 ย้ายหน่วยงาน/ไม่สมัครใจรับการรักษา

เกณฑ์การให้เลิกจากการศึกษา (Discontinuation criteria) คือ ขอถอนตัวออกจากการวิจัยก่อนสิ้นสุดการดำเนินงานวิจัย เมื่อดำเนินการวิจัยแล้วไปแล้วระยะเวลาหนึ่งหรือเมื่อสิ้นสุดโครงการวิจัย ไม่สามารถเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างได้ครบถ้วน

เครื่องมือในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ เครื่องมือที่ใช้ดำเนินการทดลอง และเครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล

1. เครื่องมือที่ใช้ดำเนินการทดลอง ได้แก่ แนวปฏิบัติการควบคุมการติดเชื้อปอดอักเสบจากการใช้เครื่องช่วยหายใจของโรงพยาบาลเพชรบูรณ์ (VAP Bundle: WHAPOC) จัดทำในรูปแบบคู่มือการปฏิบัติ ประกอบด้วยแนวทางการพยาบาล 6 องค์ประกอบ ดังนี้

1.1 Weaning การประเมินความพร้อมในการหย่าเครื่องช่วยหายใจของผู้ป่วยทุกวัน

1.2 Hand hygiene การล้างมือด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อหรือแอลกอฮอล์เจล ก่อนและหลังสัมผัสผู้ป่วย

1.3 Aspiration prevention การป้องกันการสำลัก ได้แก่ การจัดท่านอนศีรษะสูง การ

ควบคุมแรงดัน cuff pressure การดูแลท่อช่วยหายใจ การดูดเสมหะอย่างถูกวิธี และการให้อาหารทางสายยางอย่างเหมาะสม

1.4 Prevention of contamination การป้องกันการปนเปื้อนของเครื่องช่วยหายใจและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

1.5 Oral care การดูแลความสะอาดช่องปากและฟันอย่างสม่ำเสมอ

1.6 Chest physiotherapy การพลิกตะแคง การทำกายภาพบำบัดทรวงอก และการประสานทีมเวชศาสตร์ฟื้นฟูตามแผนการรักษา

2. เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย 5 ประเภท ดังนี้

2.1 แบบสอบถามข้อมูลทั่วไปของพยาบาลวิชาชีพ เป็นแบบสอบถามจำนวน 4 ข้อ ประกอบด้วย เพศ อายุ ประสบการณ์การทำงาน และการเข้ารับการอบรมหรือสัมมนาเกี่ยวกับการควบคุมการติดเชื้อปอดอักเสบจากการใช้เครื่องช่วยหายใจ

2.2 แบบสอบถามข้อมูลทั่วไปของผู้ป่วยที่ใช้เครื่องช่วยหายใจ เป็นแบบสอบถามจำนวน 5 ข้อ ประกอบด้วย เพศ อายุ การวินิจฉัยโรค โรคประจำตัว และระดับความรู้สึกตัว

2.3 แบบประเมินผลลัพธ์ของผู้ป่วย เป็นแบบบันทึกข้อมูลผลลัพธ์ทางคลินิก จำนวน 6 ข้อ ได้แก่ ระยะเวลาการใส่ท่อช่วยหายใจ จำนวนครั้งของการใส่ท่อช่วยหายใจ จำนวนวันนอนในหอผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ ค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาล และการวินิจฉัยการติดเชื้อปอดอักเสบจากการใช้เครื่องช่วยหายใจ

2.4 แบบบันทึกการสังเกตการปฏิบัติตามแนวปฏิบัติการควบคุมการเกิดปอดอักเสบจากการใช้เครื่องช่วยหายใจ เป็นแบบตรวจสอบรายการ (Checklist) ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นโดยอ้างอิงแนวปฏิบัติ WHAPOC ของโรงพยาบาลเพชรบูรณ์ ประกอบด้วย 6 หมวด รวม 19 ข้อ ลักษณะการประเมินเป็น Rating scale 3 ระดับ ได้แก่ ปฏิบัติเป็นประจำ (2 คะแนน) ปฏิบัติเป็นบางครั้ง (1 คะแนน) และไม่ปฏิบัติ (0 คะแนน) การแปลผลคะแนนใช้เกณฑ์แบ่งช่วงคะแนน 3 ระดับ โดยคะแนนเฉลี่ยสูง หมายถึงการปฏิบัติอยู่ในระดับสูง

2.5 แบบประเมินความรู้ของพยาบาลในการควบคุมการเกิดปอดอักเสบจากการใช้เครื่องช่วยหายใจเป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ครอบคลุม 6 หมวดตามแนวปฏิบัติ WHAPOC ตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิด 0 คะแนน รวมคะแนนเต็ม 20 คะแนน กำหนดเกณฑ์ผ่านร้อยละ 80 (≥ 16 คะแนน) และแปลผลระดับความรู้ตามเกณฑ์ของบลูม

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้

การตรวจความตรงตามเนื้อหา (Content Validity)

ผู้วิจัย นำเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แนวปฏิบัติเพื่อป้องกันการเกิดปอดอักเสบจากการใช้เครื่องช่วยหายใจ แบบประเมินการปฏิบัติตามแนวปฏิบัติ และแบบวัดความรู้ ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วยแพทย์ผู้เชี่ยวชาญด้านการดูแลผู้ป่วยระบบทางเดินหายใจ 1 ท่าน และพยาบาลผู้เชี่ยวชาญด้านการดูแลผู้ป่วยวิกฤตที่ใช้เครื่องช่วยหายใจ มีประสบการณ์มากกว่า 10 ปี จำนวน 2 ท่าน ตรวจสอบความถูกต้องของ

ภาษา ความเหมาะสม และความครอบคลุมของเนื้อหา ผู้วิจัยนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข จากนั้นคำนวณค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา (Index of Item-Objective Congruence: IOC) พบว่า แนวปฏิบัติฯ แบบวัดความรู้ และแบบประเมินการปฏิบัติตามแนวปฏิบัติ มีค่า IOC เท่ากับ 1.00, 0.929 และ 0.947 ตามลำดับ

การตรวจความเชื่อมั่นของเครื่องมือ (Reliability)

ผู้วิจัยนำแนวปฏิบัติและเครื่องมือวิจัยไปทดลองใช้ (try out) กับพยาบาลและผู้ป่วยที่ใช้เครื่องช่วยหายใจในหอผู้ป่วยกึ่งวิกฤต ซึ่งมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 คน จากนั้นตรวจสอบความเชื่อมั่นของแบบวัดความรู้ โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบราช (Cronbach's alpha) ได้ค่าเท่ากับ 0.70 แสดงว่าเครื่องมือมีความเชื่อมั่นอยู่ในระดับยอมรับได้

การรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเพชรบูรณ์ เมื่อวันที่ 28 เมษายน พ.ศ. 2568 เลขที่ 076/2568 และได้รับอนุญาตจากผู้อำนวยการโรงพยาบาลเพชรบูรณ์ก่อนดำเนินการวิจัย

กลุ่มควบคุม

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากเวชระเบียนผู้ป่วยที่ใช้เครื่องช่วยหายใจซึ่งมีคุณสมบัติตามเกณฑ์คัดเลือก โดยการสุ่มเวชระเบียนแบบง่าย จากฐานข้อมูลโรงพยาบาลเพชรบูรณ์ ในช่วงเดือนมีนาคม ถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2567 โดยไม่เปิดเผยข้อมูลส่วนบุคคล และใช้ข้อมูลเพื่อการวิจัยเท่านั้น

กลุ่มทดลอง

ผู้วิจัยชี้แจงวัตถุประสงค์ ขั้นตอนการวิจัย การพิทักษ์สิทธิ และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับแก่หัวหน้าหอผู้ป่วยและพยาบาลวิชาชีพประจำหอผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ จากนั้นชี้แจงรายละเอียดแก่พยาบาลและผู้ป่วยที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์คัดเลือก ผู้เข้าร่วมวิจัยได้รับทราบสิทธิในการปฏิเสธหรือถอนตัวได้ตลอดเวลาโดยไม่กระทบต่อการรักษา ผู้ป่วยที่ยินยอมเข้าร่วมวิจัยลงนามในแบบแสดงความยินยอมก่อนเก็บข้อมูล ทั้งนี้ ข้อมูลที่ได้จะถูกเก็บเป็นความลับและนำเสนอในภาพรวมเท่านั้น

สถิติและการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยตรวจสอบความครบถ้วนของข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 วิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สถิติพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
2. วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติอนุมาน ดังนี้

2.1 เปรียบเทียบอุบัติการณ์การติดเชื้อปอดอักเสบจากการใช้เครื่องช่วยหายใจ ระหว่างกลุ่ม ด้วยสถิติ Chi-square

2.2 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความรู้และการปฏิบัติของพยาบาลวิชาชีพก่อนและหลังใช้แนวปฏิบัติ ด้วยสถิติ Paired t-test

2.3 เปรียบเทียบจำนวนวันนอนโรงพยาบาล จำนวนวันใช้เครื่องช่วยหายใจ และค่ารักษาพยาบาล ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติ Independent t-test

ผลการวิจัย

ส่วนที่ 1 ด้านผู้ป่วย

1. ปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้ป่วย ระหว่างกลุ่มที่มีการใช้แนวปฏิบัติฯ และกลุ่มก่อนมีการใช้แนวปฏิบัติฯ พบว่ามีความคล้ายคลึงกัน ดังนี้ เกินครึ่งเป็นเพศชาย ร้อยละ 56.70 และ 70.00, สองในสามอายุอยู่ในช่วงมากกว่าหรือเท่ากับ 60 ร้อยละ 66.70 และ 70.00, การวินิจฉัยโรคด้วยภาวะปอดอักเสบร้อยละ 66.70 และ 76.70 และมีโรคประจำตัวมีจำนวนที่เท่ากัน ร้อยละ 86.70 ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบจำนวน ร้อยละของข้อมูลทั่วไป จำแนกตาม เพศ, อายุ, การวินิจฉัยโรค และโรคประจำตัว (n=60)

ข้อมูลทั่วไป	กลุ่มก่อนใช้แนวปฏิบัติฯ (n = 30)	กลุ่มใช้แนวปฏิบัติฯ (n = 30)	χ^2	p-value
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)		
เพศ			.646	.422
ชาย	17 (56.70)	21 (70.00)		
หญิง	13 (43.30)	9 (30.00)		
อายุ (ปี) ($\bar{x}$=67.93, S.D.=18.03, Min=26, Max=99) ($\bar{x}$=65.16, S.D.=15.23, Min=31, Max=94)				
น้อยกว่า 60	10 (33.30)	9 (30.00)	.000	1.000
มากกว่าหรือเท่ากับ 60	20 (66.70)	21 (70.00)		
การวินิจฉัยโรค			.328	.567
Pneumonia	20 (66.70)	23 (76.70)		
COPD	10 (33.30)	7 (23.30)		
โรคประจำตัว			.000	1.000
ไม่มี	4 (13.30)	4 (13.30)		
มี	26 (86.70)	26 (86.70)		

2. เมื่อเปรียบเทียบการเกิดปอดอักเสบจากการใช้เครื่องช่วยหายใจระหว่างกลุ่ม พบว่า กลุ่มก่อนใช้แนวปฏิบัติฯ พบปอดอักเสบจากการใช้เครื่องช่วยหายใจ จำนวน 5 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 16.67 ส่วนกลุ่มที่มีการใช้แนวทางปฏิบัติฯ ไม่พบปอดอักเสบจากการใช้เครื่องช่วยหายใจ (p=.052) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบการเกิดอุบัติการณ์ไม่พึงประสงค์ ระหว่างกลุ่ม (n=60)

เปรียบเทียบ	กลุ่มก่อนใช้แนวปฏิบัติฯ (n = 30) จำนวน (ร้อยละ)	กลุ่มใช้แนวปฏิบัติฯ (n = 30) จำนวน (ร้อยละ)	df	p-value
ปอดอักเสบจากการใช้เครื่องช่วยหายใจ			1	.052
เกิด	5 (16.70)	0 (0.00)		
ไม่เกิด	25 (83.30)	30 (100.00)		

3. เมื่อเปรียบเทียบ จำนวนวันนอนโรงพยาบาล จำนวนวันใช้เครื่องช่วยหายใจ และค่ารักษาพยาบาลในการดูแลระหว่างกลุ่มที่มีการใช้แนวปฏิบัติฯ และกลุ่มที่ได้รับการดูแลตามปกติ พบว่า กลุ่มที่มีการใช้แนวปฏิบัติฯ มีจำนวนวันนอนโรงพยาบาล จำนวนวันใช้เครื่องช่วยหายใจ น้อยกว่ากลุ่มที่ได้รับการดูแลตามปกติ (p = .046 และ .048) ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนค่ารักษาพยาบาลในการดูแลของทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน (p=.080) ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจำนวนวันนอนโรงพยาบาล จำนวนวันใช้เครื่องช่วยหายใจ และค่ารักษาพยาบาลในการดูแลระหว่างกลุ่ม (n=60)

เปรียบเทียบ	กลุ่มก่อนใช้แนวทางปฏิบัติฯ (n = 30) $\bar{x}$ (S.D.)	กลุ่มใช้แนวทางปฏิบัติฯ (n = 30) $\bar{x}$ (S.D.)	t	p-value
จำนวนวันนอนโรงพยาบาล			2.048	.046
	($\bar{x}$=15.10, S.D.=10.82, Min=4, Max=40)	($\bar{x}$=10.10, S.D.=7.84, Min=3, Max=35)		
จำนวนวันใช้เครื่องช่วยหายใจ			2.026	.048
	($\bar{x}$=13.30, S.D.=10.77, Min=3, Max=38)	($\bar{x}$=8.46, S.D.=7.38, Min=2, Max=33)		
ค่ารักษาพยาบาล			1.779	.080
	($\bar{x}$=62,922, S.D.=46,401, Min=16,543, Max=191,000)	($\bar{x}$=44,204, S.D.=34,156, Min=12,100, Max=151,000)		

ส่วนที่ 2 ด้านพยาบาล

1. พยาบาลวิชาชีพจำนวน 17 คน พบว่า ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 82.40 อายุ เกินครึ่งมีอายุอยู่ในช่วง 31-40 ปี ร้อยละ 58.80 อายุเฉลี่ย 31.588 ปี (Min = 25, Max = 39) 2 ใน 3 มีประสบการณ์ในการปฏิบัติงานในหอผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจอยู่ที่ 3-4 ปี เฉลี่ย 3.941 ปี (Min = 2, Max = 6) และผ่านการอบรมเกี่ยวกับการควบคุมการติดเชื้อปอดอักเสบจากการใช้เครื่องช่วยหายใจเพียง 4 คน คิดเป็น ร้อยละ 23.50 ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงจำนวน และร้อยละ ข้อมูลทั่วไปของพยาบาลวิชาชีพ (n = 17)

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	3	17.60
หญิง	14	82.40
อายุ (ปี)		
21-30	7	41.20
31-40	10	58.80
($\bar{X}$ = 31.588, S.D. = 4.228, Min = 25, Max = 39)		
ประสบการณ์ทำงาน (วิกฤตทางเดินหายใจ) (ปี)		
3-4	12	70.60
5-6	5	29.40
การอบรมเกี่ยวกับการควบคุมการติดเชื้อปอดอักเสบจากการใช้เครื่องช่วยหายใจ		
เคย	4	23.50
ไม่เคย	13	76.50

2. เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยความรู้ของพยาบาลวิชาชีพ พบว่าภายหลังมีการใช้แนวปฏิบัติในการป้องกันปอดอักเสบจากการใช้เครื่องช่วยหายใจ พยาบาลวิชาชีพมีค่าคะแนนเฉลี่ยความรู้เพิ่มขึ้นจากเดิมคือ $\bar{X}$ =11.258, SD =2.860 ระดับต่ำ เพิ่มเป็น $\bar{X}$ = 18.529, SD = 1.374 ระดับสูง (p=.000) ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับของความรู้ของพยาบาลวิชาชีพ (n = 17)

เปรียบเทียบ	ก่อนใช้แนวปฏิบัติฯ			หลังใช้แนวปฏิบัติฯ			t	p-value
	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ		
ความรู้	11.058	2.860	ต่ำ	18.529	1.374	สูง	-12.599	.000

2. ประเมินการปฏิบัติของพยาบาลวิชาชีพในการป้องกันปอดอักเสบจากการใช้เครื่องช่วยหายใจ เมื่อประเมินการปฏิบัติของพยาบาลวิชาชีพในการป้องกันปอดอักเสบจากการใช้เครื่องช่วยหายใจ ทั้ง 6 หมวด พบว่าหมวดที่มีการปฏิบัติได้ครบถ้วนมากที่สุดคือ หมวดที่ 1 การประเมินความพร้อมการหย่าเครื่องช่วยหายใจ และหมวดที่ 6 Chest Physiotherapy ร้อยละ 100.00, หมวดที่ 2 Hand hygiene การปฏิบัติเป็นบางครั้งมากที่สุดคือล้างมือก่อนสัมผัส ร้อยละ 100.00 การล้างมือด้วยหลังสัมผัส ร้อยละ 82.40, หมวดที่ 3 ที่มีการปฏิบัติเป็นประจำคือการดูดน้ำลายในปากก่อนดูดเสมหะ ร้อยละ 41.20, หมวดที่ 4 Prevention of contamination ส่วนใหญ่มีการปฏิบัติเป็นบางครั้ง การปฏิบัติเป็นประจำสม่ำเสมอที่พบคือการดูแลกรณีเจาะคอ คิดเป็นร้อยละ 100.00 หมวดที่ 5 Oral care มีการปฏิบัติเป็นประจำ ร้อยละ 94.10 ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดง ร้อยละ การปฏิบัติของพยาบาลวิชาชีพในการป้องกันปอดอักเสบจากการใช้เครื่องช่วยหายใจ

กิจกรรม	การปฏิบัติ			
	ปฏิบัติเป็นประจำ	ปฏิบัติเป็นบางครั้ง	ไม่ปฏิบัติ	ภาพรวมระดับการปฏิบัติ
หมวดที่ 1 Weaning	17 (100.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	สูง
หมวดที่ 2 Hand hygiene				
2.1 ล้างมือด้วย.....ก่อนสัมผัส	0 (0.00)	17 (100.00)	0 (0.00)	ปานกลาง
2.2 ล้างมือด้วย.....หลังสัมผัส	14 (82.40)	3 (17.60)	0 (0.00)	สูง
หมวดที่ 3 Aspiration Prevention				
3.1 จัดท่านอนศีรษะสูง.....	3 (17.60)	14 (82.40)	0 (0.00)	ปานกลาง
3.2 วัด cuff pressure.....	1 (5.90)	16 (94.10)	0 (0.00)	ปานกลาง
3.3 ตรวจสอบตำแหน่ง.....	3 (17.60)	14 (82.40)	0 (0.00)	ปานกลาง
3.4 suction ในปากก่อน.....	7 (41.20)	10 (58.80)	0 (0.00)	ปานกลาง
3.5 ทำความสะอาดข้อต่อ.....	5 (29.40)	12 (70.60)	0 (0.00)	ปานกลาง
3.6 feed อาหารเหลวโดย.....	6 (35.30)	11 (64.70)	0 (0.00)	ปานกลาง

กิจกรรม	การปฏิบัติ			
	ปฏิบัติเป็นประจำ	ปฏิบัติเป็นบางครั้ง	ไม่ปฏิบัติ	ภาพรวมระดับการปฏิบัติ
หมวดที่ 4 Prevention of contamination				
4.1 เปลี่ยน ventilator circuit	1 (5.9)	16 (94.1)	0 (0.00)	ปานกลาง
4.2 สังเกตน้ำใน circuit	0 (0.00)	17 (100.00)	0 (0.00)	ปานกลาง
4.3 เช็ดทำความสะอาด.....	0 (0.00)	17 (100.00)	0 (0.00)	ปานกลาง
4.4 กรณีเจาะคอ.....	17 (100.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	สูง
4.5 ชุดพ่นยา.....	0 (0.00)	17 (100.00)	0 (0.00)	ปานกลาง
4.6 เปลี่ยน Ambu bag.....	2 (11.80)	15 (88.20)	0 (0.00)	ปานกลาง
หมวดที่ 5 Oral care	16 (94.10)	1 (5.90)	0 (0.00)	สูง
หมวดที่ 6 Chest Physiotherapy				
6.1 พลิกตะแคงตัว.....	0 (0.00)	17 (100.00)	0 (0.00)	ปานกลาง
6.2 ทำ Percussion	0 (0.00)	17 (100.00)	0 (0.00)	ปานกลาง
6.3 ปรึกษาทีมเวชศาสตร์ฟื้นฟู.....	0 (0.00)	17 (100.00)	0 (0.00)	ปานกลาง

วิจารณ์ผล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้แนวปฏิบัติในการป้องกันปอดอักเสบจากการใช้เครื่องช่วยหายใจ (Ventilator-Associated Pneumonia: VAP) โดยอ้างอิงแนวคิด VAP Bundle ตามคำแนะนำของ Centers for Disease Control and Prevention (CDC) และองค์การอนามัยโลก (WHO) ซึ่งเน้นการดูแลผู้ป่วยอย่างเป็นระบบ ครอบคลุมการลดปัจจัยเสี่ยง การป้องกันการปนเปื้อน และการส่งเสริมการหย่าเครื่องช่วยหายใจอย่างเหมาะสม สามารถวิจารณ์ผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ผลของการใช้แนวปฏิบัติต่อผลลัพธ์ด้านผู้ป่วย ผลการวิจัยพบว่า ผู้ป่วยในกลุ่มที่ใช้แนวปฏิบัติในการป้องกันปอดอักเสบจากการใช้เครื่องช่วยหายใจมีจำนวนวันนอนโรงพยาบาล และจำนวนวันใช้เครื่องช่วยหายใจลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับการดูแลตามปกติ ผลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิผลของแนวปฏิบัติที่สอดคล้องกับองค์ประกอบสำคัญของ VAP Bundle ของ CDC และ WHO ได้แก่ การประเมินความพร้อมในการหย่าเครื่องช่วยหายใจ การดูแลทางเดินหายใจอย่างเหมาะสม และการป้องกันการสำลักสารคัดหลั่ง ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ รัตนาภรณ์ ปาลีนิเวศ และคณะ (2565) รวมถึง นิรมล อู่เจริญ และกัลยาณี นาคฤทธิ์ (2564) ที่พบว่าการนำรูปแบบหรือแนวปฏิบัติการพยาบาลเพื่อป้องกัน VAP ไปใช้ ส่งผลให้จำนวนวันนอนในหอผู้ป่วยวิกฤตและจำนวนวันใช้เครื่องช่วยหายใจลดลง นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาของ ศิรินาฏ สอนสมนึก และคณะ (2560) ที่รายงานว่าอุบัติการณ์การเกิด VAP ลดลง

อย่างชัดเจนหลังการใช้แนวปฏิบัติอย่างมีส่วนร่วม อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยพบว่าค่ารักษาพยาบาลของทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งอาจเนื่องมาจากลักษณะของต้นทุนการดูแลผู้ป่วยวิกฤตที่ส่วนใหญ่เป็นต้นทุนคงที่ตามระบบบริการสุขภาพ ทำให้ผลของการลดวันนอนหรือวันใช้เครื่องช่วยหายใจยังไม่สะท้อนความแตกต่างของค่าใช้จ่ายโดยรวมอย่างชัดเจนในช่วงระยะเวลาศึกษา

2. ผลของแนวปฏิบัติต่อความรู้ของพยาบาลวิชาชีพ ภายหลังการใช้แนวปฏิบัติในการป้องกัน VAP พบว่าคะแนนเฉลี่ยความรู้ของพยาบาลวิชาชีพเพิ่มขึ้นจากระดับต่ำเป็นระดับสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าแนวปฏิบัติที่พัฒนาขึ้นตามกรอบแนวคิดของ CDC และ WHO มีความชัดเจน เข้าใจง่าย และเอื้อต่อการเรียนรู้ในบริบทของการปฏิบัติงานจริง ผลการวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ จิราวรรณ สุนทรา และคณะ (2567) และ ดวงมาลย์ คำหม่อม (2565) ที่พบว่าความรู้ของพยาบาลเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญหลังการนำแนวปฏิบัติหรือ VAP Bundle ไปใช้ ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงบทบาทของแนวปฏิบัติทางการพยาบาลในฐานะเครื่องมือสำคัญในการพัฒนาศักยภาพบุคลากร

3. การปฏิบัติของพยาบาลวิชาชีพตามแนวคิด VAP Bundle ผลการประเมินการปฏิบัติของพยาบาลวิชาชีพในการป้องกัน VAP พบว่า กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความพร้อมในการหย่าเครื่องช่วยหายใจและการทำ Chest Physiotherapy มีการปฏิบัติได้ครบถ้วนในระดับสูง ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางของ CDC ที่เน้นการลดระยะเวลาการใช้เครื่องช่วยหายใจเป็นหัวใจสำคัญในการป้องกันการเกิด VAP ในขณะที่กิจกรรมด้าน Hand hygiene และการป้องกันการปนเปื้อนยังพบการปฏิบัติไม่สม่ำเสมอในบางกิจกรรม สะท้อนถึงข้อจำกัดด้านภาระงานและสภาพแวดล้อมการทำงานในหอผู้ป่วยวิกฤต อย่างไรก็ตาม การดูแลสุขภาพช่องปากซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของ VAP Bundle มีการปฏิบัติในระดับสูง สอดคล้องกับข้อเสนอแนะของ WHO และงานวิจัยของ จิราวรรณ สุนทรา และคณะ (2567) ที่ชี้ว่าการดูแลช่องปากอย่างเหมาะสมมีส่วนช่วยลดการสะสมของเชื้อก่อโรคในทางเดินหายใจ

สรุปผล

การนำแนวปฏิบัติการป้องกันปอดอักเสบจากการใช้เครื่องช่วยหายใจ (WHAPOC) มาใช้ในหอผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ โรงพยาบาลเพชรบูรณ์ ส่งผลลัพธ์ในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งในด้านผลลัพธ์ทางคลินิกและศักยภาพของบุคลากร ดังนี้:

1. ด้านผู้ป่วย: แนวปฏิบัติฯ สามารถลดจำนวนวันนอนในโรงพยาบาลและระยะเวลาการใช้เครื่องช่วยหายใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ ($p < .05$) แม้ว่าค่ารักษาพยาบาลจะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอาจเนื่องมาจากปัจจัยด้านราคากลางและสิทธิการรักษา แต่การลดวันใช้เครื่องช่วยหายใจได้ย่อมช่วยลดโอกาสการเกิดภาวะแทรกซ้อนร้ายแรงอื่นๆ

2. ด้านความรู้และทักษะ: พยาบาลวิชาชีพมีระดับความรู้สูงขึ้นอย่างชัดเจนภายหลังการอบรมและใช้คู่มือ (จากระดับต่ำสู่ระดับสูง) และมีความแม่นยำในการปฏิบัติระดับดีเยี่ยมในด้านการประเมินการหย่าเครื่องช่วยหายใจ (Weaning) และการดูแลกรณีเจาะคอ

เอกสารอ้างอิง

กัญญา เลี่ยนเครือ, สุภาภรณ์ ประยูรมหิศร, ศิริกุล การุณเจริญพาณิชย์. 2562. การพัฒนารูปแบบการนิเทศทางการพยาบาลในคลินิกเพื่อป้องกันปอดอักเสบจากการใช้เครื่องช่วยหายใจในหอผู้ป่วยบำบัดวิกฤต โรงพยาบาลพหลพลพยุหเสนา. Journal of Roi Kaensarn Academi, 7(9), 301-315.

กรมควบคุมโรค. 2562. ปอดอักเสบ. (ออนไลน์) สืบค้นเมื่อวันที่ 24 พฤศจิกายน 2567 https://ddc.moph.go.th/disease_detail.php?d=21

จิราวรรณ สุนทรา, นารี สิงหเทพและอำพรโยธานันท์. 2567. ผลการใช้แนวปฏิบัติการดูแลสุขภาพช่องปากใน VAP Bundle เพื่อป้องกันการเกิดปอดอักเสบ จากการใช้เครื่องช่วยหายใจในหอผู้ป่วยหนักอายุรกรรม โรงพยาบาลยโสธร. ยโสธรเวชสาร. 26(2), 91-103.

ฐานิตร ใจการ และ ณีรนุช วงค์เจริญ. 2564. อุบัติการณ์และผลกระทบของโรคปอดอักเสบโรงพยาบาลปง. วารสารพยาบาลทหารบก, 22(1), 351-353.

ดวงมาลย์ คำหม่อม. 2565. ผลของการส่งเสริมการปฏิบัติตามแนวปฏิบัติเพื่อป้องกันปอดอักเสบในผู้ป่วยที่ใช้เครื่องช่วยหายใจ หอผู้ป่วยหนักอายุรกรรม โรงพยาบาลแพร่. วารสารโรงพยาบาลแพร่. 30(1), 15-31.

นิรมล อู่เจริญ และกัลยาณี นาคฤทธิ์. 2564. ผลของการใช้รูปแบบการดูแลผู้ป่วยใช้เครื่องช่วยหายใจเพื่อป้องกันการติดเชื้อปอดอักเสบที่สัมพันธ์กับการใช้เครื่องช่วยหายใจของพยาบาลวิชาชีพโรงพยาบาลระนอง. วารสารวิจัยและนวัตกรรมสุขภาพ. 4(1), 15-27.

พรรณิภา บุญเทียร, คนึงนิจ พงศ์ถาวรกมล, ดวงรัตน์ วัฒนกิจไกรเลิศ, พิจิตรา เล็กดำรงกุล, วันดี โตสุขศรี, และ ชลธิรา เรียงคำ. 2561. การพยาบาลอายุรศาสตร์ 1. เอ็นพีเพลส.

รัชนี นามจันทรา . 2553. การทบทวนการพัฒนาแนวปฏิบัติการพยาบาลตามหลักฐานเชิงประจักษ์สาขาการพยาบาลเวชปฏิบัติชุมชน. วารสารสภาการพยาบาล. 25(4), 109-125.

รัตนาภรณ์ ปาลีนิเวศ, ธนิษฐา สุทธิ, รัชนี ผิวผ่องและจารุวรรณ เยียรพันธุ์. 2565. การพัฒนารูปแบบการพยาบาลเพื่อป้องกันปอดอักเสบจากการใช้เครื่องช่วยหายใจในหอผู้ป่วยวิกฤต โรงพยาบาลบุรีรัมย์. วารสารการแพทย์โรงพยาบาลศรีสะเกษ สุรินทร์ บุรีรัมย์. 37(2), 441-452.

วิจิตรา กุสุมภ์. 2565. การพยาบาลผู้ป่วยภาวะวิกฤต:แบบองค์รวม. บริษัท พี.เค.เค.พริ้นท์ติ้ง.

ศิรินาฏ สอนสมนึก, กุสุมา คุววัฒนสัมฤทธิ์ และ สุปรีดา มั่นคง. 2560. ผลของการใช้แนวปฏิบัติทางการพยาบาลเพื่อป้องกันปอดอักเสบที่สัมพันธ์กับการใช้เครื่องช่วยหายใจต่ออุบัติการณ์การเกิดปอดอักเสบ. รามาธิบดีพยาบาลสาร. 23(3), 284-297.

สถิติการดำเนินงานหอผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ โรงพยาบาลเพชรบูรณ์. 2567.

สุวรรณชัย วัฒนายิ่งเจริญชัย และ อภิชาต วชิรพันธ์. 2563. แนวปฏิบัติเพื่อป้องกันและควบคุมการติดเชื้อในโรงพยาบาล. กรุงเทพฯ : อักษรกราฟฟิคแอนด์ดีไซน์.

อัจฉรา คำมะทิตย์. 2564. หลักฐานเชิงประจักษ์ทางการพยาบาล : ค้นหาวิเคราะห์และนำไปใช้อย่างไร. วารสารเครือข่ายวิทยาลัยพยาบาลและการสาธารณสุขภาคใต้. 8(2), 315-328.

อุ่นเรือน กลิ่นขจร และ สุพรรษา วรมาลี. 2563. คู่มือการพยาบาลผู้ป่วยสูงอายุโรคปอดอักเสบ. ฝ่ายการพยาบาล โรงพยาบาลศิริราช มหาวิทยาลัยมหิดล

Bernard, R. (2000). Fundamentals of biostatistics (5th ed.). Duxbery: Thomson learning, 308.

Centers for Disease Control. 2017. Pneumonia (Ventilator-Associated [VAP] and Non-Ventilator-Associated Pneumonia [PNEU]) Event. Device-Associated Module PNEU/VAP,1-17.

Deniel, W.W. 2005. Biostatistics: A foundation for analysis in the health sciences. 8thed. The United State of America: John Wiley & Sons

Dudeck, M. A., Horan, T. C., Peterson, K. D., Allen-Bridson, K., Morrell, G., Anttila, A., . . . Edwards, J. R. 2013. National Healthcare Safety Network (NHSN) report, data summary for 2011, device-associated module. American Journal of Infection Control, 41(4), 286.

Kalil AC, Metersky ML, Klompas M et al. 2016._Infectious Diseases Society of America and American Thoracic Society Clin Infect Dis 63(5):e61–111, 2016.

Melsen,W.G., Rovers,M.M., Groenwold,R.H., Bergmans,D.C, Camus,C., Bauer,T.T., et al. 2013. Attributable Mortality of Ventilator-Associated Pneumonia:A Meta-Analysis of Individual Patient Data from Randomized Prevention Studies. Lancet infect Dis, 665-671.

Ngamjarus C, Pattanittum P. 2024. n4Studies: application for sample size calculation in health science research. Version 2.3. App store.

Ngamjarus C. 2021. Sample size calculation for health science research. 1st ed. Khon Kaen, Thailand: Khon Kaen University Printing House

The Joanna Briggs Institute. 2013. New JBI Levels of Evidence. Retrieved from http://www.joannabriggs.org/jbi-approach.html#tabbed-nav=Levels-of-Evidence

The Joanna Briggs Institute. (2014). Reviewers' Manual 2014 Edition. Australia: Solito Fine Colour Printers. Retrieved from http: //www.joannabriggs.org/assets/docs/sumari/reviewersmanual- 2014.pdf

Unahalekhaka,A.,Jongsuwiwatwong,W., Jamulitrat,S. & Ovretveit,J. 2017. Impact of Collaborative Quality Improvement Project on Incidence and Mortality of Ventilator-Associated Pneumonia in 18 Hospitals in Thailand. American Journal of Infection Control, 35(5), E147-E148. (in Thai)

ผลของการใช้แนวทางการปฏิบัติเพื่อป้องกันการเกิดอุบัติการณ์ไม่พึงประสงค์ในผู้ป่วยที่ได้รับการใส่สายสวนคาทางหลอดเลือดดำในผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ โรงพยาบาลเพชรบูรณ์

Effects of Using the Nursing Care Model for the Prevention of Adverse Events in patients central line Catheter Insertion in Respiratory intensive care unit in Phetchabun Hospital

นางสาวทิพวรรณ หาหล้า[1*]

Miss Thippawan Hala[1*]

[1]**หอผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ โรงพยาบาลเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000**

[1]Respiratory Intensive Care Unit, Phetchabun Hospital, Phetchabun Province 67000

*Corresponding author E-mail: babygrilnaruk@gmail.com

บทคัดย่อ

เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Pre Experimental Research) ชนิด Two-group posttest design (เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง หลังเสร็จสิ้นการดำเนินการ) มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อเปรียบเทียบการเกิดอุบัติการณ์ไม่พึงประสงค์ (การติดเชื้อ, การเลื่อนหลุด, การอุดตัน) ระหว่างกลุ่มที่ใช้และไม่ใช้แนวทางปฏิบัติ 2) เพื่อประเมินระดับการปฏิบัติของพยาบาลวิชาชีพตามแนวทางปฏิบัติฯ กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้ คือ ผู้ป่วยที่ได้รับการใส่สายสวนคาหลอดเลือดดำ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 22 คน และพยาบาลวิชาชีพประจำหอผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ โรงพยาบาลเพชรบูรณ์ จำนวน 18 คน ดำเนินการวิจัยในช่วงเดือนมีนาคม ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2568 เลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง เครื่องมือดำเนินการวิจัยคือ แนวทางการปฏิบัติเพื่อป้องกันอุบัติการณ์ไม่พึงประสงค์ฯ (IOC = 1.00) เครื่องมือรวบรวมข้อมูลคือ แบบบันทึกข้อมูลทั่วไป, แบบประเมินการปฏิบัติของพยาบาล (IOC = 0.98) และแบบบันทึกผลลัพธ์ (อุบัติการณ์) วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปด้วยสถิติบรรยาย (จำนวน, ร้อยละ), Chi-Square test สำหรับเปรียบเทียบอุบัติการณ์ระหว่างกลุ่ม ผลการวิจัยมีดังนี้ กลุ่มก่อนใช้แนวทางฯ พบการติดเชื้อ 22.70% (5 ครั้ง) ส่วนกลุ่มที่ใช้แนวทางฯ ไม่พบอุบัติการณ์เลย (0%) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = .048) การปฏิบัติของพยาบาล ด้านการป้องกันการติดเชื้อ: ปฏิบัติได้ดีที่สุดเรื่องการเตรียมผิวหนัง (95.50%) ด้านการป้องกันการอุดตันมีการปฏิบัติเรื่องการดูดเลือดส่งตรวจได้ถูกต้อง (95.50%) แลด้านการป้องกันสายหลุด มีการปฏิบัติสม่ำเสมออยู่ที่ 77.30% พบการไม่ปฏิบัติตามแนวทางในเรื่อง "การให้ยาเป็นครั้งคราว (ควรเป็น proximal port)" อยู่ร้อยละ 4.50

คำสำคัญ : แนวทางการปฏิบัติเพื่อป้องกันอุบัติการณ์, อุบัติการณ์ไม่พึงประสงค์, สายสวนคาทางหลอดเลือดดำส่วนกลาง

Abstract

This pre-experimental research utilized a two-group posttest design. The objectives were: 1) to compare the incidence of adverse events (infection, displacement, and occlusion) between a control group and an experimental group, and 2) to evaluate the nursing practice compliance with the established guidelines. The sample consisted of 44 patients (22 in the control group and 22 in the experimental group) and 18 registered nurses in the Respiratory Intensive Care Unit (RICU) at Phetchabun Hospital, selected through purposive sampling. The study was conducted from March to May 2025. The research instruments included: 1) Clinical Practice Guidelines (CPG) for the prevention of adverse events (IOC = 1.00), and 2) data collection tools consisting of a demographic form, a nursing practice evaluation form (IOC = 0.98), and an adverse event record. Data were analyzed using descriptive statistics (frequency, percentage) and Chi-square tests.

The results revealed that the pre-implementation group had an infection rate of 22.70% (5 instances), whereas the group using the guidelines reported zero adverse events (0%). This difference was statistically significant (p = .048$). Regarding nursing practices, the highest compliance was found in skin preparation (95.50%) and correct blood aspiration for testing (95.50%). The consistent practice rate for preventing catheter displacement was 77.30%. However, a non-compliance rate of 4.50% was observed in intermittent medication administration, specifically the incorrect use of ports instead of the recommended proximal port.

Keywords: Clinical Practice Guidelines, Adverse Events, Central Venous Catheter (CVC)

บทนำ

การใส่สายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลาง (Central Venous Catheter: CVC) เป็นหัตถการที่มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการดูแลรักษาผู้ป่วยภาวะวิกฤต โดยเฉพาะในหอผู้ป่วยวิกฤต ซึ่งผู้ป่วยมักมีความไม่คงที่ของระบบไหลเวียนโลหิต มีความจำเป็นต้องได้รับการรักษาอย่างใกล้ชิดและต่อเนื่อง การใส่สายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลางมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อสนับสนุนการรักษา การเฝ้าระวังอาการ และการลดความทุกข์ทรมานของผู้ป่วยในด้านการรักษา สายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลางใช้เป็นทางให้สารน้ำ ยาที่มีความเข้มข้นสูง สารอาหารทางหลอดเลือดดำทั้งหมด (Total Parenteral Nutrition: TPN) รวมถึงยาเคมีบำบัดและยาที่อาจก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อหลอดเลือดดำส่วนปลาย การใช้ CVC ช่วยให้สามารถให้การรักษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ปลอดภัย และลดความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะแทรกซ้อนจากการใช้หลอดเลือดดำส่วนปลายที่เปราะบางหรือเข้าถึงได้ยาก ในด้านการเฝ้าระวัง สายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลางมีบทบาทสำคัญในการประเมินสภาพระบบไหลเวียน

โลหิต โดยเฉพาะการวัดค่าความดันโลหิตในหลอดเลือดดำส่วนกลาง (Central Venous Pressure: CVP) อย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญในการประเมินภาวะสมดุลของสารน้ำและการทำงานของหัวใจ ช่วยให้ทีมสหสาขาวิชาชีพสามารถตัดสินใจในการรักษาได้อย่างเหมาะสมและทันท่วงที (Gorski et al., 2021)

นอกจากนี้ การใส่สายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลางยังช่วยลดความทุกข์ทรมานของผู้ป่วย โดยลดความจำเป็นในการเจาะเลือดหรือให้ยาซ้ำหลายครั้งผ่านหลอดเลือดดำส่วนปลาย ซึ่งมักก่อให้เกิดความเจ็บปวด ความวิตกกังวล และเพิ่มความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของหลอดเลือด โดยเฉพาะในผู้ป่วยวิกฤตที่มีหลอดเลือดเปราะบาง อย่างไรก็ตาม แม้การใส่สายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลางจะมีประโยชน์อย่างมาก แต่การคาสายสวนดังกล่าวอาจก่อให้เกิดภาวะแทรกซ้อนหรือเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ที่รุนแรงได้ หากขาดการดูแลตามมาตรฐานที่เหมาะสม (บูรพา กาญจนบัตร, 2558) ภาวะแทรกซ้อนที่พบบ่อย ได้แก่ การติดเชื้อ การเลื่อนหลุดของสายสวน และการอุดตันของสายสวน การติดเชื้อเป็นภาวะแทรกซ้อนที่สำคัญและส่งผลกระทบโดยตรงต่ออัตราการป่วยและการเสียชีวิตของผู้ป่วย โดยอาจเกิดได้ทั้งการติดเชื้อบริเวณตำแหน่งใส่สายสวน (Exit site infection) และการติดเชื้อในกระแสเลือดที่สัมพันธ์กับสายสวน (Central Line–Associated Bloodstream Infection: CLABSI) ซึ่งมีรายงานอัตราการติดเชื้อประมาณร้อยละ 12 และพบอุบัติการณ์ 2.15 ครั้งต่อ 1,000 วันการใช้สายสวน (Johnson et al., 1986; Stamou et al., 1999) การเลื่อนหลุดของสายสวน (Catheter displacement) พบได้ในอัตราร้อยละ 3.2–9.87 โดยมีสาเหตุสำคัญจากภาวะสับสนเฉียบพลัน (Delirium) ในผู้ป่วยวิกฤต รวมถึงอุบัติเหตุระหว่างการเคลื่อนย้ายหรือการเปลี่ยนท่าผู้ป่วย (รัชนีบูล มรม่วง, 2565) ส่วนการอุดตันของสายสวน (Occlusion) ส่งผลให้ไม่สามารถให้ยาหรือเฝ้าติดตามอาการได้อย่างต่อเนื่อง ทำให้การรักษาหยุดชะงัก ผู้ป่วยต้องได้รับการทำหัตถการซ้ำ เพิ่มความเสี่ยงและค่าใช้จ่ายในการรักษา

จากการวิเคราะห์สถานการณ์ในหอผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ (Respiratory Intensive Care Unit: RICU) โรงพยาบาลเพชรบูรณ์ ระหว่างเดือนสิงหาคม–ธันวาคม พ.ศ. 2567 พบว่าจากผู้ป่วยที่ได้รับการใส่สายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลางจำนวน 46 ราย มีเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์เกิดขึ้น 4 ราย คิดเป็นร้อยละ 8.69 ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความเสี่ยงที่ยังคงมีอยู่ในการดูแลผู้ป่วยกลุ่มนี้นอกจากนี้ ยังพบปัญหาด้านมาตรฐานการปฏิบัติ ได้แก่ การขาดแนวทางการดูแลที่ชัดเจนและเป็นรูปธรรม ความหลากหลายในการปฏิบัติของบุคลากร เช่น วิธีการปิดแผลที่แตกต่างกัน จนไม่สามารถประเมินตำแหน่งรูเปิดของแผลได้อย่างชัดเจน รวมถึงความไม่สมบูรณ์ของขั้นตอนการดูแล เช่น การทำความสะอาดแผล การประเมินความจำเป็นในการคงสายสวน การล้างมือ และการเก็บสิ่งส่งตรวจที่ยังไม่เป็นไปตามมาตรฐานการควบคุมการติดเชื้อพยาบาลวิชาชีพในฐานะผู้ดูแลผู้ป่วยอย่างใกล้ชิดตลอด 24 ชั่วโมง มีบทบาทสำคัญในการป้องกันภาวะแทรกซ้อนจากการใส่สายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลาง จำเป็นต้องมีความรู้ ทักษะ และการปฏิบัติตามมาตรฐานเดียวกันอย่างเคร่งครัด ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญในการพัฒนาแนวทางการปฏิบัติเพื่อป้องกันการเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์จากการใส่สายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลาง โดยบูรณาการหลักฐานเชิงประจักษ์ร่วมกับบริบทของหน่วยงาน เพื่อป้องกันภาวะแทรกซ้อน ส่งเสริมความต่อเนื่องของการรักษา และยกระดับคุณภาพและความปลอดภัยของผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจโรงพยาบาลเพชรบูรณ์อย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบการเกิดอุบัติการณ์ไม่พึงประสงค์ ได้แก่ การติดเชื้อ, การเลื่อนหลุด และการอุดตัน ในผู้ป่วยที่ได้รับการใส่สายสวนคาทางหลอดเลือดดำ

2. เพื่อประเมินการปฏิบัติของพยาบาลในการป้องกันการเกิดอุบัติการณ์ไม่พึงประสงค์ในผู้ป่วยที่ได้รับการใส่สายสวนคาทางหลอดเลือดดำ

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Pre Experimental Research) ชนิด 2 กลุ่ม วัดผลหลังการทดลอง (Two group posttest designs) กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้ คือ ผู้ป่วยที่ได้รับการใส่สายสวนคาหลอดเลือดดำ จำนวน 44 คน (กลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 22 คน) และพยาบาลวิชาชีพ ประจำหอผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ โรงพยาบาลเพชรบูรณ์ ในช่วงเดือนมีนาคม ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2568 จำนวน 18 คน

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรคือ ผู้ป่วยที่รับการรักษาในหอผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ โรงพยาบาลเพชรบูรณ์ในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2568 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2568 และพยาบาลวิชาชีพที่ปฏิบัติงานในหอผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ โรงพยาบาลเพชรบูรณ์ จำนวน 21 คน

2. กลุ่มตัวอย่าง แบ่งออกเป็น

2.1 ผู้ป่วยที่ได้รับการใส่สายสวนคาหลอดเลือดดำ ที่รับการรักษาในหอผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ โรงพยาบาลเพชรบูรณ์ในช่วงเดือนมีนาคม ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2568

กลุ่มควบคุม ดำเนินการเก็บข้อมูลช่วงเดือน มีนาคม ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2568

กลุ่มทดลอง ดำเนินการเก็บข้อมูลช่วงเดือน กรกฎาคม ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2568

2.2 พยาบาลวิชาชีพที่ปฏิบัติงานในหอผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ โรงพยาบาลเพชรบูรณ์ จำนวน 18 คน

การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง

การเลือกกลุ่มตัวอย่างเป็นแบบแบบเฉพาะเจาะจง ซึ่งผู้วิจัยคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างของผู้ป่วยที่ได้รับการใส่สายสวนคาหลอดเลือด โดยคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างด้วยสูตร Two independent proportions ของ App N4 Studies (Ngamjarus C, Pattanittum P., 2024; Bernard, R., 2000; Ngamjarus C.,2021) อ้างผลการศึกษาของ นรินทร์ พิพัฒนวรคุณ และปิยพร ธีรศิลป์ (2567) ศึกษาผลของการใช้รูปแบบการพยาบาลเพื่อป้องกันเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ในผู้ป่วยวิกฤตที่ได้รับการใส่สายสวนทางหลอดเลือดแดง เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง กลุ่มตัวอย่างคือ พยาบาลวิชาชีพจำนวน 14 คน และผู้ป่วยวิกฤตที่ได้รับการใส่สายสวนหลอดเลือดแดง จำนวน 2 กลุ่ม กลุ่มละ 20 ราย ผลการศึกษาพบว่า การเกิดอุบัติการณ์ไม่พึงประสงค์ จากการใส่สายสวนทางหลอดเลือด

แดงลดลงจากร้อยละ 45 เหลือร้อยละ 5 ได้กลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 44 ราย แบ่งเป็นกลุ่มก่อน และกลุ่มหลังใช้แนวปฏิบัติฯ กลุ่มละ 22 ราย

เมื่อกำหนดค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และอำนาจในการทดสอบ 95%

สัดส่วนกลุ่มก่อนใช้รูปแบบ (P1) = 0.45

สัดส่วนกลุ่มหลังใช้รูปแบบ (P2) = 0.05

เมื่อกำหนด Ratio (r) = 1

Alpha (α) = 0.05, Z (0.975) = 1.959964

Beta (β) = 0.20, Z (0.800) = 0.841621

ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (n) = 44

group 1 = 22

group 2 = 22

$$n_1 = \left[\frac{z_{1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\bar{p}\bar{q}\left(1+\frac{1}{r}\right)} + z_{1-\beta}\sqrt{p_1 q_1 + \frac{p_2 q_2}{r}}}{\Delta} \right]^2$$

$$\Delta = p_1 - p_2, \quad \bar{p} = \frac{p_1 + p_2 r}{1+r}, \quad r = \frac{n_2}{n_1}$$

$$q_1 = 1 - p_1, \quad q_2 = 1 - p_2, \quad \bar{q} = 1 - \bar{p}$$

เกณฑ์คัดเข้า (Inclusion Criteria)

1. ผู้ป่วย

1.1 ผู้ป่วยในหอผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ โรงพยาบาลเพชรบูรณ์ ที่ใส่สายสวนคาหลอดเลือดดำส่วนกลาง เพื่อให้สารน้ำ สารอาหาร ยาทางหลอดเลือด และเพื่อประเมินสภาพระบบไหลเวียนในร่างกายอย่างต่อเนื่องระหว่างยังมีปัญหาอยู่ในภาวะวิกฤต

1.2 อายุ 20 ปีขึ้นไป

1.3 ยินดีเข้าร่วมโครงการวิจัย

2. พยาบาล

2.1 พยาบาลวิชาชีพที่ปฏิบัติงาน มีการขึ้นปฏิบัติงานในเวรดึก เช้าและเวรบ่าย ในหอผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ โรงพยาบาลเพชรบูรณ์

2.2 มีใบอนุญาตประกอบวิชาชีพการพยาบาลและการผดุงครรภ์

2.3 ผ่านการทดลองการปฏิบัติงานแล้วเป็นระยะเวลา 6 เดือน

เกณฑ์คัดออก (Exclusion Criteria)

1. ผู้ป่วย

1.1 ผู้ป่วยย้ายออกหรือส่งต่อไปยังสถานบริการอื่น

1.2 มีการใส่สายสวนคาทางหลอดเลือดดำจากหน่วยงานอื่นก่อนรับไว้ดูแล

1.3 ผู้ป่วยไม่ยินยอมให้เก็บข้อมูล ไม่ยอมเปิดเผยข้อมูลส่วนตัว

2. พยาบาล : กลุ่มตัวอย่างย้ายหน่วยงานหรือลาออกในระหว่างร่วมการวิจัย

เกณฑ์การให้เลิกจากการศึกษา (Discontinuation criteria) คือ ขอถอนตัวออกจากการวิจัยก่อนสิ้นสุดการดำเนินงานวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

1. เครื่องมือในการดำเนินการวิจัย คือ แนวทางการปฏิบัติเพื่อป้องกันการเกิดอุบัติการณ์ไม่พึงประสงค์ในผู้ป่วยที่ได้รับการใส่สายสวนคาทางหลอดเลือดดำ ซึ่งผู้วิจัยพัฒนาขึ้นจากการทบทวนแนวทางปฏิบัติที่มีอยู่ร่วมกับการทบทวนวรรณกรรม ตำรา เอกสารวิชาการ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และนำมาปรับให้เหมาะสมกับบริบทการพยาบาลผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ โดยจัดทำในรูปแบบคู่มือ ประกอบด้วย 3 ด้าน ดังนี้

1.1 การป้องกันการติดเชื้อของสายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลาง ครอบคลุมการดูแลก่อน ขณะและหลังใส่สายสวน ได้แก่ การล้างมือ การใช้เทคนิคปลอดเชื้อ การสวมอุปกรณ์ป้องกัน การเตรียมผิวหนัง การดูแลแผล การเปลี่ยนชุดให้สารน้ำ การให้สารน้ำ ยา และการดูดเลือดส่งตรวจ รวมถึงการประเมินความจำเป็นในการคาสายสวนและถอดออกเมื่อไม่มีข้อบ่งชี้

1.2 การป้องกันการเลื่อนหลุดของสายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลางประกอบด้วยการตรวจสอบและบันทึกตำแหน่งสาย การปิดแผลและจัดสายอย่างเหมาะสม การสื่อสารระหว่างการรับ–ส่งเวร การดูแลขณะเปลี่ยนท่า เคลื่อนย้าย หรือทำกิจกรรมพยาบาล การให้ข้อมูลแก่บุคลากรที่เกี่ยวข้อง การดูแลผู้ป่วยที่มีภาวะสับสน และการปฏิบัติเบื้องต้นเมื่อพบว่าสายสวนเลื่อนจากตำแหน่งเดิม

1.3 การป้องกันการอุดตันของสายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลาง ครอบคลุมการไล่สายด้วยสารละลาย NSS การดูแลขณะให้สารอาหารทางหลอดเลือดดำ เลือดและส่วนประกอบของเลือด การดูแล port ที่ไม่ได้ใช้งานหรือมีภาวะอุดตัน วิธีการไล่สายและล็อกสายแต่ละ port การให้ยาเป็นครั้งคราว และการดูดเลือดส่งตรวจ

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย 4 ส่วน ดังนี้

2.1 แบบสอบถามข้อมูลทั่วไปของผู้ป่วย จำนวน 6 ข้อ ได้แก่ เพศ อายุ โรคประจำตัว คะแนน MAAS แรกรับ ตำแหน่งที่คาสายสวนหลอดเลือดดำ และการได้รับยาละลายลิ่มเลือด

2.2 แบบประเมินผลลัพธ์การดูแลด้านอุบัติการณ์ไม่พึงประสงค์ จำนวน 4 ข้อ ได้แก่ จำนวนวันคาสายสวน การเกิดอุบัติการณ์ไม่พึงประสงค์ ประเภทอุบัติการณ์ (การติดเชื้อ การเลื่อนหลุด การอุดตัน) และระยะเวลาที่พบอุบัติการณ์

2.3 แบบสอบถามข้อมูลทั่วไปของพยาบาลวิชาชีพ จำนวน 4 ข้อ ได้แก่ เพศ อายุ ประสบการณ์การปฏิบัติงานในหอผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ และการอบรมเกี่ยวกับการดูแลผู้ป่วยที่ได้รับการใส่สายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลาง

2.4 แบบประเมินการปฏิบัติเพื่อป้องกันการเกิดอุบัติการณ์ไม่พึงประสงค์เป็นแบบประเมินการ

ปฏิบัติแบบประมาณค่า 3 ระดับ ได้แก่ ปฏิบัติทุกครั้ง (2 คะแนน) ปฏิบัติเป็นบางครั้ง (1 คะแนน) และไม่ปฏิบัติ (0 คะแนน) ครอบคลุมการประเมินการปฏิบัติของพยาบาลวิชาชีพ 3 ด้าน รวมจำนวน 60 ข้อ ได้แก่

การป้องกันการติดเชื้อของสายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลาง จำนวน 24 ข้อ

การป้องกันการเลื่อนหลุดของสายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลาง จำนวน 19 ข้อ

การป้องกันการอุดตันของสายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลาง จำนวน 19 ข้อ

การแปลผลคะแนนรายข้อและคะแนนรวมใช้เกณฑ์การแบ่งช่วงคะแนนตามสูตรของดานีล (Daniel, 2005) แบ่งระดับการปฏิบัติเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับสูง ระดับปานกลาง และระดับน้อย

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

1. การตรวจความตรงทางเนื้อหา (Content Validity) ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย แนวทางปฏิบัติติเพื่อป้องกันการเกิดอุบัติการณ์ไม่พึงประสงค์ในผู้ป่วยที่ได้รับการใส่สายสวนคาทางหลอดเลือดดำ ให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือ 3 ท่าน ได้แก่ พยาบาลวิชาชีพที่เป็น ICWN ของโรงพยาบาล จำนวน 1 ท่าน พยาบาลวิชาชีพที่มีประสบการณ์การดูแลผู้ป่วยหนัก จำนวน 2 ท่าน ตรวจสอบความถูกต้องทางภาษา และความครอบคลุมของเนื้อหา (Content Validity) แล้วนำไปปรับปรุงคำถามตามที่ผู้ทรงคุณวุฒิเสนอแนะ แล้วส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาอีกครั้ง ได้ค่าความตรงของเนื้อหาแนวทางปฏิบัติฯ (คู่มือ) เท่ากับ 1.00, แบบประเมินการปฏิบัติ ค่า IOC เท่ากับ 0.98

2. การตรวจสอบความเที่ยงของเครื่องมือ (Reliability) ผู้วิจัยนำแนวทางปฏิบัติติเพื่อป้องกันการเกิดอุบัติการณ์ไม่พึงประสงค์ในผู้ป่วยที่ได้รับการใส่สายสวนคาทางหลอดเลือดดำ ไปทดลองใช้กับผู้ป่วยที่ได้รับการใส่สายสวนคาทางหลอดเลือดดำ และทดลองเก็บข้อมูล ว่าสามารถเก็บได้ครบถ้วนตรงตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยก่อนนำไปใช้จริง

ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

1. การดำเนินการวิจัยในกลุ่มควบคุม

ภายหลังได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเพชรบูรณ์ ผู้วิจัยทำหนังสือขออนุญาตดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้อำนวยการโรงพยาบาลเพชรบูรณ์ จากนั้นดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลกลุ่มควบคุมโดยการสุ่มเวชระเบียนแบบง่าย จากฐานข้อมูลของโรงพยาบาลเพชรบูรณ์ ในช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2567 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2568 โดยเลือกเวชระเบียนของผู้ป่วยที่มีคุณสมบัติตรงตามเกณฑ์คัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

2. การดำเนินการวิจัยในกลุ่มทดลอง

2.1 ภายหลังได้รับการอนุมัติจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ผู้วิจัยทำหนังสือขออนุญาตดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้อำนวยการโรงพยาบาลเพชรบูรณ์

2.2 ผู้วิจัยเข้าพบหัวหน้าหอผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ เพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัยและขอความร่วมมือในการดำเนินการ

2.3 ผู้วิจัยเข้าพบพยาบาลประจำหอผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ เพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์ ขั้นตอน

การดำเนินการวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูล การพิทักษ์สิทธิ์ผู้เข้าร่วมวิจัย และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

2.4 ผู้วิจัยเข้าพบผู้ป่วยที่มีคุณสมบัติตรงตามเกณฑ์คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างในวันแรกที่เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลเพชรบูรณ์ สร้างสัมพันธภาพ ชี้แจงข้อมูลเกี่ยวกับการวิจัยและการพิทักษ์สิทธิ์ของผู้เข้าร่วมวิจัย และขอความยินยอมเข้าร่วมการวิจัยเป็นลายลักษณ์อักษร จากนั้นเก็บรวบรวมข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ป่วย

2.5 พยาบาลประจำหอผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจดำเนินการดูแลและบันทึกข้อมูลตามแนวทางการปฏิบัติเพื่อป้องกันการเกิดอุบัติการณ์ไม่พึงประสงค์ในผู้ป่วยที่ได้รับการใส่สายสวนคาทางหลอดเลือดดำ

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง ด้วยสถิติพรรณนา (Descriptive statistic) ได้แก่ จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
2. ใช้สถิติอนุมาน (Inferential statistic) ได้แก่

2.1 เปรียบเทียบอุบัติการณ์ไม่พึงประสงค์ ได้แก่ การติดเชื้อ การเลื่อนหลุด และการอุดตัน ด้วยสถิติ Chi-Square

2.2 วิเคราะห์ระดับของการปฏิบัติ และค่าคะแนนเฉลี่ยการปฏิบัติ ด้วยจำนวน ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย

1. ข้อมูลทั่วไป

กลุ่มตัวจำนวน 44 ราย แบ่งเป็นกลุ่มก่อน และกลุ่มที่ใช้แนวทางการปฏิบัติฯ กลุ่มละ 22 ราย มีคุณลักษณะด้านข้อมูลทั่วไปที่คล้ายๆ กันเป็นส่วนใหญ่ ดังนี้ เพศชาย ร้อยละ 54.50 และ 45.50, เกินครึ่งมีอายุอยู่ในช่วง มากกว่าหรือเท่ากับ 60 ปี ร้อยละ 68.20 และ 59.10 ($\bar{x}$=65.40, S.D.=18.87, Min=20, Max=91) และ ($\bar{x}$=62.22, S.D.=15.99, Min=36, Max=91), ส่วนใหญ่มีโรคประจำตัวร้อยละ 81.80 และ 77.30, คะแนน MAAS แรกรับอยู่ในช่วง 1-3 คะแนน ร้อยละ 81.80 และ 95.50, ตำแหน่งที่มีการคาสายสวนทางหลอดเลือดดำมากที่สุดคือที่ขา ร้อยละ 100.00 และ 90.90 และได้รับยาละลายลิ่มเลือดมีจำนวนที่เท่ากันคือ ร้อยละ 13.60 ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบจำนวน ร้อยละ ข้อมูลทั่วไป ระหว่างกลุ่มก่อนใช้แนวทางปฏิบัติฯ และกลุ่มที่มีการใช้แนวทางปฏิบัติ (n=44)

ข้อมูลทั่วไป	กลุ่มก่อนใช้แนวทางปฏิบัติฯ (n = 22)	กลุ่มใช้แนวทางปฏิบัติฯ (n = 22)	χ^2	p-value
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)		
เพศ			.091	.763[a]
ชาย	12 (54.50)	10 (45.50)		
หญิง	10 (45.50)	12 (54.50)		
อายุ (ปี) ($\bar{X}$=65.40, S.D.=18.87, Min=20, Max=91), ($\bar{X}$=62.22, S.D.=15.99, Min=36, Max=91)				
น้อยกว่า 60	7 (31.80)	9 (40.90)	.098	.754[a]
มากกว่าหรือเท่ากับ 60	15 (68.20)	13 (59.10)		
โรคประจำตัว			.000	1.000[a]
มี	18 (81.80)	17 (77.30)		
ไม่มี	4 (18.20)	5 (22.70)		
น้อยกว่า 60	7 (31.80)	9 (40.90)	.098	.754[a]
มากกว่าหรือเท่ากับ 60	15 (68.20)	13 (59.10)		
MAAS แรกรับ (คะแนน)				.345[b]
1-3	18 (81.80)	21 (95.50)		
4	4 (18.20)	1 (4.50)		
($\bar{X}$= 2.68, S.D. = .99, Min = 1, Max = 4), ($\bar{X}$= 1.00, S.D. = 0.92, Min =1, Max = 4)				
ตำแหน่งที่มีการคาสายสวนทางหลอดเลือดดำ				.488[b]
คอ	0 (0.00)	2 (9.10)		
ขา	22 (100.00)	20 (90.90)		
การได้รับยาละลายลิ่มเลือด			.000	1.000
มี	3 (13.60)	3 (13.60)		
ไม่มี	19 (86.40)	19 (86.40)		

[a]Chi-square, [b]Fisher's extact

2. เปรียบเทียบการเกิดอุบัติการณ์ การเกิดภาวะไม่พึงประสงค์

เมื่อเปรียบเทียบการเกิดอุบัติการณ์ไม่พึงประสงค์ ระหว่างกลุ่มก่อน และกลุ่มที่มีการใช้แนวทางปฏิบัติฯ พบว่า กลุ่มก่อนใช้แนวทางปฏิบัติฯ พบอุบัติการณ์ไม่พึงประสงค์จำนวน 5 ครั้ง ทั้งหมดเป็นการติดเชื้อ คิดเป็นร้อยละ 22.70 ส่วนกลุ่มที่มีการใช้แนวทางปฏิบัติฯ ไม่พบอุบัติการณ์ไม่พึงประสงค์ (p=.048) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบจำนวน ร้อยละ การเกิดอุบัติการณ์ไม่พึงประสงค์ ระหว่างกลุ่ม (n=44)

เปรียบเทียบ	กลุ่มก่อนใช้แนวทางปฏิบัติฯ (n = 22)	กลุ่มใช้แนวทางปฏิบัติฯ (n = 22)	df	p-value
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)		
อุบัติการณ์ไม่พึงประสงค์			1	.048
เกิด	5 (22.70)	0 (0.00)		
ไม่เกิด	17 (77.30)	22 (100.00)		

3. ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างที่เป็นพยาบาลวิชาชีพ

พยาบาลวิชาชีพที่ใช้แนวทางปฏิบัติฯ จำนวน 18 คน เพศหญิง ร้อยละ 83.30 เพศชาย ร้อยละ 16.70 ($\bar{X}$ = 31.88, S.D.= 4.33, Min = 25, Max=39) ด้านประสบการณ์ปฏิบัติงาน RICU 1-5 ปี ร้อยละ 66.70 ($\bar{X}$ = 4.05, S.D. 1.43, Min = 3, Max = 6) ทุกคนไม่เคยผ่านการอบรมการดูแลผู้ป่วยที่ได้การใส่สายสวนคาทางหลอดเลือดดำส่วนกลาง ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงจำนวน และร้อยละ ข้อมูลทั่วไป จำแนกตาม เพศ, อายุ, ประสบการณ์ปฏิบัติงาน และการอบรมการดูแลผู้ป่วยที่ได้การใส่สายสวนคาทางหลอดเลือดดำส่วนกลาง (n=18)

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	3	16.70
หญิง	15	83.30
อายุ (ปี) ($\bar{X}$=31.88, S.D.=4.33, Min=25, Max=39)		
20 - 30	7	38.90
30 – 40	11	61.10
ประสบการณ์ปฏิบัติงาน (ปี)		
1-5	12	66.70
6 - 10	6	33.30

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน	ร้อยละ
($\bar{x}$ = 4.05, S.D. = 1.43, Min=3, Max=6)		
การอบรมการดูแลผู้ป่วยที่ได้การใส่สายสวนคาทางหลอดเลือดดำส่วนกลาง		
ไม่เคย	18	100.00

4. ประเมินการปฏิบัติของพยาบาลในการป้องกันการเกิดอุบัติการณ์ การเกิดภาวะไม่พึงประสงค์

เมื่อประเมินการปฏิบัติของพยาบาลวิชาชีพในการป้องกันการเกิดอุบัติการณ์ การเกิดภาวะไม่พึงประสงค์ จำนวน 3 ด้าน ได้แก่ การป้องกันการติดเชื้อ เมื่อแยกเป็นรายด้าน พบว่าในหมวดนี้มีการปฏิบัติทุกครั้งคือ การเตรียมผิวหนัง ร้อยละ 95.50 ส่วนการป้องกันการเลื่อนหลุดของสายหลอดเลือดดำส่วนกลาง พบว่ามีการปฏิบัติทุกครั้ง ร้อยละ 77.30 สำหรับในหมวดการป้องกันการติดเชื้อ และการป้องกันการเลื่อนหลุด ไม่พบว่าไม่มีข้อใดที่ไม่ได้ปฏิบัติ ส่วนการป้องกันการอุดตันของสายหลอดเลือดดำส่วนกลาง พบว่า การป้องกัน และการดูดเลือดเพื่อส่งตรวจ มีการปฏิบัติทุกครั้งเท่ากันคือ ร้อยละ 95.50 ในหมวดนี้พบว่ามีการไม่ปฏิบัติจำนวน 1 ครั้ง คือ การให้ยาเป็นครั้งคราว (ควรเป็น proximal port) ร้อยละ 4.50 ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงจำนวน ร้อยละ การประเมินการปฏิบัติของพยาบาลในการป้องกันการเกิดอุบัติการณ์ การเกิดภาวะไม่พึงประสงค์ จำแนกเป็นรายด้าน (n=22)

หัวข้อ	การปฏิบัติ		
	ทุกครั้ง	บางครั้ง	ไม่ปฏิบัติ
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)
1. การป้องกันการติดเชื้อ			
1.1 การดูแลก่อนใส่สายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลาง (ข้อ 1-3)	17 (77.30)	5 (22.70)	0 (0.00)
1.2 การเตรียมผิวหนัง (ข้อ 4-7)	21 (95.50)	1 (4.50)	0 (0.00)
1.3 การปิดแผลบริเวณตำแหน่งที่คาสายสวน (ข้อ 8-14)	14 (63.60)	8 (36.40)	0 (0.00)
1.4 การเปลี่ยนชุดให้สารน้ำ (ข้อ 15-24)	18 (81.80)	4 (18.20)	0 (0.00)
2. การป้องกันการเลื่อนหลุดของสายหลอดเลือดดำส่วนกลาง (ข้อ 1-19)	17 (77.30)	5 (22.70)	0 (0.00)
3. การป้องกันการอุดตันของสายหลอดเลือดดำส่วนกลาง			
3.1 การป้องกัน (ข้อ 1-9)	21 (95.50)	1 (4.50)	0 (0.00)
3.2 การให้ยาเป็นครั้งคราว (ควรเป็น proximal port)	17 (77.30)	4 (18.20)	1 (4.50)

หัวข้อ	การปฏิบัติ		
	ทุกครั้ง	บางครั้ง	ไม่ปฏิบัติ
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)
(ข้อ 10-14) 3.3 การดูดเลือดเพื่อส่งตรวจ (ข้อ 15-17)	21 (95.50)	1 (4.50)	0 (0.00)

วิจารณ์ผล

ผลการวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การใช้แนวทางการปฏิบัติเพื่อป้องกันการเกิดอุบัติการณ์ไม่พึงประสงค์ในผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจที่ได้รับการใส่สายสวนคาทางหลอดเลือดดำ สามารถลดอุบัติการณ์ไม่พึงประสงค์ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกลุ่มก่อนใช้แนวทางปฏิบัติพบอุบัติการณ์ไม่พึงประสงค์คิดเป็นร้อยละ 22.70 ขณะที่กลุ่มที่ใช้แนวทางปฏิบัติไม่พบอุบัติการณ์ไม่พึงประสงค์เลย ($p = .048$) สะท้อนถึงประสิทธิผลของแนวทางปฏิบัติที่พัฒนาขึ้นในการเพิ่มความปลอดภัยของผู้ป่วย กลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มมีคุณลักษณะข้อมูลทั่วไปที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งช่วยลดอิทธิพลของตัวแปรแทรกซ้อน และสนับสนุนว่าความแตกต่างของผลลัพธ์เกิดจากการใช้แนวทางปฏิบัติเป็นสำคัญ นอกจากนี้ พยาบาลวิชาชีพที่เข้าร่วมการศึกษาแม้จะมีประสบการณ์การทำงานในหอผู้ป่วยวิกฤตค่อนข้างน้อย และไม่เคยผ่านการอบรมเฉพาะทางด้านการดูแลสายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลางมาก่อน แต่สามารถปฏิบัติตามแนวทางได้ในระดับสูง แสดงให้เห็นว่าแนวทางปฏิบัติมีความชัดเจน เข้าใจง่าย และสามารถนำไปใช้ได้จริงในบริบทการพยาบาลประจำวัน

ผลการประเมินการปฏิบัติของพยาบาลวิชาชีพพบว่าการป้องกันการติดเชื้อ การป้องกันการเลื่อนหลุด และการป้องกันการอุดตันของสายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลางอยู่ในระดับดีถึงดีมาก ซึ่งสอดคล้องกับการลดลงของอุบัติการณ์ไม่พึงประสงค์ อย่างไรก็ตาม ยังพบการไม่ปฏิบัติบางกิจกรรมเล็กน้อย สะท้อนให้เห็นถึงความจำเป็นในการติดตาม กำกับ และให้ข้อเสนอแนะอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้การปฏิบัติเป็นไปอย่างครบถ้วนและสม่ำเสมอ เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าผลการศึกษานี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยส่วนใหญ่ที่รายงานว่า การใช้แนวทางปฏิบัติหรือรูปแบบการพยาบาลที่อิงหลักฐานเชิงประจักษ์สามารถลดการติดเชื้อและภาวะแทรกซ้อนจากการใส่สายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลางได้ อย่างไรก็ตาม บางการศึกษาระบุว่าการเพิ่มความรู้เพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอที่จะเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติและผลลัพธ์ทางคลินิก ซึ่งชี้ให้เห็นว่า ความสำเร็ จของแนวทางปฏิบัติควรได้รับการสนับสนุนจากระบบการกำกับติดตามและวัฒนธรรมความปลอดภัยของหน่วยงานร่วมด้วย

โดยสรุป การใช้แนวทางการปฏิบัติที่พัฒนาขึ้นในครั้งนี้มีประสิทธิผลในการลดอุบัติการณ์ไม่พึงประสงค์จากการใส่สายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลาง และสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการยกระดับคุณภาพการพยาบาลและความปลอดภัยของผู้ป่วยในหอผู้ป่วยวิกฤตได้ อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาต่อยอดในกลุ่มตัวอย่าง

ขนาดใหญ่ขึ้นและติดตามผลในระยะยาว เพื่อยืนยันความยั่งยืนของผลลัพธ์และการนำไปใช้ในบริบทที่หลากหลายยิ่งขึ้น

สรุปผล

1. ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างผู้ป่วย กลุ่มตัวอย่างจำนวน 44 ราย แบ่งเป็นกลุ่มก่อนใช้แนวทางปฏิบัติฯ และกลุ่มที่ใช้แนวทางปฏิบัติฯ กลุ่มละ 22 ราย พบว่าคุณลักษณะด้านข้อมูลทั่วไปของทั้งสองกลุ่มมีความคล้ายคลึงกันเป็นส่วนใหญ่

2. ข้อมูลทั่วไปของพยาบาลวิชาชีพ พยาบาลวิชาชีพที่ใช้แนวทางปฏิบัติฯ จำนวน 18 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 83.30) เพศชายร้อยละ 16.70 มีอายุเฉลี่ย 31.88 ปี มีประสบการณ์การปฏิบัติงานในหอผู้ป่วยวิกฤตทางเดินหายใจ (RICU) ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 1–5 ปี (ร้อยละ 66.70) โดยมีค่าเฉลี่ย 4.05 ปี ทั้งหมดไม่เคยผ่านการอบรมการดูแลผู้ป่วยที่ได้รับการใส่สายสวนคาทางหลอดเลือดดำส่วนกลาง

3. ผลการเปรียบเทียบการเกิดอุบัติการณ์ไม่พึงประสงค์ พบว่า กลุ่มก่อนใช้แนวทางปฏิบัติฯ มีอุบัติการณ์ไม่พึงประสงค์จำนวน 5 ครั้ง ซึ่งเป็นการติดเชื้อทั้งหมด คิดเป็นร้อยละ 22.70 ขณะที่กลุ่มที่ใช้แนวทางปฏิบัติฯ ไม่พบอุบัติการณ์ไม่พึงประสงค์ โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = .048$)

4. ผลการประเมินการปฏิบัติของพยาบาลวิชาชีพ ในการป้องกันอุบัติการณ์ไม่พึงประสงค์ แบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่ (1) การป้องกันการติดเชื้อ พบว่ามีการปฏิบัติทุกครั้งในกิจกรรมการเตรียมผิวหนัง ร้อยละ 95.50 (2) การป้องกันการเลื่อนหลุดของสายหลอดเลือดดำส่วนกลาง พบว่ามีการปฏิบัติทุกครั้ง ร้อยละ 77.30 โดยไม่พบข้อที่ไม่ได้ปฏิบัติ และ (3) การป้องกันการอุดตันของสายหลอดเลือดดำส่วนกลาง พบว่าการป้องกันการอุดตันและการดูดเลือดเพื่อส่งตรวจมีการปฏิบัติทุกครั้งเท่ากัน ร้อยละ 95.50 อย่างไรก็ตาม พบการไม่ปฏิบัติ 1 ครั้ง ในกิจกรรมการให้ยาเป็นครั้งคราว (ควรให้ผ่าน proximal port) คิดเป็นร้อยละ 4.50

เอกสารอ้างอิง

คณะกรรมการป้องกันและควบคุมการติดเชื้อในโรงพยาบาล. 2559. แนวทางการป้องกันและควบคุมการติดเชื้อใน โรงพยาบาล. โรงพยาบาลตำรวจ. 2559.

จันทร ธูปบูชา. 2563. การพัฒนารูปแบบการป้องกันการติดเชื้อในกระแสเลือดที่เกี่ยวข้องกับการใส่คาสายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลาง. พุทธชินราชเวชสาร. 37(2); 149-158.

ทิพวรรณ สุวรรณพล และคณะ. 2563. การประเมินผลความรู้และการปฏิบัติของพยาบาลก่อนและหลังการใช้แนวทางปฏิบัติการพยาบาลเพื่อป้องกันการติดเชื้อในกระแสโลหิตที่สัมพันธ์กับการใส่สายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลางในผู้ป่วยศัลยกรรมทารกแรกเกิด.วารสารกรมการแพทย์. 45(4); 129-137.

นรินทร์ พิพัฒนวรคุณ และปิยพร ธีรศิลป์. 2567. ผลของการใช้รูปแบบการพยาบาลเพื่อป้องกันเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ในผู้ป่วยวิกฤตที่ได้รับการใส่สายสวนทางหลอดเลือดแดง. วารสารแพทย์เขต 4-5. 43(2); 277-288

บูรพา กาญจนบัตร. 2558. การใส่และดูแลสายสวนหลอดเลือด (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: โฆสิตการพิมพ์.

พรทิพย์ ไพศาลธรรม. 2565. ประสิทธิผลของการใช้แนวปฏิบัติการพยาบาลในการดูแลผู้ป่วยที่ใส่สายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลางของพยาบาลวิชาชีพ. วารสารกองการพยาบาล. 49(2); 86-99.

รัชนีบูล มรม่วง. 2565. แนวปฏิบัติลดการเลื่อนหลุดของสายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลาง ในผู้ป่วยหออภิบาลผู้ป่วยวิกฤตศัลยกรรมอุบัติเหตุ โรงพยาบาลอุตรดิตถ์. Health science clinical research 37(2); 49-58.

สมถวิล ศิริเรือง. 2008. การดูแลเด็กที่มีสายสวนหลอดเลือดดำส่วนกลาง**.** หน่วยโลหิตวิทยาและมะเร็งในเด็ก สังกัดภาควิชาพยาบาลศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล.

Bernard, R. (2000). Fundamentals of biostatistics (5th ed.). Duxbery:Thomson learning :p.384-385.

Deniel, W.W. 2005. Biostatistics: A foundation for analysis in the health sciences. 8thed. The United State of America: John Wiley & Sons.

Gorski, L. A., Hadaway, L., Hagle, M. E., Broadhurst, D., Clare, S., Kleidon, T., Meyer, B. M., Nickel, B., Rowley, S., & Alexander, M. 2021. Infusion therapy standards of practice (8th ed.). Journal of Infusion Nursing, 44(1S), S1–S224. https://doi.org/10.1097/NAN.0000000000000396

Ngamjarus C, Pattanittum P. 2024. n4Studies: application for sample size calculation in health science research. Version 2.3. App store.

Ngamjarus C. 2021. Sample size calculation for health science research. 1st ed. Khon Kaen, Thailand: Khon Kaen University Printing House.

ผลของเกสรเทียมที่มีโปรตีนหลักจากปลาโอลายต่อสุขภาพและอายุขัยของผึ้งพันธุ์ (*Apis mellifera* L.)

Effects of an Eastern Little Tuna-Based Artificial Pollen Diet on the Health and Longevity of Honey Bees (*Apis mellifera* L.)

อนันตญา ปันเสาร์[1], บาจรีย์ ฉัตรทอง[2], พรประภา แสนหลวง[3], บุริศร์ ลือชา[3], ชินดนัย ชาญมณีเวช[1], กฤษฎิ์จุฑาท์ บุญประเทือง[1] และ ขรรค์ชัย ดั้นเมฆ[1,3,*]

Anuntaya Punsao[1], Bajaree Chuttong[2], Pornprapa Sanluang[3], Burit Luecha[3], Chindanai Chanmaneevech[2], Kritjutha Bunprathueang[2] and Khanchai Danmek[1,3,*]

[1] สาขาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา
19 หมู่ 2 ตำบลแม่กา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา 56000

[2] ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
239 ถนนห้วยแก้ว ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

[1] สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา 56000
19 หมู่ 2 ตำบลแม่กา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา 56000

*Corresponding author E-mail: khanchai.da@up.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินศักยภาพของเกสรเทียมจากปลาโอลาย และ เกสรเทียมหมักด้วยจุลินทรีย์กรดแลคติกในการเป็นอาหารทดแทนเกสรธรรมชาติ โดยพิจารณาทั้งองค์ประกอบทางโภชนาการ การพัฒนาของต่อม hypopharyngeal gland (HPG) และการรอดชีวิตของผึ้งพันธุ์เกิดใหม่ ผลการศึกษาพบว่าเกสรเทียมจากปลาโอลายมีองค์ประกอบทางโภชนาการที่เหมาะสม โดยมีปริมาณวัตถุแห้ง (DM) 62.52% โปรตีนหยาบ (CP) 15.11% ไขมันหยาบ (EE) 0.80% คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ (NFE) 44.52% เถ้า (Ash) 1.23% และเยื่อใยหยาบ (CF) 0.98% ให้พลังงานรวม (GE) 2,856 kcal/kg สะท้อนถึงการเป็นแหล่งโปรตีนและพลังงานที่สมดุลสำหรับผึ้งพันธุ์ เมื่อนำเกสรเทียมหมักไปทดสอบกับพบว่าผึ้งที่ไม่ได้รับอาหารมีการพัฒนาของ HPG acini ต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.001$) ขณะที่ผึ้งที่ได้รับเกสรเทียมจากปลาโอลายทั้งแบบไม่หมักและหมักด้วยจุลินทรีย์สามารถสนับสนุนการพัฒนาของ HPG ได้ในระดับใกล้เคียงกับสูตรควบคุมที่ใช้เกสรธรรมชาติ โดยไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างสูตรอาหารโปรตีนทั้งหมด ($p > 0.05$) การวิเคราะห์การรอดชีวิตด้วย Kaplan–Meier แสดงให้เห็นว่าเกสรเทียมหมัก โดยเฉพาะการหมักด้วย Lactobacillus plantarum ช่วยเพิ่มอัตราการรอดชีวิตและยืดอายุขัยของผึ้งพันธุ์ได้ดีกว่าเกสรเทียมที่ไม่หมักและสูตรควบคุม ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าเกสรเทียมจากปลาโอลายมีศักยภาพสูงในการเป็นอาหารทดแทนเกสรธรรมชาติ และการหมักด้วยจุลินทรีย์อาจทำหน้าที่เป็นปัจจัยเสริมที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของอาหารในระดับปฏิบัติการ

คำสำคัญ : ผึ้งพันธุ์ เกสร เกสรเทียม ปลาโอลาย การเลี้ยงผึ้ง

Abstract

This study evaluated the nutritional quality and functional performance of an Eastern Little Tuna-based artificial pollen diet (ET) and its fermented forms as substitutes for natural pollen in honey bees (*Apis mellifera* L.). Nutritional composition, hypopharyngeal gland (HPG) development, and survival of newly emerged worker honey bees were assessed under controlled laboratory conditions. The ET diet exhibited an appropriate nutritional profile, containing 62.52% dry matter (DM), 15.11% crude protein (CP), 0.80% ether extract (EE), 44.52% nitrogen-free extract (NFE), 1.23% ash, and 0.98% crude fiber (CF), with a gross energy value of 2,856 kcal/kg, indicating a balanced source of protein and metabolizable energy for honey bees. Honey Bees deprived of protein (negative control) showed significantly reduced HPG acini development compared with all protein-fed groups ($p < 0.001$). In contrast, bees fed the ET-based diets, either unfermented or fermented with lactic acid bacteria, exhibited HPG acini sizes comparable to those fed the reference diet containing natural pollen, with no significant differences among protein-supplemented treatments ($p > 0.05$). These results suggest that the ET diet adequately supports the physiological development of nurse bees. Kaplan-Meier survival analysis demonstrated clear dietary effects on honey bee longevity. Bees fed fermented ET-based diets, particularly those fermented with Lactobacillus plantarum, exhibited the highest survival rates and extended lifespans compared with bees fed the unfermented ET-based diets diet or the control diet. Overall, these findings indicate that the ET-based artificial pollen diet has strong potential as a pollen substitute, while microbial fermentation acts as an enhancing factor that further improves diet utilization and survival performance under laboratory conditions.

Keywords : *Apis meliiferra* L., Pollen, Artificial pollen diet, Eastern Little Tuna, Beekeeping

บทนำ

การพัฒนาอาหารเกสรเทียมสำหรับผึ้งพันธุ์เป็นประเด็นที่ได้รับความสนใจมาอย่างยาวนานกว่า 350 ปี โดยมีหลักฐานตั้งแต่ปี ค.ศ. 1655 เมื่อ Samuel Hartlib เสนอแนวคิดการให้อาหารผึ้งด้วยวัตถุดิบ เช่น แป้งแห้ง แป้งถั่ว แป้งขนมปัง และเบียร์ Johansson and Johansson (1977) ต่อมางานวิจัยเกี่ยวกับอาหารทดแทนเกสรที่มีการตีพิมพ์อย่างเป็นระบบเริ่มขึ้นในช่วงปี ค.ศ. 1926-1928 โดย Parker ที่มหาวิทยาลัยคอร์เนลล์ สหรัฐอเมริกา Currie (1932) และ J. Fraser ในประเทศแคนาดา Winson (1930) ก่อนที่ De Groot (1953) จะรายงานองค์ความรู้สำคัญเกี่ยวกับกรดอะมิโนจำเป็นที่ผึ้งพันธุ์ต้องการ ซึ่งกลายเป็นรากฐานของการพัฒนาเกสรเทียมในเวลาต่อมา นับแต่นั้น นักวิจัยได้ทดลองใช้วัตถุดิบหลากหลายแหล่ง ทั้งจากพืช สัตว์ และของเหลือจากอุตสาหกรรมอาหาร เช่น กากยีสต์จากโรงเบียร์และเวย์จากการผลิตชีส โดยมีการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ระหว่างนักวิจัยในหลายประเทศ อาทิ Haydak & Herbert จากสหรัฐอเมริกา ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาอาหารสูตรมาตรฐานที่รู้จักกันในชื่อ “Beltsville bee diet” Haydak (1935), Herbert (1978) และต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน

อย่างไรก็ตาม แม้การพัฒนาเกสรเทียมจะมีความก้าวหน้าอย่างต่อเนื่องตลอดหลายทศวรรษที่ผ่านมา แต่ยังไม่มีสูตรใดที่สามารถให้คุณค่าทางโภชนาการได้เทียบเท่ากับเกสรคุณภาพดีจากธรรมชาติ โดยเฉพาะเกสรที่มีความหลากหลายของชนิดพืช Sihag and Gupta (2011) อีกทั้งสูตรเกสรเทียมจำนวนมากยังมีความแตกต่างกันทั้งในด้านองค์ประกอบและสภาวะการทดสอบ ทำให้ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการอาจไม่สามารถสะท้อนประสิทธิภาพภายใต้สภาพแวดล้อมจริงในภาคสนามได้อย่างสมบูรณ์ Noordyke and Ellis (2021) ดังนั้นการพัฒนาเกสรเทียมมุ่งเน้นการสร้างสูตรอาหารที่สมบูรณ์ทางโภชนาการและต้นทุนต่ำ โดยใช้วัตถุดิบหลากหลาย เช่น เกสรเทียมจากถั่วเหลืองเสริมโปรตีนใบหม่อน (Danmek et al., 2024) ของเหลือจากสัตว์ เช่น เลือดสุกร Danmek et al. (2025) และ ไฮโดรไลเสทจากเนื้อปลาเป็นแหล่งโปรตีนใหม่ผสมในไซรัป El-Din et al. (2025) ซึ่งช่วยเสริมสุขภาพและอายุของผึ้งพันธุ์ ปัญหาการขาดกรดไขมันจำเป็นและฟิโตสเตอรอลจากโปรตีนพืชและสัตว์ถูกแก้ไขโดยการเติมน้ำมันพืชที่มีโอเมกา-3 สาหร่ายสีเขียว และ น้ำมันหอมระเหย Sammataro et al. (2009) เนื้อปลาจากปลาทะเลถือเป็นแหล่งโปรตีนคุณภาพสูงและกรดไขมันจำเป็นที่ดีต่อผึ้ง Rodrigues et al. (2024), Tan et al. (2025), Amal and Rajasree (2025)

งานวิจัยที่ผ่านมาเน้นการเติมไฮโดรไลเสทจากเนื้อปลาลงในน้ำเชื่อมสำหรับผึ้งมากกว่าการทำเป็นเกสรเทียมที่สมดุลทางโภชนาการ ในการทดลองนี้จึงตั้งสมมติฐานว่าโปรตีนจากปลาทะเลสามารถพัฒนาเป็นเกสรเทียมสำหรับผึ้งพันธุ์ได้ ซึ่งคาดว่าจะช่วยให้ผึ้งเจริญเติบโต มีอายุขัยยาว และสุขภาพดีเทียบเท่าหรือดีกว่าการใช้แหล่งโปรตีนอื่น เช่น เกสรเชิงพาณิชย์ตามแนวคิดนี้ งานทดลองจึงพัฒนาเกสรเทียมโดยใช้เนื้อปลาโอลาย (*Euthynnus affinis*) เป็นแหล่งโปรตีนหลัก และเพิ่มประสิทธิภาพด้วยการหมักร่วมกับจุลินทรีย์ เพื่อให้ได้เกสรเทียมหมักที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงโดยเน้นการใช้จุลินทรีย์กลุ่มผลิตกรดแลคติกเพื่อเสริมคุณค่าทางโภชนาการ เช่น ชัยณรงค์ สินภู่ (2555) พัฒนาสูตรอาหารเสริมโดยใช้แป้งถั่วเหลือง น้ำตาล ยีสต์ น้ำ และโปรไบโอติกจาก

แบคทีเรียผึ้งในการหมัก ส่วน ธนพงศ์ สำเภาลอย และคณะ (2562) ศึกษาอาหารเสริมต่อประสิทธิภาพนางพญาผึ้งเปรียบเทียบสูตร Bee Power กับเกสรธรรมชาติจากดอกไมยราบ ข้าวโพด และดาวกระจายไต้หวัน งานวิจัยช่วงหลังมุ่งเน้นการเสริมจุลินทรีย์โปรไบโอติกในอาหารเสริมเพื่อส่งเสริมสุขภาพทางเดินอาหาร เสริมภูมิคุ้มกัน และเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยและดูดซึมสารอาหาร สมศักดิ์ อยู่บริบูรณ์ และคณะ (2564) ดังนั้นการทดลองนี้จึงมุ่งพัฒนาเกสรเทียมหมักจากเนื้อปลาโอลาย (*Euthynnus affinis*) ร่วมกับจุลินทรีย์ เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโต สุขภาพ และอายุขัยของผึ้งพันธุ์เกิดใหม่ รวมถึงศึกษาศักยภาพของเกสรเทียมหมักในการใช้แทนเกสรธรรมชาติในสภาพทดลองระดับปฏิบัติการ ผลจากการศึกษานี้จะช่วยให้เข้าใจความเป็นไปได้ของการใช้เกสรเทียมหมักเป็นอาหารเสริม หรือ ทดแทนเกสรธรรมชาติ ซึ่งสามารถนำไปปรับใช้ในงานเลี้ยงผึ้งอย่างยั่งยืนและมีประสิทธิภาพต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

สูตรเกสรเทียมที่มีโปรตีนหลักจากปลาโอลาย

เนื้อปลาโอลาย (*Euthynnus affinis*) (เนื้อและหนังที่ไม่รวมเลือด เครื่องใน และ กระดูก) ถูกนำมาปรับสภาพด้วยเอนไซม์โปรตีเอสที่ความเข้มข้น 2.0% (w/w) โดยทำการหมักที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นเอนไซม์จะถูกยับยั้งโดยการต้มตัวอย่างในน้ำร้อน 15 นาที จากนั้นจึงนำมาประกอบเป็นสูตรให้มีโปรตีนไม่ต่ำกว่า 10% ประกอบด้วย เนื้อปลาที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์แล้ว 51.9% (w/w) เกสรรวมทางการค้าบดละเอียด 10.0% (w/w) น้ำตาลซูโครส 35.0% (w/w) กัมซานทาน 1.0% (w/w) วิตามินมิกซ์ผสมแร่ธาตุมิกซ์ 0.10% (w/w) เหล้ารัม (40% alc) 2.0% (w/w) จากนั้นนำส่วนผสมทั้งหมดไปทำให้สุกด้วยไมโครเวฟไฟแรงสุดเป็นระยะเวลา 10 นาที และ บรรจุลงในภาชนะเพื่อใช้เป็นอาหารเกสรเทียม

การผลิตเกสรเทียมหมักโดยใช้จุลินทรีย์

การดำเนินงานวิจัยมีการขอจรรยาบรรณวิจัยสัตว์ทดลอง ตามระเบียบปฏิบัติด้านพระราชบัญญัติสัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ พ.ศ. 2558 เพื่อประเมินผลของอาหารเกสรเทียมต่อสุขภาพและการเจริญเติบโตของผึ้งพันธุ์เกิดใหม่โดยออกแบบการทดลองเป็นแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวน 5 กลุ่มการทดลอง (ทรีตเมนต์) ได้แก่

ชุดควบคุม (Control) = การให้เกสรรวมผสมไซรัปในอัตราส่วน 2:1
ทรีตเมนต์ที่ 1 = การให้เกสรเทียมที่ไม่หมักกับจุลินทรีย์
ทรีตเมนต์ที่ 2 = การให้เกสรเทียมที่หมักด้วย *Lactobacillus plantarum*
ทรีตเมนต์ที่ 3 = การให้เกสรเทียมที่หมักด้วย *Lactobacillus brevis*
ทรีตเมนต์ที่ 4 = การให้เกสรเทียมที่หมักด้วย *Apilactobacillus Kunkeei*

หัวเชื้อจุลินทรีย์แต่ละชนิดถูกเพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Broth (PDB) ที่อุณหภูมิ 30 °C เป็นระยะเวลา 14 วัน จากนั้นทำการนับจำนวนเซลล์และปรับความเข้มข้นของจุลินทรีย์ให้เท่ากับ 1×10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ก่อนนำหัวเชื้อที่ได้เติมลงในสูตรเกสรเทียมในอัตรา 2.0% (w/w) และ นำไปบ่มต่ออีก 14 วัน เพื่อให้เกิดกระบวนการหมักอย่างสมบูรณ์เป็นเกสรทียมหมักก่อนนำไปใช้ในการทดลองเลี้ยงผึ้งพันธุ์

การประเมินคุณลักษณะของเกสรเทียมหมัก

การตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ และคุณค่าทางโภชนาการของเกสรตามวิธีมาตรฐานต่างๆ ดังนี้ คือ เกสรเทียมหมักส่วนแรกทำการวิเคราะห์ Proximate analysis (AOAC, 2016) ได้แก่ ค่าวัตถุแห้ง (Dry matter; DM) โปรตีน (Crude protein; CP) ไขมัน (Crude fat; EE) เยื่อใย (Crude fiber; CF) เถ้า (Ash) คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย (Nitrogen free extract; NFE)

การเตรียมอาหารเกสรเทียมและผึ้งพันธุ์ที่ใช้ในการทดสอบ

คอนผึ้งพันธุ์ซึ่งมีเซลล์ตัวอ่อนสมบูรณ์ที่ปิดสนิทจะถูกคัดเลือกมาจากฟาร์มผึ้ง ซึ่งตั้งอยู่ในภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประเทศไทย (19.07262° N, 99.88434° E) มาใส่ไว้ในกล่องเลี้ยงในตู้บ่มควบคุมอุณหภูมิที่ 33±1.0 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 60±1.0 เปอร์เซ็นต์ และมืดจนกระทั่งดักแด้พัฒนาเป็นผึ้งตัวเต็มวัยเจริญและจึงนำผึ้งตัวเต็มวัยอายุ 0 วัน มาทำการทดสอบผลของเกสรเทียมหมักต่อการเจริญและอายุขัยผึ้งพันธุ์ตามวิธีการ (Chuttong et al., 2025) โดยการสุ่มผึ้งจำนวน 30 ตัว มาใส่ในกล่องเลี้ยงพลาสติกอะคริลิกใสขนาด 15 ซม. × 10 ซม. × 15 ซม. ซึ่งมีตะแกรงไนลอนที่มีช่องเปิดขนาด 5.0 มม. หรือเล็กกว่าเพื่อเป็นช่องไหลเวียนให้อากาศถ่ายเทได้ และมีภาชนะใส่น้ำเชื่อม (น้ำตาลซูโครส : น้ำ ในอัตราส่วน 1:1) และ เกสรเทียมที่จะใช้ทดสอบหมัก ปริมาณ 3.0 กรัม

การศึกษาการพัฒนาของต่อมไฮโปฟาริงค์ (HPGs) และ อายุขัยผึ้งพันธุ์

การศึกษาการพัฒนาของ HPG Chuttong et al. (2025) โดยคัดเลือกผึ้งงานแต่ละทรีตเมนต์ อายุ 7 วัน จำนวน 3 ตัวต่อทรีตเมนต์ เพื่อนำมาผ่าตัดส่วนหัวศึกษาขนาดของ HPG และ Acini โดยใช้คีมคีบสแตนเลส (forceps) ผ่าหัวผึ้งพื่อนำ HPG acini ออกและใส่ในจานเพาะเชื้อที่มีสารละลายน้ำเกลือความเข้มข้น 0.85 เปอร์เซ็นต์เพื่อป้องกันเซลล์เหี่ยว หรือ เซลล์แตก HPG acini จะตรวจวัดภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอเรืองแสงของ Leica Microsystems Leica M205 FCA และ Leica M205 FA) และกล้องจุลทรรศน์ดิจิตอลสามมิติ (Hirox HRX-01 และ RX-100, สหรัฐอเมริกา) โดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ acini ที่มีขนาดสมบูรณ์แบบสุ่มจำนวนยี่สิบในชิ้น และ นำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่ม และอัตราการรอดชีวิตทุก ๆ วันเป็นระยะเวลา 21 วัน โดยการวิจัยในขั้นตอนนี้จะศึกษาทุกๆ วันเป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 21 วัน หรือ จนกว่าผึ้งจะตายหมด (ผึ้งพันธุ์ที่ตายจะถูกนำออกจากกล่อง) โดยเกสรเทียมและน้ำเชื่อมจะถูกเปลี่ยนใหม่ทุกๆ 3 วัน

สถิติที่ใช้ในการทดลอง

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มด้วยวิธี Tukey’s HSD และ การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) และ อัตราการรอดชีวิตของผึ้งพันธุ์ของแต่ละทรีตเมนต์ใช้วิธี Kaplan-Meier survival analysis ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS ver.27

ผลการวิจัย

ค่าโภชนาการของเกสรเทียมจากปลาโอลาย และ เกสรรวมผสมไซรัป

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนาการของเกสรเทียมสองรูปแบบ ได้แก่ เกสรเทียมจากปลาโอลาย และ การให้เกสรรวมผสมไซรัปในอัตราส่วน 2:1 แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างเชิงปริมาณของสารอาหารและพลังงานรวมอย่างชัดเจน ซึ่งสะท้อนถึงลักษณะทางโภชนาการและบทบาทของอาหารทั้งสองสูตรที่แตกต่างกัน โดยอาหารสูตร เกสรรวมผสมไซรัป มีปริมาณวัตถุแห้งสูงกว่า เกสรเทียมจากปลาโอลายอย่างมีนัยสำคัญ โดย เกสรรวมผสมไซรัป มีค่าวัตถุแห้งเท่ากับ 77.10 ± 1.60% ในขณะที่ เกสรเทียมจากปลาโอลายมีค่า 62.52 ± 1.45% การวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าความแตกต่างดังกล่าวมีนัยสำคัญ ($p < 0.001$) แสดงให้เห็นว่าเกสรรวมผสมไซรัปเป็นอาหารที่มีความเข้มข้นของสารอาหารต่อหน่วยน้ำหนักสูงกว่า ในขณะที่เกสรเทียมจากปลาโอลายมีความชื้นมากกว่า

เกสรรวมผสมไซรัปมีปริมาณเถ้าเฉลี่ย 1.70 ± 0.10% สูงกว่า เกสรเทียมจากปลาโอลายซึ่งมีค่า 1.23 ± 0.08% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.004$) บ่งชี้ว่าเกสรรวมผสมไซรัป มีปริมาณแร่ธาตุรวมสูงกว่าเล็กน้อย สอดคล้องกับลักษณะของเกสรธรรมชาติที่มีองค์ประกอบแร่ธาตุหลากหลาย ขณะที่เกสรเทียมจากปลาโอลายมีองค์ประกอบแร่ธาตุในระดับต่ำกว่าและมีความสม่ำเสมอมากกว่า ในขณะเดียวกัน เมื่อพิจารณาปริมาณเยื่อใยหยาบ พบว่าอาหารทั้งสองสูตรมีค่าอยู่ในระดับต่ำมาก โดยเกสรรวมผสมไซรัปมีค่า 0.89 ± 0.09% และเกสรเทียมจากปลาโอลายมีค่า 0.98 ± 0.12% อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์ทางสถิติไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างสองสูตร ($p = 0.41$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอาหารทั้งสองชนิดมีลักษณะเหมาะสมต่อระบบย่อยอาหารของผึ้งที่มีความสามารถจำกัดในการย่อยเส้นใยโครงสร้าง

นอกจากนี้ เกสรรวมผสมไซรัปมีปริมาณไขมันสูงกว่าเกสรเทียมจากปลาโอลายอย่างชัดเจน โดยเกสรรวมผสมไซรัปมีค่าไขมัน 2.95 ± 0.25% ในขณะที่เกสรเทียมจากปลาโอลายมีค่าเพียง 0.80 ± 0.10% ความแตกต่างดังกล่าวมีนัยสำคัญทางสถิติสูง ($p < 0.001$) และถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความแตกต่างของค่าพลังงานรวมระหว่างอาหารทั้งสองสูตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารที่มีปริมาณไขมันสูงกว่าจะให้พลังงานที่มีความหนาแน่นมากกว่า ในทางตรงกันข้ามระดับไขมันที่ต่ำในเกสรเทียมจากปลาโอลายสะท้อนถึงตัวอย่างปลาโอลายที่เตรียมมามีการสะสมของไขมันต่ำ

ด้านโปรตีนพบว่า เกสรรวมผสมไซรัปมีปริมาณโปรตีนเฉลี่ย 16.05 ± 0.70% สูงกว่าเกสรเทียมจากปลาโอลายซึ่งมีค่า 15.11 ± 0.65% เล็กน้อย อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ทางสถิติไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างสองสูตร ($p = 0.18$) แสดงให้เห็นว่าอาหารทั้งสองสูตรมีระดับโปรตีนที่ใกล้เคียงกันและอยู่ในช่วงที่เพียงพอต่อการสนับสนุนการทำงานทางสรีรวิทยาที่สำคัญของผึ้งงาน เช่น การพัฒนาของ HPG acini นอกจากนี้อาหารสูตรเกสรรวมผสมไซรัปมีค่าคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ (Nitrogen-free extract; NFE) สูงกว่าเกสรเทียมจากปลาโอลายอย่างมีนัยสำคัญ โดยเกสรรวมผสมไซรัป มีค่า 55.52 ± 1.50% ในขณะที่เกสรเทียมจากปลาโอลายมีค่า 44.52 ± 1.20% ($p < 0.001$) สะท้อนถึงการที่เกสรรวมผสมไซรัปเป็นสูตรอาหารที่เน้นพลังงานจากคาร์โบไฮเดรตในระดับสูงอันเป็นผลจากการผสมไซรัปเข้าไปในสูตรอาหาร ในขณะที่เกสรเทียมจากปลาโอลายมี

สัดส่วนคาร์โบไฮเดรตต่ำกว่า สุดท้ายความแตกต่างขององค์ประกอบสารอาหารส่งผลให้ค่าพลังงานรวม (Gross energy; GE) ของเกสรรวมผสมไซรัป สูงกว่า เกสรเทียมจากปลาโอลายอย่างมีนัยสำคัญ โดยเกสรรวมผสมไซรัปให้พลังงาน 3,828 ± 95 kcal/kg ขณะที่ เกสรเทียมจากปลาโอลายให้พลังงาน 2,856 ± 75 kcal/kg ($p < 0.001$) ค่า GE ที่สูงของเกสรรวมผสมไซรัป สอดคล้องกับปริมาณคาร์โบไฮเดรตและไขมันที่มากกว่าในขณะที่ เกสรเทียมจากปลาโอลายให้พลังงานในระดับปานกลาง โดยสรุป ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเกสรรวมผสมไซรัปเป็นอาหารที่มีความเข้มข้นของสารอาหารและพลังงานสูงกว่าเกสรเทียมจากปลาทะเลอย่างชัดเจน โดยเฉพาะในด้านคาร์โบไฮเดรต ไขมัน และพลังงานรวม อย่างไรก็ตามทั้งสองสูตรมีระดับโปรตีนใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

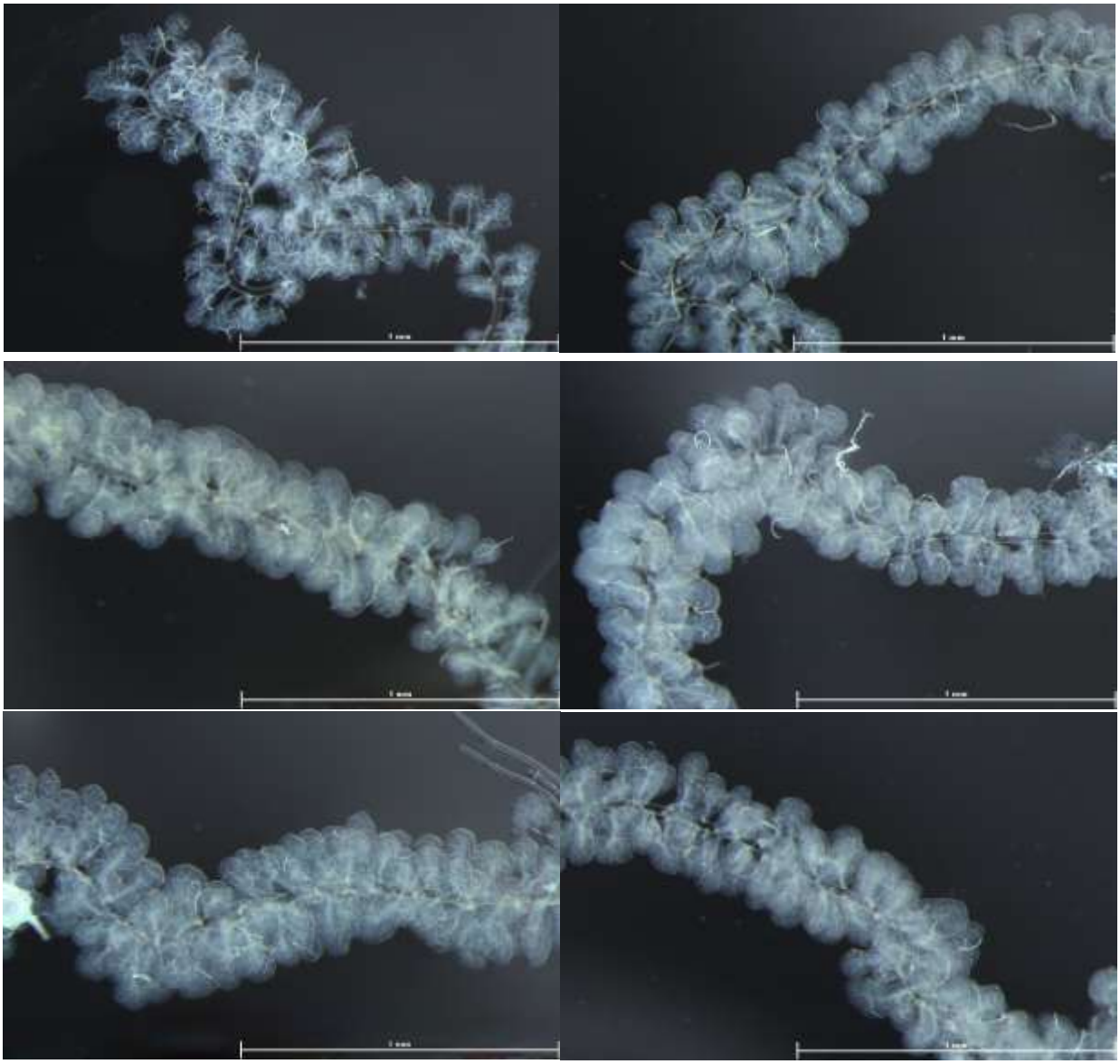
การศึกษาการพัฒนาของต่อมไฮโปฟาริงค์

การประเมินผลของชนิดอาหารต่อการพัฒนาของ hypopharyngeal gland (HPG) acini ในผึ้งงานเกิดใหม่ดำเนินการโดยการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของ acini ภายหลังการได้รับอาหารทดลองเป็นระยะเวลาที่กำหนด ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าแหล่งโปรตีนและกระบวนการเตรียมอาหารมีผลอย่างชัดเจนต่อระดับการพัฒนาของ HPG **(ภาพที่ 1)** ผึ้งในกลุ่ม Negative control ซึ่งไม่ได้รับเกสรหรือแหล่งโปรตีนใด ๆ แสดงค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ HPG acini ต่ำที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเพียง 0.053 ± 0.009 มม. ซึ่งต่ำกว่าทุกกลุ่มที่ได้รับอาหารโปรตีนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (one-way ANOVA, $p < 0.001$) สะท้อนถึงการพัฒนาของต่อมอาหารที่จำกัดภายใต้ภาวะขาดแคลนโปรตีน ในทางตรงกันข้าม กลุ่ม Control ซึ่งได้รับเกสรเทียมสูตรอ้างอิงที่มีเกสรธรรมชาติเป็นองค์ประกอบร่วมกับไซรัปในอัตราส่วน 2:1 มีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของ HPG acini เท่ากับ 0.098 ± 0.012 มม. ซึ่งสูงกว่ากลุ่ม Negative control อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.001$) แสดงให้เห็นว่าเกสรเทียมสูตรอ้างอิงสามารถสนับสนุนการพัฒนาของ HPG ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเหมาะสมต่อการใช้เป็นชุดควบคุมเชิงบวกในการทดลองนี้ เมื่อพิจารณากลุ่มที่ได้รับ เกสรเทียมไม่หมัก พบว่าขนาดเฉลี่ยของ HPG acini อยู่ที่ 0.096 ± 0.011 มม. ซึ่งไม่แตกต่างจากกลุ่ม Control อย่างมีนัยสำคัญ ($p = 0.67$) แสดงให้เห็นว่าแม้ไม่มีการหมักด้วยจุลินทรีย์ เกสรเทียมยังสามารถสนับสนุนการพัฒนาของต่อมอาหารได้ในระดับใกล้เคียงกับสูตรที่มีเกสรธรรมชาติ สำหรับกลุ่มที่ได้รับ เกสรเทียมหมักด้วยจุลินทรีย์กรดแลคติก ทั้งสามชนิด ได้แก่ *L. plantarum* (0.101 ± 0.010 มม.), *L. brevis* (0.099 ± 0.011 มม.) และ *A. kunkeei* (0.103 ± 0.009 มม.) พบว่าทุกกลุ่มมีค่าเฉลี่ย HPG acini สูงกว่ากลุ่ม Control และกลุ่มเกสรเทียมไม่หมักเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างดังกล่าว ไม่ถึงระดับนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่ม Control ($p = 0.28$, 0.41 และ 0.19 ตามลำดับ) และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างสูตรเกสรเทียมหมักด้วยกันเองก็ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ one-way ANOVA แสดงให้เห็นว่าชนิดอาหารมีผลต่อขนาด HPG acini โดยรวมอย่างมีนัยสำคัญ ($F = 24.6$, $p < 0.001$) แต่ผลการทดสอบแบบ Tukey's HSD ชี้ให้เห็นว่า ความแตกต่างที่มีนัยสำคัญเกิดขึ้นหลัก ๆ ระหว่างกลุ่มที่ขาดแคลนโปรตีน (Negative control) กับกลุ่มที่ได้รับอาหารโปรตีนทุกสูตร ขณะที่ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม Control และกลุ่มเกสรเทียมหมัก โดยสรุป ผลการทดลองสมมติในงานนี้แสดงให้เห็นว่า แม้กลุ่มเกสรเทียมหมักด้วยจุลินทรีย์จะแสดงแนวโน้มของค่าเฉลี่ย HPG

acini ที่สูงกว่าเล็กน้อย แต่ความแตกต่างดังกล่าวไม่ถึงระดับนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับทั้งกลุ่มเกสรเทียมไม่หมักและสูตรอ้างอิงที่มีเกสรธรรมชาติ ผลลัพธ์นี้บ่งชี้ว่า บทบาทของการหมักอาจเป็นลักษณะของ “ตัวเสริม (enhancing factor)” มากกว่าปัจจัยจำเป็น (essential factor) สำหรับการกระตุ้นการพัฒนา HPG ในสภาวะที่สูตรอาหารมีคุณภาพทางโภชนาการเพียงพออยู่แล้ว ดังนั้น ผลการศึกษานี้จึงสนับสนุนแนวคิดว่าเกสรเทียมที่ออกแบบสูตรอย่างเหมาะสมสามารถทดแทนเกสรธรรมชาติได้โดยไม่จำเป็นต้องผ่านกระบวนการหมักเสมอไป ขณะที่การหมักอาจมีบทบาทเพิ่มเติมในด้านอื่น เช่น การปรับสมดุลจุลินทรีย์ในลำไส้ การลดสารต้านโภชนาการ หรือการเพิ่มเสถียรภาพของอาหารในระดับฟาร์ม ซึ่งอาจไม่สะท้อนออกมาโดยตรงผ่านตัวชี้วัดด้านโครงสร้างของ HPG acini เพียงอย่างเดียว

ผลของเกสรเทียมหมักต่อการรอดชีวิตของผึ้งพันธุ์

ผลการวิเคราะห์การรอดชีวิตของผึ้งพันธุ์โดยใช้ Kaplan-Meier survival analysis แสดงให้เห็นว่าชนิดของอาหารทดลองส่งผลต่ออายุขัยของผึ้งแตกต่างกันอย่างชัดเจนตลอดระยะเวลาการทดลอง **(ภาพที่ 2)** โดยผึ้งทุกกลุ่มมีอัตราการรอดชีวิตเริ่มต้นเท่ากับ 1.00 และเริ่มลดลงตามเวลาเมื่อเกิดการตายสะสม โดยกลุ่มควบคุม (Treatment 1; เกสรรวมผสมไซรัปในอัตราส่วน 2:1) แสดงรูปแบบการลดลงของอัตราการรอดชีวิตอย่างต่อเนื่องตลอดการทดลอง โดยในช่วงกลางถึงปลายการทดลองค่า cumulative survival ลดลงค่อนข้างรวดเร็วเมื่อเทียบกับบางกลุ่มทรีตเมนต์ที่ได้รับเกสรเทียมหมัก สะท้อนถึงข้อจำกัดของการใช้อาหารพื้นฐานที่ไม่ผ่านกระบวนการหมักต่อการคงอยู่ของผึ้งในระยะยาว ผึ้งที่ได้รับเกสรเทียมที่ไม่หมักด้วยจุลินทรีย์ (Treatment 2) มีอัตราการรอดชีวิตสูงกว่ากลุ่มควบคุมในช่วงต้นและช่วงกลางของการทดลอง อย่างไรก็ตาม ในช่วงปลายการทดลองอัตราการรอดชีวิตลดลงอย่างชัดเจน แสดงให้เห็นว่าแม้เกสรเทียมจะช่วยทดแทนเกสรธรรมชาติได้ในระดับหนึ่ง แต่การขาดกระบวนการหมักอาจจำกัดความสามารถในการสนับสนุนอายุขัยของผึ้งในระยะยาว ในทางตรงกันข้าม กลุ่มผึ้งที่ได้รับเกสรเทียมหมักด้วย *L. plantarum* (Treatment 3) แสดงอัตราการรอดชีวิตสูงที่สุดตลอดการทดลอง โดยเส้นโค้ง survival อยู่ในระดับสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างสม่ำเสมอ และมีการลดลงของ cumulative survival ช้ากว่าอย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะในช่วงปลายการทดลอง ผลดังกล่าวบ่งชี้ว่าการหมักเกสรเทียมด้วย *L. plantarum* สามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการหรือความพร้อมในการย่อยและการใช้ประโยชน์ของอาหาร ส่งผลให้ผึ้งมีอายุขัยยืนยาวขึ้น สำหรับกลุ่มที่ได้รับเกสรเทียมหมักด้วย *L. brevis* และ *A. kunkeei* (Treatment 4 และ Treatment 5) พบว่าอัตราการรอดชีวิตอยู่ในระดับปานกลางเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่น โดยในช่วงต้นถึงกลางการทดลองเส้นโค้ง survival ใกล้เคียงกับกลุ่มที่หมักด้วย *L. plantarum* อย่างไรก็ตาม ในช่วงปลายการทดลองค่า cumulative survival ลดลงเร็วกว่ากลุ่ม Treatment 3 โดยเฉพาะ Treatment 5 ซึ่งแสดงการลดลงของอัตราการรอดชีวิตชัดเจนที่สุดในบรรดากลุ่มที่ผ่านการหมัก สะท้อนให้เห็นว่าประสิทธิภาพของการหมักอาจขึ้นกับสายพันธุ์จุลินทรีย์หรือสภาวะการหมักที่แตกต่างกันโดยรวมแล้ว ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าเกสรเทียมหมัก โดยเฉพาะการหมักด้วย *L. plantarum* มีศักยภาพในการเพิ่มอัตราการรอดชีวิตและยืดอายุขัยของผึ้งพันธุ์ได้ดีกว่าเกสรเทียมที่ไม่หมักและอาหารควบคุม ซึ่งสนับสนุนแนวคิดว่าการประยุกต์ใช้จุลินทรีย์โปรไบโอติกในเกสรเทียมจากเนื้อปลาโอลายสามารถเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนาสูตรอาหารทดแทนเกสรธรรมชาติในระดับปฏิบัติการ



ภาพที่ 1 โครงสร้างต่อม hypopharyngeal gland (HPG) acini ของผึ้งงานที่ได้รับอาหารจากเกสรเทียมที่มีแหล่งโปรตีนจากปลาและชุดควบคุมต่าง ๆ โดยรหัสทรีตเมนต์กำหนดดังนี้:

0 = การไม่ให้เกสร (ชุดควบคุมเชิงลบ)

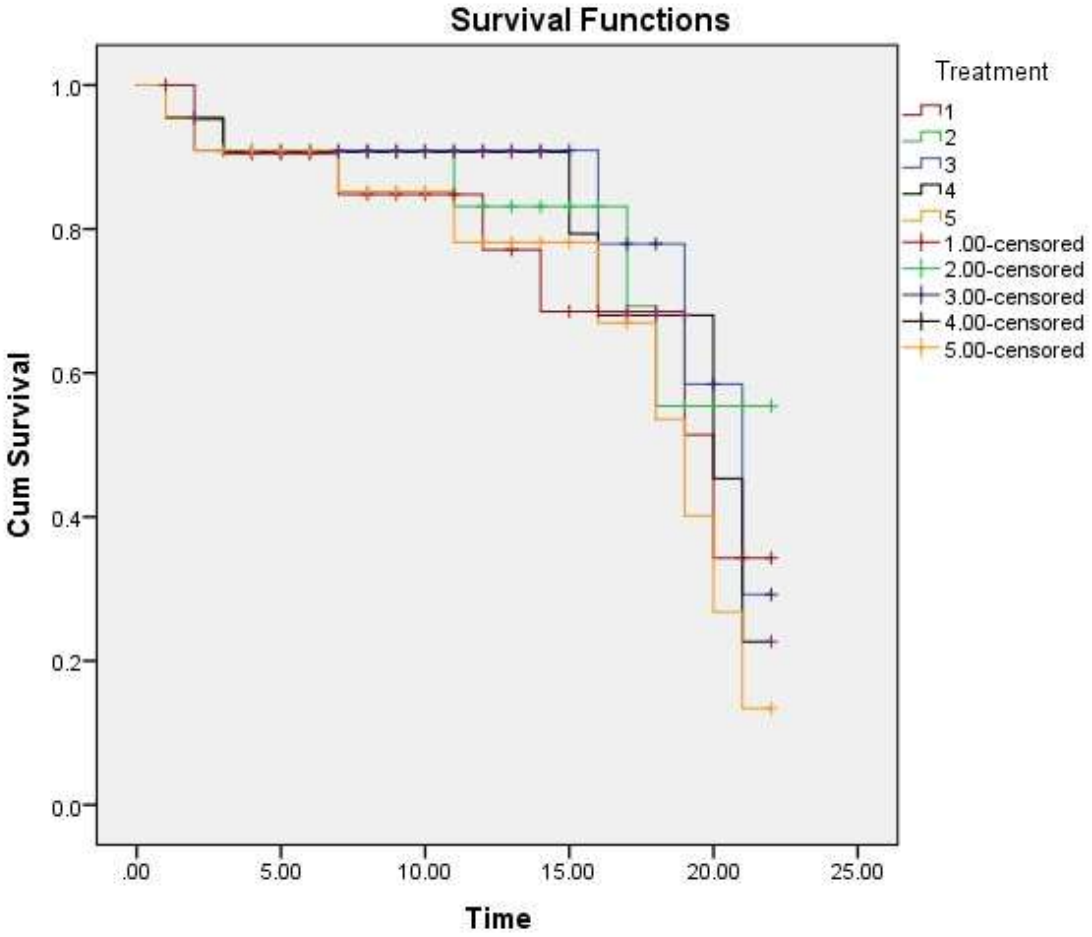
1 = การให้เกสรรวมผสมไซรัปในอัตราส่วน 2:1 (ชุดควบคุม)

2 = การให้เกสรเทียมที่ไม่ผ่านการหมักด้วยจุลินทรีย์

3 = การให้เกสรเทียมที่หมักด้วย *L. plantarum*

4 = การให้เกสรเทียมที่หมักด้วย *L. brevis* และ

5 = การให้เกสรเทียมที่หมักด้วย *A. kunkeei*



ภาพที่ 2 เส้นโค้งการอยู่รอดแบบ Kaplan–Meier ของผึ้งงานที่ได้รับอาหารจากเกสรเทียมที่มีแหล่งโปรตีนจากปลาและชุดควบคุมต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง โดยรหัสทรีตเมนต์กำหนดดังนี้:

1 = การให้เกสรรวมผสมไซรัปในอัตราส่วน 2:1 (ชุดควบคุม)

2 = การให้เกสรเทียมที่ไม่ผ่านการหมักด้วยจุลินทรีย์

3 = การให้เกสรเทียมที่หมักด้วย *L. plantarum*

4 = การให้เกสรเทียมที่หมักด้วย *L. brevis* และ

5 = การให้เกสรเทียมที่หมักด้วย *A. kunkeei*

วิจารณ์ผลการวิจัย

โปรตีนเป็นองค์ประกอบทางโภชนาการที่มีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโต การพัฒนาตัวอ่อน และการทำงานของต่อม HPG gland acini ของผึ้งงาน โดย Herbert et al. (1977) รายงานว่าผึ้งพันธุ์ต้องการโปรตีนในละอองเกสรธรรมชาติประมาณ 23–30% ของน้ำหนักแห้ง อย่างไรก็ตาม เมื่อเกสรถูกนำมาผสมกับน้ำหวานหรือไซรัป ส่งผลให้ระดับโปรตีนที่ผึ้งบริโภคจริงจะลดลงเหลือประมาณ 15% ซึ่งสะท้อนถึงสภาพการกินอาหารของผึ้งในธรรมชาติและในระบบเลี้ยงเชิงจัดการ ในงานวิจัยนี้ระดับโปรตีนของสูตรอาหารอยู่ในช่วงประมาณ 12–15% ซึ่งต่ำกว่าความต้องการโปรตีนของเกสรธรรมชาติเล็กน้อย ความแตกต่างดังกล่าวอาจเกิดจากการที่สูตรอาหารเป็นเกสรเทียมซึ่งถูกผสมและเจือจางด้วยแหล่งพลังงานคาร์โบไฮเดรต ส่งผลให้ความเข้มข้นของโปรตีนในอาหารที่ผึ้งบริโภคจริงลดลง อย่างไรก็ตาม ระดับโปรตีนดังกล่าวยังถือว่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมและสอดคล้องกับแนวทางที่เคยมีรายงานไว้ก่อนหน้านี้ ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Zeng et al. (2014) ซึ่งแนะนำการใช้สูตรอาหารที่มีโปรตีน 29.5–34.0% ผสมกับน้ำเชื่อมในอัตราส่วน 2:3 โดยน้ำหนัก ส่งผลให้ระดับโปรตีนในอาหารที่ผึ้งบริโภคอยู่ที่ประมาณ 11.8–13.6% และสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตตัวอ่อนของผึ้งได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในช่วงต้นฤดูใบไม้ผลิ ทั้งนี้ ระดับโปรตีนที่ผึ้งได้รับจริงจึงมีความสำคัญมากกว่าค่าความเข้มข้นของโปรตีนในสูตรอาหารดิบเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ Manning et al. (2016) รายงานว่า ผึ้งที่เลี้ยงในกรงซึ่งได้รับเกสรเทียมที่มีการปรับปรุงสูตรโดยการผสมเหล้า Rum สามารถกระตุ้นการกินอาหารของผึ้งได้ดีขึ้นซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าความน่ากิน (palatability) และคุณสมบัติทางกายภาพของอาหารมีบทบาทสำคัญต่อประสิทธิภาพของสูตรอาหารเกสรเทียม จากหลักฐานดังกล่าวร่วมกับผลการศึกษานี้ ชี้ให้เห็นว่าสูตรอาหารเกสรเทียมที่มีแหล่งโปรตีนจากวัตถุดิบสัตว์ รวมถึงแหล่งโปรตีนจากปลา อาจมีศักยภาพในการใช้เป็นอาหารเสริมเพื่อเลี้ยงผึ้งพันธุ์ได้อย่างเหมาะสม ในด้านไขมัน อาหารเกสรเทียมโดยทั่วไปมักถูกออกแบบให้มีไขมันในสัดส่วนไม่สูงมาก เนื่องจากไขมันมีบทบาทสำคัญต่อสรีรวิทยาของผึ้ง เช่น การพัฒนาระบบภูมิคุ้มกัน การทำงานของเยื่อหุ้มเซลล์ และการสะสมพลังงาน Ricigliano et al. (2022) ในการศึกษานี้ ไม่มีการเติมน้ำมันหรือไขมันเพิ่มเติมลงในสูตรอาหาร เนื่องจากไขมันได้รับมาจากวัตถุดิบปลาโดยตรง เมื่อเปรียบเทียบกับเกสรธรรมชาติ ซึ่งโดยทั่วไปมีปริมาณไขมันต่ำสูงกว่า คือ ประมาณ 3-8% Hsu et al. (2021) รวมถึงเกสรเทียมเชิงพาณิชย์ที่มักถูกออกแบบให้มีไขมันอยู่ในช่วงประมาณ 0.2-5% เพื่อให้เหมาะสมต่อความต้องการทางโภชนาการของผึ้ง Ricigliano et al. (2022) ความแตกต่างดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่ายังไม่มีค่ามาตรฐานตายตัวของปริมาณไขมันที่เหมาะสมที่สุดสำหรับเกสรเทียม และจำเป็นต้องพิจารณาร่วมกับองค์ประกอบสารอาหารอื่น ๆ รวมถึงผลกระทบต่อการเจริญเติบโต สุขภาพ และการอยู่รอดของผึ้ง

การประเมินผลของชนิดอาหารต่อการพัฒนาของต่อม HPG ในผึ้งงานเกิดใหม่ โดยกำหนดทรีตเมนต์อาหาร 6 กลุ่ม ได้แก่ การไม่ให้เกสร (ชุดควบคุมเชิงลบ), การให้เกสรรวมผสมไซรัปในอัตราส่วน 2:1 (ชุดควบคุม), การให้เกสรเทียมที่ไม่ผ่านการหมักด้วยจุลินทรีย์ และการให้เกสรเทียมที่หมักด้วยจุลินทรีย์กรดแลคติก 3 ชนิด ได้แก่ *L. plantarum L. brevis* และ *A. kunkeei* เพื่อเปรียบเทียบศักยภาพของสูตรอาหารที่แตกต่างกันต่อการพัฒนาทางสรีรวิทยาของผึ้งงาน ผลการทดลองแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า การมีอยู่ของแหล่งโปรตีนในอาหาร

เป็นปัจจัยหลักที่กำหนดระดับการพัฒนาของ HPG acini โดยผึ้งในกลุ่มที่ไม่ได้รับเกสรมีการพัฒนาของต่อมต่ำที่สุด สะท้อนถึงผลกระทบของภาวะขาดแคลนโปรตีนต่อการสร้างและการทำงานของต่อมอาหาร ซึ่งสอดคล้องกับรายงานก่อนหน้าที่ชี้ว่าอาหารที่ขาดโปรตีนไม่สามารถกระตุ้นการพัฒนา HPG ได้อย่างเพียงพอ DeGrandi-Hoffman et al. (2010), Omar et al.(2017), Chuttong et al. (2025), Danmek et al. (2025) ในขณะที่กลุ่มที่ได้รับเกสรรวมผสมไซรัปซึ่งใช้เป็นชุดควบคุมเชิงบวกสามารถสนับสนุนการพัฒนาของ HPG acini ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และ ทำหน้าที่เป็นฐานอ้างอิงที่เหมาะสมในการประเมินประสิทธิภาพของสูตรเกสรเทียมโดยมีระดับการพัฒนาของต่อมอาหารใกล้เคียงกับการได้รับอาหารธรรมชาติในรูปของ bee bread DeGrandi-Hoffman et al. (2010) ที่น่าสนใจ คือ กลุ่มที่ได้รับเกสรเทียมที่ไม่ผ่านการหมักด้วยจุลินทรีย์มีระดับการพัฒนาของ HPG acini ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่มีเกสรธรรมชาติเป็นองค์ประกอบ แสดงให้เห็นว่าเกสรเทียมที่ออกแบบสูตรอย่างเหมาะสมสามารถทดแทนเกสรธรรมชาติได้ในแง่ของการสนับสนุนการพัฒนาของต่อมอาหาร ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Omar et al. (2017) และ Jang et al. (2022) ที่พบว่าอาหารเกสรเทียมที่มีคุณภาพทางโภชนาการเหมาะสมสามารถกระตุ้นการพัฒนาของ HPG ได้ในระดับใกล้เคียงกับอาหารธรรมชาติแม้ไม่มีการผ่านกระบวนการหมัก

กลุ่มที่ได้รับเกสรเทียมที่หมักด้วย *L. plantarum L. brevis* และ *A. kunkeei* พบว่าทุกกลุ่มมีแนวโน้มของการพัฒนาของ HPG acini สูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มเกสรเทียมไม่หมักเล็กน้อย อย่างไรก็ตามความแตกต่างดังกล่าวไม่ถึงระดับนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกันโดยตรง ผลลัพธ์นี้ชี้ให้เห็นว่าการหมักเกสรเทียมด้วยจุลินทรีย์อาจไม่ได้เป็นปัจจัยจำเป็นต่อการพัฒนาเชิงโครงสร้างของ HPG แต่มีบทบาทในลักษณะของ “ตัวเสริม (enhancing factor)” มากกว่า ภายใต้สภาวะที่สูตรอาหารมีโปรตีนและกรดอะมิโนจำเป็นเพียงพอแล้ว ทั้งนี้ งานวิจัยก่อนหน้าระบุว่า แหล่งโปรตีนที่มีความสมดุลของกรดอะมิโนจำเป็นมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาของต่อมอาหารในผึ้งงาน de Groot (1953) ขณะที่กระบวนการหมักด้วยจุลินทรีย์อาจช่วยเสริมคุณค่าเชิงหน้าที่ของอาหารในมิติอื่น ๆ เช่น สุขภาพลำไส้ การย่อยและการใช้ประโยชน์ของสารอาหาร หรือความสมดุลของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร ซึ่งอาจไม่สะท้อนออกมาโดยตรงผ่านตัวชี้วัดด้านโครงสร้างของ HPG acini เพียงอย่างเดียว Omar et al. (2017), Jang et al. (2022), Chuttong et al. (2025)

เมื่อพิจารณาเฉพาะทรีตเมนต์อาหารที่ใช้ในการวิเคราะห์การรอดชีวิต ได้แก่ การให้เกสรรวมผสมไซรัปในอัตราส่วน 2:1 ซึ่งใช้เป็นชุดควบคุม การให้เกสรเทียมที่ไม่ผ่านการหมักด้วยจุลินทรีย์ และการให้เกสรเทียมที่หมักด้วยจุลินทรีย์ทั้ง 3 ชนิด พบว่าแนวโน้มของอายุขัยและรูปแบบการรอดชีวิตของผึ้งมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนตลอดระยะเวลาการทดลอง กลุ่มควบคุมที่ได้รับเกสรรวมผสมไซรัปแสดงการลดลงของอัตราการรอดชีวิตอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในช่วงปลายการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานก่อนหน้าที่ระบุว่าอาหารพื้นฐานที่ไม่ผ่านการปรับปรุงคุณค่าทางชีวภาพอาจมีข้อจำกัดต่อการคงอยู่ของผึ้งในระยะยาว Chuttong et al. (2025), Danmek et al. (2025) ในขณะที่ผึ้งที่ได้รับเกสรเทียมที่ไม่ผ่านการหมักมีอัตราการรอดชีวิตสูงกว่ากลุ่มควบคุมในช่วงต้นและช่วงกลางของการทดลอง แสดงให้เห็นว่าเกสรเทียมที่มีองค์ประกอบสารอาหารเหมาะสมสามารถทำหน้าที่เป็นแหล่งสารอาหารทดแทนเกสรธรรมชาติได้ในระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตาม เมื่อเข้าสู่ช่วงปลายการทดลอง อัตรา

การรอดชีวิตของกลุ่มดังกล่าวลดลงอย่างชัดเจน ซึ่งอาจสะท้อนถึงข้อจำกัดด้านความพร้อมในการย่อยและการใช้ประโยชน์ของสารอาหารเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอาหารที่ผ่านกระบวนการหมัก DeGrandi-Hoffman et al. (2010), Omar et al. (2017) สำหรับกลุ่มที่ได้รับเกสรเทียมที่หมักด้วย *L. plantarum* พบว่าการหมักช่วยชะลอการลดลงของเส้นโค้งการรอดชีวิตเมื่อเทียบกับทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มเกสรเทียมไม่หมัก โดยเฉพาะในช่วงต้นถึงกลางของการทดลอง ผลลัพธ์นี้สนับสนุนแนวคิดที่ว่าจุลินทรีย์ *L. plantarum* ที่กรดแลคติกสามารถทำหน้าที่เป็นปัจจัยเสริม (enhancing factor) ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้สารอาหารและสนับสนุนสุขภาพโดยรวมของผึ้ง แม้ผลต่อการยืดอายุขัยจะขึ้นกับชนิดของจุลินทรีย์ที่ใช้ Ma et al. (2015), Ricigliano et al. (2022) อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพของการหมักมีความแตกต่างกันตามสายพันธุ์จุลินทรีย์ โดยกลุ่มที่หมักด้วย *L. plantarum* แสดงรูปแบบการรอดชีวิตที่เสถียรกว่าเล็กน้อย ขณะที่กลุ่มที่หมักด้วยจุลินทรีย์ชนิดอื่นมีแนวโน้มการลดลงของอัตราการรอดชีวิตที่รวดเร็วกว่าในช่วงปลายการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานที่ระบุว่าผลของโปรไบโอติกในผึ้งอาจแสดงออกแตกต่างกันขึ้นกับความสามารถในการตั้งถิ่นฐานในลำไส้และปฏิสัมพันธ์กับจุลินทรีย์ประจำถิ่น Zumkhawala-Cook et al. (2024), Luo et al. (2024) ซึ่งสอดคล้องกับข้อเสนอแนะจากงานวิจัยก่อนหน้าเกี่ยวกับบทบาทของโภชนาการเชิงหน้าที่ของเกสรเทียมต่อสุขภาพและความยืนยาวของอายุขัยผึ้งพันธุ์ Chuttong et al. (2025), Danmek et al. (2025)

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า เกสรเทียมจากปลาโอลายเป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกที่มีศักยภาพสูงสำหรับผึ้งงาน ทั้งในด้านการพัฒนาของต่อม HPG acini และการคงอยู่ของอายุขัย โดยการขาดแคลนโปรตีนส่งผลให้การพัฒนาของต่อมอาหารต่ำที่สุด ขณะที่เกสรเทียมจากปลาโอลายซึ่งมีองค์ประกอบของค่าโภชนาการที่เหมาะสมสามารถสนับสนุนการพัฒนาของ HPG ได้ในระดับใกล้เคียงหรือดีกว่าเกสรรวมผสมไซรัปซึ่งใช้เป็นชุดควบคุม อย่างไรก็ตาม แม้ว่าการหมักเกสรเทียมจากปลาโอลายด้วยจุลินทรีย์จะไม่ส่งผลต่อการเพิ่มขนาด HPG acini อย่างมีนัยสำคัญภายใต้สภาวะที่อาหารมีสารอาหารเพียงพอ แต่การหมัก โดยเฉพาะด้วย *L. plantarum* มีบทบาทเป็นปัจจัยเสริมที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของสารอาหารและชะลอการลดลงของอัตราการรอดชีวิตของผึ้งได้ดีกว่าสูตรที่ไม่ผ่านการหมัก โดยสรุป เกสรเทียมจากปลาโอลายมีความเหมาะสมในการใช้เป็นอาหารทดแทนเกสรธรรมชาติในระดับปฏิบัติการ ทั้งในแง่ของการสนับสนุนการพัฒนาทางสรีรวิทยา สุขภาพ และความยืนยาวของผึ้งพันธุ์ ขณะที่การประยุกต์ใช้กระบวนการหมักด้วยจุลินทรีย์ที่เหมาะสมสามารถช่วยเพิ่มคุณค่าเชิงหน้าที่ของสูตรอาหารและเสริมศักยภาพการนำไปใช้ในระบบการเลี้ยงผึ้งอย่างยั่งยืนได้อย่างมีนัยสำคัญ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากทุนวิจัยเลขที่ N82A681001 จากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ภายใต้โครงการ Innovation to Business (I-2B) และ ได้รับการสนับสนุน กองทุนวิจัยวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (TSRI) และ มหาวิทยาลัยพะเยา (ทุนวิจัยเลขที่ 2275/2568) และ ได้รับการสนับสนุนจากความร่วมมือกับนักวิจัยจากมหาวิทยาลัยคยองกุก (Gyeongkuk National University) สาธารณรัฐเกาหลี โดยการทดลองนี้ได้รับ

การรับรองด้านจริยธรรมการวิจัยผ่านทาง สถาบันนวัตกรรมและการถ่ายทอดเทคโนโลยี (The Innovation and Technology Transfer Institute; UPITI) มหาวิทยาลัยพะเยา ประเทศไทย หมายเลข UP-AE1-040-689

เอกสารอ้างอิง

ชัยณรงค์ สินภู่. 2555. ความหลากหลายของจุลินทรีย์ในเกสรผึ้งและการพัฒนาอาหารเสริมสำหรับผึ้ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ธนพงศ์ สำเภาลอย ธราทิพย์ ปาวะระ ปริวรรต ปัญจะ และพยอม ภู่นุช. 2562. การศึกษาทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพนางพญาผึ้งพันธุ์เมื่อได้รับอาหารที่มีความแตกต่างกัน ทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ. ศูนย์ส่งเสริมเทคโนโลยีการเกษตรด้านแมลงเศรษฐกิจ จังหวัดเชียงใหม่ สำนักงานส่งเสริมและพัฒนาการเกษตรที่ 6 จังหวัดเชียงใหม่ กรมส่งเสริมการเกษตร.

สมศักดิ์ อยู่บริบูรณ์, วนิดา ชื่นชัน และธนพงศ์ สำเภาลอย. 2566. ผลของอาหารเสริมผสมโพรไบโอติกส์ต่อน้ำหนักตัวและอายุของผึ้งพันธุ์ (*Apis mellifera*). วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง, 32(1), 106-116

สมศักดิ์ อยู่บริบูรณ์, วนิดา ชื่นชัน และธนพงศ์ สาเภาลอย. 2564. ผลของอาหารเสริมผสมโพรไบโอติกส์ต่อจำนวนประชากรผึ้งพันธุ์. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 26(3), 1796-1807.

Amal, T. R., and Rajasree, S. R. 2025. Assessment of Nutritional and Macro-Mineral Profiles in Selected Underutilized Deep-Sea Fishes. Regional Studies in Marine Science, 104375.

AOAC. 2016. Official Methods of Analysis of AOAC International 20th ed. Maryland.

Currie, GA. 1932. Research on bees: a progress report. Journal Council for Scientific and Industrial Research (Australia) 5, 81-87.

Chuttong, B., Praphawilai, P., Ghosh, S., Jung, C., Jang, H., Sun, S., Wu, M. C., and Danmek, K. 2025. Evaluating the potential of a hydrolyzed chicken-based diet as a supplementary feed for enhancing honey bee health, lifespan, and gut microbiome. Journal of Applied Biotechnology Reports, 12(3), 1723-1735.

Danmek, K., Hongsibsong, S., Klaithin, K., Klaitanoad, S., Auearchin, T., Wu, M.-C., Jung, C., and Chuttong, B. 2025. Enhancing the health and lifespan of honey bees (*Apis mellifera* L.) with an innovative soybean-based diet supplemented with porcine blood. Journal of Entomological Science, 60(3), 411-423.

DeGrandi-Hoffman, G., Chen, Y., Huang, E., and Huang, M. H. 2010. The effect of diet on protein concentration, hypopharyngeal gland development and virus load in worker honey bees (*Apis mellifera* L.). Journal of insect physiology, 56(9), 1184-1191.

De Groot. AP. 1953. Protein and amino acid requirements of the honeybee (*Apis mellifica* L.). Physiologia Comparata Oecologia 3, 197-285.

El-Din, H. S., Radawan, H., Ghramh, H. A., and Al Naggar, Y. 2025. A novel Fish Protein Hydrolysate supplement enhances honey bee foraging activity and colony strength: A pilot study. PloS one, 20(5), e0323423.

Haydak, MH. 1935. Value of foods other than pollen in the nutrition of the honeybee. Journal of Economic Entomology 28, 657-660.

Herbert Jr, E. W., and Shimanuki, H. 1978. Consumption and brood rearing by caged honeybees fed pollen substitutes fortified with various sugars. Journal of Apicultural Research, 17(1), 27-31.

Hsu, P. S., Wu, T. H., Huang, M. Y., Wang, D. Y., and Wu, M. C. 2021. Nutritive value of 11 bee pollen samples from major floral sources in Taiwan. Foods, 10(9), 2229.

Johansson, T. S. K., and Johansson, M. P. 1977. Feeding honeybees pollen and pollen substitutes. Bee World, 58(3), 105-118.

Manning, R. 2016. Artificial feeding of honeybees based on an understanding of nutritional principles. Animal Production Science, 58(4), 689-703.

Noordyke, E. R., and Ellis, J. D. 2021. Reviewing the efficacy of pollen substitutes as a management tool for improving the health and productivity of western honey bee (Apis mellifera) colonies. Frontiers in Sustainable Food Systems, 5, 772897.

Omar, E., Abd-Ella, A. A., Khodairy, M. M., Moosbeckhofer, R., Crailsheim, K., and Brodschneider, R. 2017. Influence of different pollen diets on the development of hypopharyngeal glands and size of acid gland sacs in caged honey bees (*Apis mellifera*). Apidologie, 48(4), 425-436

Rodrigues, M., Rosa, A., Almeida, A., Martins, R., ânia Ribeiro, T., Pintado, M., ... and Caleja, C. 2024. Omega-3 fatty acids from fish by-products: Innovative extraction and application in food and feed. Food and Bioproducts Processing, 145, 32-41.

Sihag, R. C., and Gupta, M. 2011. Development of an artificial pollen substitute/supplement diet to help tide the colonies of honeybee (*Apis mellifera* L.) over the dearth season. Journal of Apicultural Science, 55(2).

Tan, K., Xu, P., Huang, L., Luo, C., Choong, K., Li, Z., ... and Cheong, K. L. 2025. Quantitative evaluation of essential amino acids and omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acids from global marine bivalve aquaculture. Food Chemistry: X, 25, 102181.

Winson, JW. 1930. Milk-fed bees American Bee Journal 70, 434

Zheng, B., Wu, Z., and Xu, B. 2014. The effect of dietary protein levels on the population

growth, performance, and physiology of honey bee workers during early spring. Journal of Insect Science 14(191): 1-6

ความดกไข่และความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนักกับความดกไข่ของปลากระสูบสาละวิน (*Hampala salweenensis*)

Egg fecundity and its relationship with body length and weight in the Salween Hampala (*Hampala salweenensis*)

บุญภัทธ บุญวังแร่[1], อนันต์ เคนท้าว[2] และ กัลย์กนิต พิสมยรมย์[1*]

Boonyapat Boonwangrae[1], Anan Kenthao[2] and Kankanit Pisamayarom[1*]

[1]สาขาวิทยาศาสตร์การประมง ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

[2]ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

*Corresponding author E-mail: Kankanitp@nu.ac.th

บทคัดย่อ

ปลากระสูบสาละวิน (*Hampala salweenensis*) เป็นชนิดพันธุ์เฉพาะถิ่นของลุ่มน้ำสาละวิน ที่มีข้อมูลจำกัดด้านชีววิทยาการสืบพันธุ์ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความดกไข่สัมบูรณ์ของแม่พันธุ์ และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความดกไข่กับความยาวทั้งหมด (TL) และน้ำหนักตัว (W) เพื่อพัฒนาแบบจำลองสำหรับประเมินศักยภาพการสืบพันธุ์ของปลาชนิดนี้ เก็บรวบรวมแม่พันธุ์ 15 ตัว จากแม่น้ำเงา อำเภอสบเมย จังหวัดแม่ฮ่องสอน นำมาเลี้ยงจนสมบูรณ์เพศ จากนั้นรีดไข่และคำนวณความดกไข่ด้วยวิธีชั่งน้ำหนัก (Gravimetric method) วิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยเปรียบเทียบแบบจำลองเชิงเส้นและแบบจำลองฟังก์ชันกำลัง คัดเลือกแบบจำลองด้วย AICc ผลการศึกษาพบว่า ความยาวทั้งหมดอยู่ในช่วง 20–28 เซนติเมตร (เฉลี่ย 24.8±2.3 เซนติเมตร) และน้ำหนักตัวอยู่ในช่วง 386–516 กรัม (เฉลี่ย 437±43.1 กรัม) ความดกไข่อยู่ในช่วง 29,240–50,214 ฟองต่อตัว (เฉลี่ย 41,146±8,143; มัธยมฐาน 44,158; CV 19.6%) แบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความดกไข่และความยาวตัว คือ แบบจำลองฟังก์ชันกำลัง $F = 79.8451 \cdot TL^{1.9416}$ ($R^2 = 0.761$) ขณะที่แบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความดกไข่และน้ำหนักตัว คือ แบบจำลองเชิงเส้นตรง $F = -25{,}393.74 + 152.27 \cdot W$ ($R^2 = 0.619$) แบบจำลองที่ได้สามารถใช้เป็นเครื่องมือเชิงปฏิบัติในการประเมินศักยภาพการสืบพันธุ์ สนับสนุนการคัดเลือกแม่พันธุ์เพื่อเพาะขยายพันธุ์เชิงอนุรักษ์ และช่วยการจัดการทรัพยากรของชนิดเฉพาะถิ่นนี้อย่างยั่งยืน

Abstract

The Salaween hampala (*Hampala salweenensis*) is an endemic fish of the Salween River basin for which reproductive information remains limited. This study aimed to quantify absolute fecundity and to examine the relationships between fecundity and total length (TL) and body weight (W) in order to develop practical predictive model for assessing reproductive potential of the species. Fifteen mature females were collected from the Ngao River, Sob Moei District, Mae Hong Son Province, Thailand, reared to full gonadal maturity, and then stripped for eggs. Absolute fecundity was estimated using the gravimetric method. Fecundity–size relationships were evaluated by comparing linear (OLS) and power-function models, with model selection based on AICc. Total length ranged from 20 to 28 cm (24.8±2.3 cm), and body weight ranged from 386 to 516 g (mean = 437±43.1 g). Absolute fecundity varied from 29,240 to 50,214 eggs per individual (mean = 41,146±8,143; median = 44,158; CV = 19.6%). The fecundity–length relationship was best described by a power function: $F = 79.8451 \cdot TL^{1.9416}$ ($R^2 = 0.761$), whereas the fecundity–weight relationship was adequately described by a linear model: $F = -25{,}393.74 + 152.27 \cdot W$ ($R^2 = 0.619$). These models provide practical tools for rapid estimation of reproductive potential, supporting broodstock selection for conservation aquaculture and contributing to sustainable management of this endemic species.

บทนำ

ความดกไข่ (Egg fecundity) เป็นพารามิเตอร์สำคัญทางชีววิทยาการสืบพันธุ์ที่สะท้อนศักยภาพการผลิตลูกหลานและความสามารถของประชากรปลาในการคงอยู่และฟื้นตัวตามธรรมชาติ (Desrita et al., 2021) ข้อมูลความดกไข่รวมถึงความสัมพันธ์ระหว่างความดกไข่กับขนาดร่างกาย เช่น ความยาวและน้ำหนัก ถูกใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางทั้งในเชิงนิเวศวิทยาและการจัดการทรัพยากรประมง โดยเฉพาะในปลาน้ำจืดเขตร้อนที่วงจรการสืบพันธุ์มักสัมพันธ์กับฤดูกาลและสภาพแวดล้อม (Morgan, 2008) ไม่ว่าจะเป็นการประเมินศักยภาพการทดแทนประชากร การกำหนดมาตรการคุ้มครองช่วงสืบพันธุ์ การกำหนดขนาดขั้นต่ำในการจับ ตลอดจนการสนับสนุนการพัฒนาแนวทางเพาะขยายพันธุ์เพื่อลดแรงกดดันจากการจับในธรรมชาติและต่อยอดสู่การเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์ได้ในอนาคต (Junedi et al, 2023; Morgan, 2008) การมีข้อมูลพื้นฐานด้านความดกไข่ที่เชื่อถือได้จึงจำเป็นต่อการวางแผนอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์ทรัพยากรอย่างยั่งยืน

ปลากระสูบสาละวิน (*Hampala salweenensis*) เป็นชนิดพันธุ์เฉพาะถิ่น (Endemic species) ที่พบเฉพาะในลุ่มแม่น้ำสาละวินซึ่งเป็นแนวแบ่งระหว่างประเทศไทยและประเทศพม่า (Doi & Taki, 1994) ปลาชนิดนี้เป็น

ปลากินเนื้อที่เป็นผู้ล่าระดับสูงชนิดหนึ่งในระบบนิเวศน้ำจืดของทวีปเอเชีย ซึ่งมีบทบาทต่อการควบคุมจำนวนประชากรปลาขนาดเล็กและช่วยคงสมดุลของระบบนิเวศ (Makmur et al., 2021) ปลากระสูบสาละวินและปลากระสูบชนิดอื่นในสกุลนี้ยังมีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ทั้งในด้านการบริโภค การจำหน่ายเป็นปลาสวยงามเศรษฐกิจ และการตกเป็นเกมกีฬา (ชวลิต, 2547) อย่างไรก็ตาม ประชากรปลากระสูบสาละวินในธรรมชาติมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง จากผลการสำรวจปลาวงศ์ปลากระสูบในประเทศไทย พบว่าปริมาณของปลากระสูบสาละวินมีสัดส่วนเฉลี่ยเพียง 5.72% ของปริมาณปลาในวงศ์ปลากระสูบทั้งหมดที่สำรวจพบ (จุลทรรศน์, 2550) การศึกษาความหลากชนิดของปลาในเขตลุ่มแม่น้ำสาละวินระหว่างปี พ.ศ. 2551–2553 ก็พบปลาชนิดนี้ในถิ่นอาศัยเดิมเพียง 1–2 ตัวต่อปี (อภินันท์ และคณะ, 2553) นอกจากนี้ ลุ่มน้ำสาละวินยังเผชิญแรงกดดันจากการทำประมงที่ค่อนข้างเข้มข้น รวมถึงกิจกรรมของมนุษย์ที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของถิ่นอาศัยและคุณภาพสิ่งแวดล้อม อันอาจลดความเหมาะสมของแหล่งอาศัยต่อการดำรงอยู่ของปลาชนิดนี้ (นณณ์, 2566) ภาพรวมดังกล่าวจึงสะท้อนถึงความจำเป็นในการศึกษาข้อมูลชีววิทยาพื้นฐานของปลากระสูบสาละวิน เพื่อใช้ประกอบการวางแผนจัดการและการอนุรักษ์ชนิดพันธุ์เฉพาะถิ่นนี้อย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพต่อไป

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า ปัจจุบันยังไม่พบรายงานการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนักกับปริมาณความดกไข่ของปลากระสูบสาละวิน (*H. salweenensis*) อย่างชัดเจน ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อประเมินความดกไข่ของปลาชนิดนี้ และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนักตัวกับปริมาณความดกไข่ เพื่อจัดทำแบบจำลองหรือสมการที่สามารถใช้สำหรับพยากรณ์ความดกไข่จากตัวแปรพื้นฐานทางการเติบโต ผลการศึกษาที่ได้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญสำหรับการทำความเข้าใจชีววิทยาการสืบพันธุ์ของปลาชนิดนี้ สนับสนุนการจัดการและการอนุรักษ์ทรัพยากรในลุ่มแม่น้ำสาละวินอย่างยั่งยืน และส่งเสริมการพัฒนาแนวทางเพาะขยายพันธุ์เพื่อลดแรงกดดันต่อประชากรธรรมชาติในระยะยาวต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. พื้นที่ศึกษาและการเก็บรวบรวมตัวอย่าง

รวบรวมพ่อแม่พันธุ์ปลากระสูบสาละวิน (*H. salweenensis*) เพศเมีย 15 ตัว จากแม่น้ำเงา อำเภอสบเมย จังหวัดแม่ฮ่องสอน ในช่วงเดือนกันยายน พ.ศ. 2568 โดยการรวบรวมจากชาวประมงในท้องที่ ระบุชนิดปลาด้วยลักษณะสัณฐานวิทยาตามเอกสารของ Doi & Taki (1994) คัดเลือกเฉพาะปลาที่มีสภาพร่างกายสมบูรณ์ ไม่มีบาดแผลหรือความผิดปกติ จากนั้นขนส่งตัวอย่างในภาชนะที่มีการเติมอากาศอย่างต่อเนื่อง เพื่อเข้าสู่กระบวนการเลี้ยงเพื่อเตรียมความสมบูรณ์เพศ ณ ห้องปฏิบัติเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร ทั้งนี้ การปฏิบัติต่อตัวอย่างเป็นการดำเนินการตามหลักสวัสดิภาพสัตว์ทดลองและแนวทางจริยธรรมการใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ (หมายเลขคำรับรองจรรยาบรรณการใช้สัตว์ในทางวิทยาศาสตร์ NU-AQ680904)

2. การเลี้ยงปรับสภาพและการบำรุงเลี้ยงเพื่อความสมบูรณ์เพศ

นำปลาตัวอย่างเลี้ยงปรับสภาพในอ่างไฟเบอร์ขนาด 250 ลิตร โดยความหนาแน่นในการเลี้ยง 15 ตัวต่อตู้ และให้อากาศตลอดเวลา ควบคุมคุณภาพน้ำให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม ได้แก่ อุณหภูมิ 26-28°C, pH 7 และค่า DO 5-6 มิลลิกรัมต่อลิตร กำหนดรอบแสงมืดและสว่าง 12L:12D เปลี่ยนถ่ายน้ำร้อยละ 70 ของปริมาตรน้ำทั้งหมด สัปดาห์ละ 1 ครั้ง ให้อาหารวันละ 2 ครั้ง (เช้า–เย็น) โดยใช้อาหารสดแช่แข็ง ได้แก่ กุ้งฝอยและลูกปลาขนาดเล็ก ตลอดช่วงการเลี้ยงเป็นระยะเวลา 2 เดือน จนกระทั่งแม่พันธุ์มีความสมบูรณ์เพศเบื้องต้น โดยประเมินจากลักษณะภายนอก ได้แก่ บริเวณท้องอูมเป่ง ลำตัวมีลักษณะอ้วนป้อม

3. การวัดขนาดและน้ำหนัก

ก่อนกระตุ้นความพร้อมสืบพันธุ์ ทำการวัดความยาวทั้งหมด (Total length: TL) ด้วยไม้บรรทัดความละเอียด 0.1 เซนติเมตร และชั่งน้ำหนักตัว (Body weight: W) ด้วยเครื่องชั่งดิจิทัลความละเอียด 0.001 กรัม

4. การกระตุ้นความพร้อมสืบพันธุ์ และการรีดไข่

กระตุ้นความพร้อมในการสืบพันธุ์ด้วยการฉีดฮอร์โมนสังเคราะห์ (BUS) โดยกำหนดขนาดปริมาณฮอร์โมนที่ฉีดต่อแม่พันธุ์ 1 ตัว เป็น 10 ไมโครกรัมต่อตัว สลบปลาโดยใช้น้ำมันกานพลูความเข้มข้น 200 ppm แล้วจึงฉีดฮอร์โมนโดยใช้เข็มฉีดยาเบอร์ 25 เข้ากล้ามเนื้อบริเวณโคนครีบหลัง นำแม่พันธุ์พักในอ่างพักเป็นเวลา 8 ชั่วโมง ภายใต้การให้อากาศและควบคุมคุณภาพน้ำเช่นเดียวกับช่วงเลี้ยงบำรุง จากนั้นรีดไข่และผสมเทียมด้วยวิธีผสมแบบแห้ง (Dry method) รวบรวมไข่ที่รีดได้จากแม่พันธุ์แต่ละตัวแยกเป็นรายตัวอย่าง เพื่อใช้ในการประเมินความดกไข่และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับตัวแปรขนาดลำตัวตามแนวทางของธนิษฐา (2543)

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 การประเมินความดกไข่ (Fecundity)

ชั่งน้ำหนักไข่ทั้งหมดที่รีดได้จากแม่พันธุ์แต่ละตัว จากนั้นสุ่มตัวอย่างไข่จำนวน 1 กรัม และนับจำนวนไข่ทั้งหมดในตัวอย่าง 1 กรัม คำนวณความดกไข่สัมบูรณ์ (Absolute fecundity) ดังสมการ 1 วิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนาของค่าความดกไข่ ได้แก่ ค่าต่ำสุด (Minimum) ค่าสูงสุด (Maximum) ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean ± SD) ค่ามัธยมฐาน (Median) และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (Coefficient of variation: CV)

$$F = n_{1g} \times W_{eggs} \quad \text{..... (สมการ 1)}$$

โดยที่ F = ปริมาณความดกไข่ (จำนวนฟองต่อตัว)
n_1 = จำนวนไข่ในตัวอย่าง 1 กรัม (ฟองต่อกรัม)
W_{eggs} = น้ำหนักไข่ทั้งหมดที่รีดได้ (กรัม)

5.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความดกไข่ (Fecundity) กับความยาว (TL) และน้ำหนัก (W)

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความดกไข่สัมบูรณ์ (Fecundity: F; ฟองต่อตัว) กับความยาวทั้งหมดและน้ำหนักตัว โดยทดสอบแบบจำลองการถดถอย 2 รูปแบบ ได้แก่ แบบจำลองเชิงเส้นตรงด้วยวิธีผลรวมกำลังสองน้อยที่สุด (Ordinary least squares: OLS) และแบบจำลองฟังก์ชันกำลัง (Power function) การวิเคราะห์ข้อมูลดำเนินการด้วยโปรแกรม R เวอร์ชัน 4.5.2 (R Core Team, 2025)

5.2.1 แบบจำลองเชิงเส้น (Linear model)

ประมาณค่าสัมประสิทธิ์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least squares) ตามสมการ 2 จากนั้นประเมินนัยสำคัญของสัมประสิทธิ์ความชัน (b) โดยทดสอบสมมติฐานที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (α=0.05) และคำนวณค่า *p*-value พร้อมช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (95% CI) ของค่าสัมประสิทธิ์

$$F = a + bX \quad \text{..... (สมการ 2)}$$

โดยที่ F = ความดกไข่ (ฟองต่อตัว)
X = ความยาวทั้งหมด (TL) หรือ น้ำหนักตัว (W)
a = จุดตัดแกน (Intercept)
b= ความชันกราฟ (Slope)

5.2.2 แบบจำลองฟังก์ชันกำลัง (Power model)

ประมาณแบบจำลองฟังก์ชันกำลังตามสมการ 3 โดยแปลงสมการเป็นเชิงเส้นด้วยการแปลงลอการิทึมธรรมชาติ (Natural log transformation) ตามสมการ 4 เพื่อประมาณค่าสัมประสิทธิ์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least squares) จากนั้นประเมินนัยสำคัญของสัมประสิทธิ์ความชัน (b) โดยทดสอบสมมติฐานที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (α=0.05) และคำนวณค่า *p*-value พร้อมช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (95% CI) ของค่าสัมประสิทธิ์

$$F = a\,X^{b} \quad \text{..... (สมการ 3)}$$
$$\ln(F) = \ln(a) + b\ln(x) \quad \text{..... (สมการ 4)}$$

โดยที่ F = ความดกไข่ (ฟองต่อตัว)
X = ความยาวทั้งหมด (TL) หรือ น้ำหนักตัว (W)
a = ค่าคงที่เชิงสเกล (Scaling constant)
b = อัตราการเปลี่ยนแปลงแบบอัลโลเมทรี (Allometric exponent)

5.2.3 การเปรียบเทียบความเหมาะสมของแบบจำลอง

เปรียบเทียบความเหมาะสมของแบบจำลองเชิงเส้นและแบบจำลองฟังก์ชันกำลังแยกตามตัวแปรอิสระ (TL และ W) โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์กำหนด (R^2 และ Adjusted R^2) การตรวจสอบเศษเหลือ (Residual diagnostics) และ Akaike's Information Criterion แบบปรับแก้สำหรับขนาดตัวอย่างน้อย (AICc) จากผลรวมกำลังสองของเศษเหลือบนสเกลความดกไข่เดิม (Symonds & Moussall, 2011) พร้อมทั้งคำนวณค่า *p*-value และช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของสัมประสิทธิ์ถดถอยประกอบการตีความผลทางชีววิทยา

ผลการวิจัย

1. ความดกไข่

การประเมินความดกไข่สัมบูรณ์ของแม่พันธุ์ปลากระสูบสาละวิน (*H. salweenensis*) จำนวน 15 ตัว พบว่า ค่าความดกไข่ระหว่าง 29,240–50,214 ฟองต่อตัว (ตารางที่ 1) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 41,146 ± 8,065 ฟองต่อตัว (ค่ามัธยมฐานเท่ากับ 44,158 ฟองต่อตัว) และมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (CV) เท่ากับ 19.60% สะท้อนให้เห็นว่า ความดกไข่มีความแปรปรวนในระดับปานกลางภายในกลุ่มตัวอย่างของการศึกษา

ตารางที่ 1 น้ำหนัก ความยาว และความดกไข่ของปลากระสูบสาละวิน (n=15)

ปลากระสูบสาละวิน (ตัวที่)	น้ำหนัก (กรัม)	ความยาว (เซนติเมตร)	ความดกไข่ทั้งหมด (ฟอง)
1	447	26.0	47,880
2	503	27.8	49,674
3	425	25.4	45,320
4	482	26.7	47,432
5	397	20.0	30,968
6	414	23.4	31,800
7	421	25.0	43,568
8	408	24.2	30,536
9	386	22.3	29,240
10	495	26.9	48,186
11	404	21.6	29,982
12	429	24.8	44,158
13	516	28.0	50,214
14	418	25.6	44,946
15	410	24.1	43,292

2. ความสัมพันธ์ระหว่างความดกไข่กับความยาวตัว

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความดกไข่สัมบูรณ์ (TL) กับความยาวทั้งหมด (TL) ของแม่พันธุ์ปลากระสูบสาละวิน พบว่า ความดกไข่เพิ่มขึ้นตามความยาวตัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2 และภาพที่ 1) แบบจำลองฟังก์ชันกำลัง (Power function) ได้สมการตัวแบบคือ ln (F) = 4.3801+1.9416 ln (TL) เมื่อแปลงกลับเป็นสเกลเดิมได้สมการสุดท้ายคือ $F = 79.8451\ TL^{1.9416}$ โดยเลขชี้กำลังมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = 2.23x10-5, 95% CI = 1.2895–2.5936) เมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองเชิงเส้น (OLS) ซึ่งให้สมการ F = -37168.02 + 3159.54 TL พบว่า แบบจำลองเชิงเส้นอธิบายความแปรปรวนได้สูง (R^2 = 0.790; Adj R^2 = 0.774) และความชันมีนัยสำคัญ ($p = 9.41 \times 10^{-6}$, 95% CI ของความชัน = 2183.76–4135.32)

การเปรียบเทียบความเหมาะสมของแบบจำลองด้วยเกณฑ์ AICc พบว่าฟังก์ชันกำลังให้ค่า AICc ต่ำกว่าแบบจำลองเชิงเส้นตรงเล็กน้อย (AICc = 250.07 และ 250.41 ตามลำดับ) แม้ความแตกต่างจะมีขนาดเล็ก (ΔAICc = 0.34) ซึ่งบ่งชี้ว่าแบบจำลองทั้งสองให้ความพอดีใกล้เคียงกัน แต่การเลือกใช้ฟังก์ชันกำลังเป็นสมการสุดท้ายเพื่ออธิบายความสัมพันธ์จะให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำกว่า

3. ความสัมพันธ์ระหว่างความดกไข่กับน้ำหนักตัว

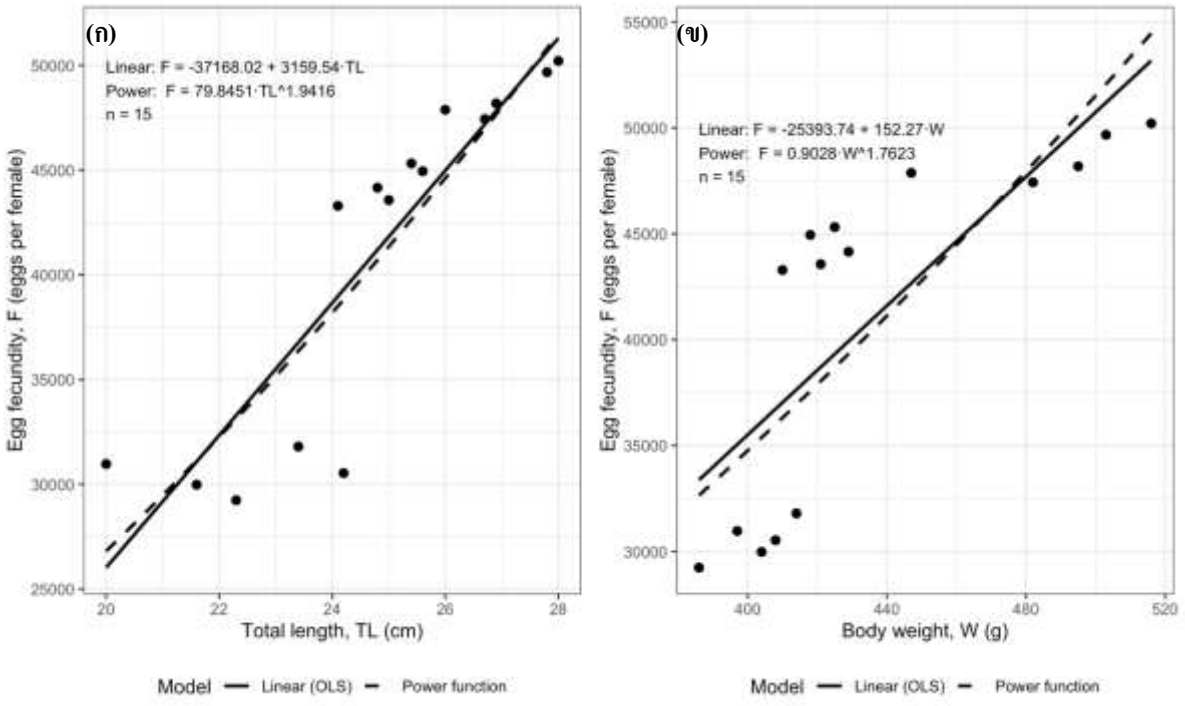
การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความดกไข่สัมบูรณ์ (F) กับน้ำหนักตัว (W) แสดงให้เห็นว่าความดกไข่เพิ่มขึ้นตามน้ำหนักตัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2 และภาพที่ 1) โดยแบบจำลองถดถอยเชิงเส้นตรง (OLS) ให้สมการ F = -25393.74 + 152.27W ซึ่งอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลได้ในระดับปานกลาง (R^2 = 0.619; adjusted R^2 = 0.589) และสัมประสิทธิ์ความชันมีนัยสำคัญ ($p = 5.5 \times 10^{-4}$, 95% CI = 80.64–223.90) ขณะที่แบบจำลองฟังก์ชันกำลัง (Power function) ให้สมการ ln(F) = -0.1023 + 1.7623 ln(W) หรือ $F = 0.9028W^{1.7623}$ โดยเลขชี้กำลังมีนัยสำคัญเช่นกัน ($p = 6.80 \times 10^{-4}$; 95% CI = 0.9028–2.6218)

เมื่อเปรียบเทียบความเหมาะสมของแบบจำลองด้วยเกณฑ์ AICc พบว่าแบบจำลองเชิงเส้นมีค่า AICc ต่ำกว่า (AICc = 259.36) แบบจำลองฟังก์ชันกำลัง (AICc = 260.34) แม้ความแตกต่างจะมีขนาดเล็ก (ΔAICc = 0.98) ซึ่งบ่งชี้ว่าแบบจำลองทั้งสองให้ความพอดีใกล้เคียงกัน แต่แบบจำลองเชิงเส้นมีความเหมาะสมกว่าเล็กน้อยและมีความเรียบง่ายในการประยุกต์ใช้ จึงเลือกใช้แบบจำลองเชิงเส้นเป็นสมการสุดท้ายสำหรับความสัมพันธ์ระหว่างความดกไข่กับน้ำหนักตัวในงานศึกษานี้

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างความดกไข่ (F) กับความยาวทั้งหมด (TL) และน้ำหนักตัว (W) ของแม่พันธุ์ปลากระสูบสาละวิน (n=15)

ตัวแปร	แบบจำลอง	สมการตัวแบบ	R^2 (Adj R^2)	AICc (F-scale)	p-value ของ b	95% CI ของ b
TL	Linear (OLS)	F = -37168.02 + 3159.54 TL	0.790 (0.774)	250.41	9.41×10^{-6}	2183.76-4135.32
TL	Power (log–log)	ln(F) = 4.3801 + 1.9416 ln(TL) F = 79.8451 $TL^{1.9416}$	0.761 (0.743)	250.07	2.23×10^{-5}	1.2895-2.5936
W	Linear (OLS)	F = -25393.74 + 152.27 W	0.619 (0.589)	259.36	5.05×10^{-4}	80.64-223.90
W	Power (log–log)	ln(F) = -0.1023 + 1.7623 ln(W) F = 0.9028 $W^{1.7623}$	0.601 (0.571)*	260.34	6.80×10^{-4}	0.9028-2.6218

* R^2 ของ power model เป็นค่าที่คำนวณจากตัวแบบการแปลงเชิงเส้นตรง (ln)



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างความดกไข่ (F; ฟองต่อตัว) ของแม่ปลากระสูบสาละวิน (*H. salweenensis*) กับ (ก) ความยาวทั้งหมด (Total length: TL, เซนติเมตร) และ (ข) น้ำหนักตัว (Body weight: W, กรัม) โดยจุดแสดงข้อมูลรายตัวอย่าง (n=15) เส้นทึบแสดงแบบจำลองเชิงเส้นด้วยวิธีผลรวมกำลังสองน้อยที่สุด (Ordinary least squares: OLS) และเส้นประแสดงแบบจำลองฟังก์ชันกำลัง (Power function)

วิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษานี้ให้ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับความดกไข่ของปลากระสูบสาละวิน (*H. salweenensis*) ซึ่งเป็นชนิดพันธุ์เฉพาะถิ่นของลุ่มน้ำสาละวินที่มีข้อมูลชีววิทยาการสืบพันธุ์จำกัด (Doi & Taki, 1994) ผลการวิเคราะห์ชี้ว่า ขนาดร่างกายเป็นตัวทำนายความดกไข่ที่มีนัยสำคัญ และรูปแบบความสัมพันธ์แตกต่างกันระหว่างตัวแปรเชิงมิติ (ความยาวทั้งหมด: TL) กับตัวแปรเชิงมวล (น้ำหนักตัว: W) โดยความสัมพันธ์ระหว่างความดกไข่และความยาวทั้งหมดอธิบายได้ด้วยแบบจำลองกำลัง (Power function) ในขณะที่ความสัมพันธ์ความดกไข่และน้ำหนักตัวสอดคล้องกับแบบจำลองเชิงเส้นตรง (Linear model) มากกว่า

ค่าความดกไข่สัมบูรณ์ของปลากระสูบสาละวิน (*H. salweenensis*) ที่พบในงานนี้ (พิสัย 29,240–50,214 ฟองต่อตัว; ค่าเฉลี่ย 41,146 ± 8,065 ฟองต่อตัว) จัดอยู่ในช่วงปานกลางถึงค่อนข้างสูง ซึ่งโดยภาพรวมสอดคล้องกับลักษณะทั่วไปของปลาวงศ์ปลาตะเพียน (Family Cyprinidae) ขนาดกลางถึงค่อนข้างใหญ่ที่พบในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยเฉพาะปลากระสูบจุด (*H. macrolepidota*) ทั้งที่เป็นประชากรปลาจากธรรมชาติ คือ ประชากรปลาจากทะเลสาบเนการา (Nekara Lake) ประเทศมาเลเซีย ที่มีความดกไข่อยู่ในช่วง 7,132–62,031 ฟองต่อตัว คิดเป็นค่าเฉลี่ย 29,445 ฟองต่อตัว (Abidin, 1986) และประชากรปลาจากทะเลสาบรานาว (Ranau Lake) ประเทศอินโดนีเซีย ซึ่งมีความดกไข่อยู่ในช่วง 17,406–63,793 ฟองต่อตัว คิดเป็นค่าเฉลี่ย 34,977.64 ฟองต่อตัว (Makmur, 2021) รวมไปถึงประชากรปลาที่เป็นการเพาะพันธุ์แบบกระตุ้นฮอร์โมนที่แม่พันธุ์มีความดกไข่อยู่ระหว่าง 34,985–75,646 ฟองต่อตัว (Intan et al., 2013) นอกจากนี้ ยังใกล้เคียงกับความดกไข่ของปลากระสูบสองจุดอินโดนีเซีย (*H. bimaculata*) ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 27,890-168,530 ฟองต่อตัว (Soetignya et al, 2017) การที่ค่าความดกไข่ของปลากระสูบสาละวิน (*H. salweenensis*) ซ้อนทับกับช่วงค่าความดกไข่ของปลาชนิดอื่นในสกุลปลากระสูบ สะท้อนว่าศักยภาพการผลิตไข่ของปลาสกุลนี้น่าจะอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน ซึ่งสัมพันธ์กับการที่ปลาทุกชนิดเป็นปลากินเนื้อหรือผู้ล่าในระบบนิเวศน้ำจืดเหมือนกัน (Makmur, 2021) นอกจากนี้ งานวิจัยนี้ยังพบว่า ความดกไข่ของปลากระสูบสาละวิน (*H. salweenensis*) มีแนวโน้มแบ่งเป็น 2 ช่วงตามขนาดร่างกาย โดยปลาที่มีขนาดเล็ก (TL < 24 cm, W < 420 cm) มีแนวโน้มที่มีความดกไข่น้อยกว่าปลาขนาดใหญ่ ((TL > 24 cm, W > 420 cm) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยส่วนใหญ่ที่พบว่า ความดกไข่ของปลาขึ้นอยู่กับอายุ (Alp et al, 2003; Tarkan et al, 2007) ซึ่งน่าจะเกี่ยวข้องกับกลไกทางสรีระวิทยาที่ส่งผลต่อการพัฒนาและเสื่อมสลายของรังไข่ (Kant et al, 2016) อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างของความดกไข่เกิดได้จากปัจจัยที่หลากหลาย เช่น ชนิด ขนาดแม่พันธุ์ โครงสร้างประชากร ระยะความสุกของรังไข่ พลังงานสะสม โภชนาการ และสิ่งแวดล้อม (Murua et al., 2003; Shafi, 2012; Tarkan et al, 2007) ตลอดจนการใช้วิธีการประเมินที่แตกต่างกัน (Intan et al., 2013)

การที่ความสัมพันธ์ระหว่างความดกไข่กับความยาวทั้งหมดของปลากระสูบสาละวินในงานนี้อธิบายได้เหมาะสมด้วยแบบจำลองฟังก์ชันกำลัง เป็นผลเนื่องจากผลผลิตทางการสืบพันธุ์ของปลาโดยทั่วไปมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอัตราส่วนแบบอัลโลเมทรี (Allometric scale) มากกว่าที่จะเพิ่มแบบเชิงเส้นตรง เมื่อเทียบกับขนาดลำตัว (Murua et al., 2003) เนื่องจากความสามารถในการสะสมพลังงานและพื้นที่หรือปริมาตรร่างกายที่รองรับการ

พัฒนาและบรรจุไข่ เช่น ช่องท้อง หรือรังไข่ จะเพิ่มขึ้นแบบไม่เป็นสัดส่วนเชิงเส้นตรง และผลผลิตทางการสืบพันธุ์ของปลามักมีลักษณะแบบเร่ง (Hyperallometry) คือ เพิ่มเร็วกว่าสัดส่วนเชิงเส้นตรงเมื่อขนาดแม่ปลาเพิ่มขึ้น ทำให้การใช้สมการกำลังมีทั้งความสอดคล้องเชิงชีววิทยาและให้ความยืดหยุ่นในการอธิบายรูปทรงข้อมูลได้ดีกว่าโมเดลเชิงเส้น (Barnche et al., 2018) ในเชิงการตีความทางชีววิทยาการประมง ค่าพารามิเตอร์หลักที่ได้จากงานนี้ (b=1.94) บ่งชี้ว่า ความดกไข่เพิ่มขึ้นตามความยาวตัวแบบเร่ง (Hyperallometric; b>1) และสามารถตีความได้ว่าเมื่อความยาวทั้งหมดเพิ่มขึ้น 1% ความดกไข่จะเพิ่มขึ้นประมาณ 1.94% ข้อมูลนี้มีนัยสำคัญเชิงนิเวศและเชิงการจัดการประชากรปลากระสูบสาละวิน เนื่องจากผลการศึกษาพบว่า แม่ปลาที่มีขนาดใหญ่ขึ้นเพียงเล็กน้อยอาจมีส่วนสำคัญต่อศักยภาพการทดแทนประชากร ซึ่งสอดคล้องกับกรอบแนวคิด Large female effect (BOFFFFs) ที่แม่ปลาขนาดใหญ่มีบทบาทต่อศักยภาพการสืบพันธุ์ของประชากร (Hixon et al., 2013) เมื่อเปรียบเทียบกับปลาในสกุลเดียวกัน พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ของฟังก์ชันความสัมพันธ์ระหว่างความดกไข่และความยาวมีความแปรผันในแต่ละการศึกษา เช่น รายงานในปลากระสูบสองจุด (*H. bimaculata*) ที่ได้สมการ ln (F) = 4.03 ln $TL^{-14.05}$ ซึ่งมีค่า b เท่ากับ 4.03 (Soetignya, 2017) ซึ่งสูงกว่าค่า b ของปลากระสูบสาละวิน (*H. salweenensis*) ในงานนี้ ความแตกต่างดังกล่าวอาจสะท้อนถึงศักยภาพในการสืบพันธุ์ของปลาแต่ละชนิด ที่มีความแตกต่างกันในแง่ของผลได้ผลเสีย (Trade-off) ระหว่างการเจริญเติบโตและการลงทุนสืบพันธุ์ (Soetignya, 2017) หากพิจารณาในบริบทเชิงนิเวศวิทยา ปลาสกุลปลากระสูบเป็นปลากินเนื้อหรือผู้ล่าที่มีพฤติกรรมกินปลาอื่น (Piscivory) ในระบบนิเวศน้ำจืดหลายพื้นที่ ซึ่งต้องรักษาสมรรถนะด้านการเคลื่อนที่และสภาพร่างกายเพื่อการล่า ส่งผลให้ต้องการจัดสรรทรัพยากรระหว่างการเติบโต (Somatic growth) และการสืบพันธุ์ (Reproductive investment) ดังนั้น ความสัมพันธ์แบบกำลังที่พบอาจสะท้อนถึงกลยุทธ์ที่เมื่อปลามีขนาดตัวถึงเกณฑ์แล้วถึงจะเริ่มเพิ่มการลงทุนทางการสืบพันธุ์ (Size-dependent reproductive allocation) ได้อย่างชัดเจน (Barnche et al., 2018; Morgan, 2008)

ผลการศึกษานี้ยังบ่งชี้ว่า ความสัมพันธ์ระหว่างความดกไข่กับน้ำหนักตัวมีแนวโน้มเป็นแบบเส้นตรง แม้ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองพบว่า แบบจำลองที่ใช้ทั้งสองแบบใกล้เคียงกัน (ΔAICc < 2) แต่ในกรณีนี้ควรให้ความสำคัญกับความประหยัดพารามิเตอร์ (Parsimony) และความสามารถในการตีความหรือประยุกต์ใช้ ดังนั้นการเลือกแบบจำลองเชิงเส้นจึงมีเหตุผลทั้งเชิงสถิติและเชิงการใช้งาน (Symonds & Moussall, 2011) ซึ่งรูปแบบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงนี้สอดคล้องกับที่พบในปลาวงศ์ปลาตะเพียนหลายชนิด เช่น การศึกษาในปลากระสูบสองจุดอินโดนีเซีย (*H. bimaculata*) ของ Soetignya et al. (2017) ปลาทอง (*Carassius auratus*) ของ Shafi, S. (2012) และปลาปลาตะเพียนทราย (*Puntius sophore*) โดย Kant et al (2016) ในเชิงการปฏิบัติ สมการเชิงเส้นที่ได้ให้ค่าความชันประมาณ 152 ฟองต่อกรัม ซึ่งตีความได้ว่าเมื่อมวลตัวเพิ่มขึ้น 1 กรัม ความดกไข่คาดว่าจะเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยราว 152 ฟองต่อตัว ภายใต้ช่วงน้ำหนักที่ศึกษา สำหรับเหตุผลที่ความสัมพันธ์ระหว่างความดกไข่และน้ำหนักตัวมีแนวโน้มเป็นแบบเชิงเส้นเนื่องจากน้ำหนักตัวไม่ได้สะท้อนขนาดเชิงโครงสร้าง (Structural size) เพียงอย่างเดียว แต่รวมถึงองค์ประกอบสำคัญอื่น ๆ ที่เปลี่ยนตามสรีระวิทยาของปลา เช่น ความอ้วนท้วนสมบูรณ์ พลังงานสะสม และมวลอวัยวะสืบพันธุ์ ณ เวลาจับ (Marua et al., 2003) และตัวอย่างปลาในการศึกษานี้มีการจัดการเลี้ยงและให้อาหารให้ใกล้เคียงกันก่อนรีดไข่ ทำให้ปลามีสภาพความ

พร้อมสืบพันธุ์ใกล้เคียงกัน ซึ่งอาจทำให้น้ำหนักแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นเฉพาะช่วง (Local linearity) กับความดกไข่ได้ (Marua et al., 2003)

สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้ทำให้ได้ข้อมูลพื้นฐานด้านชีววิทยาการสืบพันธุ์ของปลากระสูบสาละวิน (*H. salweenensis*) ซึ่งเป็นชนิดพันธุ์เฉพาะถิ่นของลุ่มน้ำสาละวิน (Doi & Taki, 1994) โดยแม่พันธุ์เพศเมีย (n=15) มีความดกไข่แบบสัมบูรณ์อยู่ในช่วง 29,240–50,214 ฟองต่อตัว (เฉลี่ย 41,146±8,065 ฟองต่อตัว) และความดกไข่เพิ่มขึ้นตามขนาดลำตัวอย่างมีนัยสำคัญ ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองชี้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างความดกไข่และความยาวลำตัวอธิบายได้เหมาะสมด้วยสมการกำลัง ขณะที่ความสัมพันธ์ระหว่างความดกไข่และน้ำหนักตัวอธิบายได้อย่างเหมาะสมด้วยสมการเชิงเส้นตรง แบบจำลองที่ได้จึงเป็นเครื่องมือเชิงปฏิบัติสำหรับการประเมินศักยภาพการสืบพันธุ์จากข้อมูลชีวมิติที่เก็บได้ง่าย สนับสนุนการจัดการทรัพยากร การคุ้มครองแม่พันธุ์ขนาดใหญ่ (BOFFFFs) และการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์เพื่อเพาะขยายพันธุ์เชิงอนุรักษ์ของชนิดเฉพาะถิ่นนี้อย่างยั่งยืน (Hixon et al., 2014) ทั้งนี้ งานวิจัยต่อไปควรเพิ่มขนาดตัวอย่างและครอบคลุมหลายฤดูกาลหรือหลายพื้นที่ พร้อมบูรณาการตัวแปรสรีรวิทยาการสืบพันธุ์เพิ่มเติม เพื่อเพิ่มความแม่นยำและความสามารถในการประยุกต์ใช้เชิงจัดการในระดับลุ่มน้ำต่อไป

เอกสารอ้างอิง

จุลทรรศ คีรีลัง. (2550). *การศึกษาชีววิทยาของปลาในสกุลปลากระสูบในประเทศไทย* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิตไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ชวลิต วิทยานนท์. (2547). *คู่มือปลาน้ำจืดไทย*. สำนักพิมพ์สารคดี.

ธนิษฐา ทรรพนันทน์. (2543). *ชีววิทยาประมง*. คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นณณ์ ผาณิตวงศ์. (2566). *หนังสือปลาน้ำจืดไทย*. Siamensis Press.

อภินันท์ สุวรรณรักษ์, จงกล พรมยะ, & เอกพจน์ เจริญสิริวงศ์ธนา. (2553). *การศึกษาความหลากหลายของชนิดปลาในเขตลุ่มน้ำสาละวินในเขตพื้นที่ประเทศไทย* [รายงานผลการวิจัย]. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

Abidin, M.Z. (1986). Reproductive biology of *Hampala macrolepidota* in Zoo Negara Lake, Malaysia. *Journal of Fish Biology, 29*(4), 381–391. https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1986.tb04954.x

Alp, A., Kara, C., & Büyükçapar, H.M. (2003). Reproductive biology of brown trout (*Salmo trutta macrostigma*) in a tributary of the Ceyhan River, Turkey. *Journal of Applied Ichthyology, 19*(6), 346–351. https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2003.00455.x

Barneche, D.R., Robertson, D.R., White, C.R., & Marshall, D.J. (2018). Fish reproductive-energy output increases disproportionately with body size. *Science, 360*(6389), 642–645. https://doi.org/10.1126/science.aao6868

Doi, A., & Taki, Y. (1994). A new cyprinid fish, *Hampala salweenensis*, from the Salween River basin. *Japanese Journal of Ichthyology, 40*(4), 405–412. https://doi.org/10.11369/jji1950.40.405

Hixon, M.A., Johnson, D.W., & Sogard, S.M. (2014). BOFFFFs: On the importance of conserving old-growth age structure in fishery populations. *ICES Journal of Marine Science, 71*(8), 2171–2185. https://doi.org/10.1093/icesjms/fst200

Desrita, Hutagalung, S., Onrizal, O., & Leiodonald, R. (2021). Fecundity and Eggs Diameter of Mullet Fish (*Moolgarda perusii*, Valenciennes, 1836) at Selotong Aquatic Langkat Regency, North Sumatera. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *695*(1), 012017. https://doi.org/10.1088/1755-1315/695/1/012017

Junedi, E.K., Omar, S.B.A.O. & Syafiuddin. (2023). Fecundity and egg diameter of endemic fish (*Paratherina striata* Aurich, 1935) from Mahalona lake, South Sulawesi, Indonesia. *European Chemical Bulletin, 12*(5), 4262-4268.

Kant, K.R., Gupta, K., & Langer, S. (2016). Fecundity in fish: Relationship among fecundity, length, weight and ovary weight. *International Journal of Fisheries and Aquaculture Sciences, 6*(2), 99–110.

Intan, K.Z., Christianus, A., Amin, S.M.N., & Muhamad Hatta, M. (2013). Breeding and embryonic development of *Hampala macrolepidota* (Van Hasselt & Kuhl, 1823). *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances, 8*, 341–347. https://doi.org/10.3923/ajava.2013.341.347

Makmur, S., Muthmainnah, D., Subagdja, Arfiati, D., Bintoro, G., & Ekawati, A.W. (2021). Reproductive biology of hampala barb (*Hampala macrolepidota*) in Ranau Lake, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 744*, 012042. https://doi.org/10.1088/1755-1315/744/1/012042

Morgan, M.J. (2008). Integrating reproductive biology into scientific advice for fisheries management. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science, 41*, 37–51. https://doi.org/10.2960/J.v41.m625

Murua, H., Kraus, G., Saborido-Rey, F., Witthames, P.R., Thorsen, A., & Junquera, S. (2003). Procedures to estimate fecundity of marine fish species in relation to their reproductive

strategy. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science, 33*, 33–54. https://doi.org/10.2960/J.v33.a3

R Core Team. (2025). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. https://www.R-project.org/

Shafi, S. (2012). Study on fecundity and GSI of *Carassius carassius* from Dal Lake, Kashmir. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare, 3*(2), 68–72.

Soetignya, P.W., Suryobroto, B., Kamal, M.M., & Boediono, A. (2017). Ovarian development and spawning of *Hampala bimaculata* (Cyprinidae) from West Kalimantan, Indonesia. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation Bioflux, 10*(5), 1376–1385.

Symonds, M.R.E., & Moussalli, A. (2011). A brief guide to model selection, multimodel inference and model averaging in behavioural ecology using Akaike's information criterion. *Behavioral Ecology and Sociobiology, 65*(1), 13–21. https://doi.org/10.1007/s00265-010-1037-6

Tarkan, A.S., Cucherousset, J., Ziębа, J., Godard, M.J., & Copp, G.H. (2010). Growth and reproduction of introduced pumpkinseed (*Lepomis gibbosus*) in Europe: A meta-analysis. *Journal of Applied Ichthyology, 26*(Suppl. 2), 102–108. https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2010.01506.x

อิทธิพลของความเข้มแสงจากหลอดแอลอีดีต่อปริมาณสารสำคัญของฟ้าทะลายโจร

Effects of Light Intensity of LED Lights on Phytochemical Contents of *Andrographis paniculata*

ทศพล ยินดี [1]ธนชาต พาสทิพย์[1] วิมลรัตน์ ศรีเรืองพันธ์[1] และเยาวรัตน์ วงศ์ศรีสกุลแก้ว[1*]

Thosapol Yindee[1] , Thanachart Phasthip[1] ,Wimonrat Srirueangphan[1] ,Yaowarat Wongsrisakulkaew [1*]

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12130

Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathum Thani 12130

*Corresponding author E-mail: yaowarat_w@rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของความเข้มแสงจากหลอดแอลอีดีต่อปริมาณสารสำคัญของฟ้าทะลายโจรที่ปลูกในระบบ plant factory วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 5 ทรีตเมนต์ ได้แก่ แสงแอลอีดีสีแดงร่วมกับสีน้ำเงินอัตราส่วน 75 :25 แสงแอลอีดีสีแดงร่วมกับสีน้ำเงินอัตราส่วน 50 : 50 และแสงแอลอีดีสีแดงร่วมกับสีน้ำเงินอัตราส่วน 25 : 75 ให้แสงเป็นเวลา 12 ชั่วโมงต่อวัน เปรียบเทียบกับการปลูกในเรือนเพาะชำ และการปลูกในระบบโรงเรือนไฮโดรโพรนิกส์ เก็บข้อมูลน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง และปริมาณสารสำคัญ ผลการทดลองพบว่า ด้านน้ำหนักสดฟ้าทะลายโจรที่ปลูกภายใต้หลอดแอลอีดีสีแดงร่วมกับสีน้ำเงินอัตราส่วน 75:25 ให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดมากที่สุดเท่ากับ 17.38 กรัม/ต้น ด้านน้ำหนักแห้ง พบว่าการปลูกในระบบโรงเรือนไฮโดรโพรนิกส์ให้ค่าน้ำหนักแห้งสูงสุดเท่ากับ 7.25 กรัม/ต้น ด้านปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ พบว่า แสงจากหลอดแอลอีดีสีแดงร่วมกับสีน้ำเงินอัตราส่วน 25 : 75 ให้ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของฟ้าทะลายโจรมีค่ามากที่สุด เท่ากับ 19.17 mg QE/g Extract ด้านปริมาณสารประกอบฟีนอลิก พบว่า แสงแอลอีดีสีแดงร่วมกับสีน้ำเงินอัตราส่วน 75 : 25 ให้ค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของฟ้าทะลายโจรมีค่ามากที่สุด เท่ากับ 146.68 mg GAE/g Extract ด้านฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ พบว่า การปลูกฟ้าทะลายโจรภายใต้แสงจากหลอดแอลอีดีสีแดงร่วมกับสีน้ำเงินอัตราส่วน 75:25 ส่งผลให้ค่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมีค่ามากที่สุด เท่ากับ 30.14 (µg/ml) และด้านปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์พบว่า การปลูกในเรือนเพาะชำ ให้ค่าแอนโดรกราโฟไลด์สูงที่สุด เท่ากับ 3.11%

คำสำคัญ : แสงแอลอีดี, โรงงานผลิตพืช, ฟ้าทะลายโจร, แอนโดรกราโฟไลด์

Abstract

This study aimed to investigate the effects of LED light intensity and spectral ratios on the content of bioactive compounds in *Andrographis paniculata* cultivated in a plant factory system. The experiment was arranged in a Completely Randomized Design (CRD) with four replications and five treatments: red and blue LED light at ratios of 75:25, 50:50, and 25:75, cultivation in a nursery, and cultivation in a hydroponic greenhouse system. Plants were exposed to light for 12 hours per day for 10 days. Data were collected on fresh weight, dry weight, and the contents of major bioactive compounds. The results showed that, in terms of fresh weight, *A. paniculata* grown under red and blue LED light at a ratio of 75:25 produced the highest average fresh weight (17.38 g per plant). For dry weight, cultivation in the hydroponic greenhouse system resulted in the highest value (7.25 g per plant). Regarding total flavonoid content, the red and blue LED light ratio of 25:75 yielded the highest flavonoid content (19.17 mg quercetin equivalent per g extract; mg QE/g extract). In terms of phenolic compound content, it was found that red LED light combined with blue light at a ratio of 75:25 resulted in the highest total phenolic content in *Andrographis paniculata*, with a value of 146.68 mg GAE/g extract.. Antioxidant activity was greatest in plants grown under red and blue LED light at a ratio of 75:25, with a value of 30.14 µg/mL. In addition, plants cultivated in the nursery exhibited the highest andrographolide content, reaching 3.11%.

Keywords : LED, plant factory, *Andrographis paniculata*, Andrographolide

บทนำ

ฟ้าทะลายโจร (*Andrographis paniculata* (Burm f.) Nees) มีถิ่นกำเนิดจากอินเดียและศรีลังกา พบได้ทั่วไปในแถบเอเชียเป็นสมุนไพรที่ใช้กันอย่างแพร่หลายมาเป็นเวลานาน สารออกฤทธิ์ของฟ้าทะลายโจรมีประสิทธิภาพในการต่อต้านการอักเสบ ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย กระตุ้นภูมิคุ้มกันโดยการเพิ่มประสิทธิภาพของเม็ดเลือดขาว ป้องกันการแข็งตัวของเลือด ยับยั้งเชื้อไวรัส ยับยั้งและทำลายเซลล์มะเร็ง ทำให้การย่อยอาหารดีขึ้น ลดไข้ แก้ท้องเสีย ลดอาการคออักเสบ (สรจักร, 2551) โดยมีสารสำคัญ คือ สารกลุ่ม diterpene lactones ซึ่งได้แก่ สารแอนโดรกราโฟไลด์ สารนีโอแอนโดรกราโฟไลด์ สารดิออกซี่แอนโดรกราโฟไลด์ และดิออกซี่ไดดีไฮโดรเจนแอนโดรกราโฟไลด์ และสารกลุ่ม flavonoids เป็นต้น ปัจจุบันมีการใช้ยานี้อย่างกว้างขวางทั้งเป็นยาสามัญประจำบ้านและใช้ในโรงพยาบาล นอกจากนี้รัฐบาลยังส่งเสริมการใช้ยาสมุนไพรเพื่อทดแทนยาแผนปัจจุบันตามแผนยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (เมทินี และคณะ, 2562) ปัจจุบันการผลิตสมุนไพรฟ้าทะลายโจรยังพบปัญหาในด้านความไม่สม่ำเสมอของผลผลิตและปริมาณสารสำคัญ จากปัญหาเรื่องของสภาพแวดล้อมและองค์ประกอบของดิน ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนวิธีการผลิตพืช จากเดิมที่พึ่งพาธรรมชาติอย่างเดียว ไปสู่การผลิตที่ควบคุมได้ เพื่อเพิ่มผลผลิตให้มีคุณภาพและปลอดภัย ซึ่งเทคโนโลยีการปลูกพืชสมัยใหม่นี้คือ การปลูกพืชในระบบปิด (Plant factory) เป็นการนำเทคโนโลยีแขนงต่าง ๆ ทั้งด้านสรีรวิทยาพืช การเกษตร วิศวกรรม และการจัดการให้มีศักยภาพสูงในการพัฒนาระบบการปลูกพืชโดยเลือกใช้ระบบไฮโดรพอนิกส์ปลูกพืชแนวตั้ง (Vertical farming) ร่วมกับการควบคุมปัจจัยภายนอก เช่น แสง อุณหภูมิ ความชื้น ธาตุอาหาร และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น การผลิตในระบบนี้เป็นที่ยอมรับว่าได้เปรียบในการใช้พื้นที่ เนื่องจากปลูกได้หลายชั้น การเจริญเติบโตของพืชสั้นกว่าปกติ และสามารถผลิตพืชได้สูงถึง 100 เท่าของการทำการเกษตรแบบดั้งเดิมในพื้นที่เท่ากัน (จริญญา และ อารักษ์, 2562)

การใช้แสงประดิษฐ์(Artificial light) ถือเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญและได้รับความสนใจมากที่สุดสำหรับการปลูกพืชภายใต้โรงงานผลิตพืช โดยแสงเทียมที่นิยมใช้ในปัจจุบันคือแสง LEDs (Light emitting diodes) เป็นอุปกรณ์กำเนิดแสงประดิษฐ์ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการนำมาใช้ทดแทนแสงอาทิตย์มากที่สุด เนื่องจากมีความยืดหยุ่นในการกำหนดช่วงความยาวคลื่นแสง ให้ความเข้มแสงต่อหน่วยพลังงานมากที่สุด รวมถึงมีค่าสัมประสิทธิ์การแปลงหน่วยจาก Lux เป็น $\mu mol.m^{-2}.s^{-1}$ ใกล้เคียงกับแสงอาทิตย์มากที่สุดเมื่อเทียบกับอุปกรณ์กำเนิดแสงประดิษฐ์อื่นๆ (จุลพัฒน์ และ วรสัณฑ์, 2563) ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาเทคโนโลยีหลอดแอลอีดีได้ถูกเริ่มนำมาเป็นแหล่งกำเนิดแสงสำหรับการเพาะปลูกพืชเพิ่มมากขึ้น โดยความยาวคลื่นแสงสีแดงและสีน้ำเงินของไฟแอลอีดีมักถูกเลือกใช้เพื่อส่งเสริมการสังเคราะห์แสงของพืช (ยศธร และ ดรุณี, 2566) ซึ่งพืชแต่ละชนิดจะตอบสนองทาง

สรีรวิทยาต่อแสงที่ได้รับแตกต่างกัน ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาอิทธิพลของความเข้มแสงจากหลอด LEDs ที่มีผลต่อผลผลิตและสารสำคัญของฟ้าทะลายโจร

วิธีการดำเนินการวิจัย

วิธีการทดลอง

1. การปลูกฟ้าทะลายโจร

ปลูกฟ้าทะลายโจร (*Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees) ในโรงงานผลิตพืช (plant factory) โดยนำต้นฟ้าทะลายโจร อายุ 90 วัน ปลูกในกระถาง 5 นิ้ว โดยใช้วัสดุปลูกเป็นดินผสม ให้น้ำปริมาณ 200 มิลลิลิตร/วัน จากนั้นย้ายไปไว้ภายใต้แสงจากหลอดแอลอีดีที่อัตราส่วนแสงสีแดงร่วมกับสีน้ำเงินที่แตกต่างกัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) 5 ทรีตเมนต์ จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 1) แสงแอลอีดีสีแดงร่วมกับสีน้ำเงินอัตราส่วน 75 : 25 2) แสงแอลอีดีสีแดงร่วมกับสีน้ำเงินอัตราส่วน 50:50 3) แสงแอลอีดีสีแดงร่วมกับสีน้ำเงินอัตราส่วน 25:75 ระยะเวลาการให้แสง 12 ชม./วัน เปรียบเทียบกับ 4) ปลูกในเรือนเพาะชำ 5) ปลูกในโรงเรือนระบบไฮโดรโพรนิกส์ โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 24± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±5 เปอร์เซ็นต์ นำส่วนของลำต้นและใบทั้งหมดชั่งน้ำหนักสดแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง เพื่อเก็บข้อมูลน้ำหนักแห้ง

2. การเตรียมตัวอย่าง

บดตัวอย่างในโกร่งให้ละเอียด และชั่งตัวอย่าง 1 g ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 10 ml เติม methanol 80 % และปรับปริมาตรให้ครบ 10 ml เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดประมาณ 7 วัน จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงโดยใช้เครื่อง Centrifuge ความเร็วรอบ 9,000 RPM ระยะเวลา 18 นาที กรองสารละลายที่ได้ จากนั้นระเหยตัวทำละลายออกโดยนำเข้าไปอบในตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 45 ° C เพื่อให้ได้สารสกัดหยาบฟ้าทะลายโจร (Crude extract)

3. การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์

3.1 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน quercitin

ชั่ง quercitin 5 mg ลงใน volumetric flask ขนาด 25 ml ละลายด้วย methanol และปรับปริมาตรจนครบ 25 ml จะได้สารละลายความเข้มข้น 200 $\mu g.mL^{-1}$ (stock solution) และเจือจางให้ได้สารละลายความเข้มข้น 20,40,60,80 และ 100 $\mu g.mL^{-1}$

3.2 การตรวจวัดปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด

นำสารละลายตัวอย่างมา 0.3 ml เจือจางด้วย methanol 1.7 ml เติม 10 % aluminium chloride 0.1 ml, 1M Sodium acetate 0.1 ml และน้ำกลั่น 2.8 ml ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที

แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 415 nm และนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณจากสมการของกราฟสารละลายมาตรฐาน quercitin (Pourmorad, Hosseinimehr and Shahabimajd, 2006)

4. การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิก

4.1 การเตรียมสารละลายกรดแกลลิก

ชั่งกรดแกลลิก (Gallic acid) หนัก 0.10 กรัม ละลายในเอทานอล 10 ml เทลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 ml และปรับปริมาตรสารละลายด้วยเอทานอลจนครบ 100 ml และเจือจางให้ได้สารละลายความเข้มข้น 10,25,50,75,100,150,200 และ 250 มิลลิกรัมต่อลิตร

4.2 การตรวจวัดปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด

นำสารสกัดหยาบฟ้าทะลายโจรปริมาตร 0.5 ml มาทำปฏิกิริยากับ Folin-Ciocalteu reagent ปริมาตร 0.5 ml และน้ำกลั่นปริมาตร 9.5 ml ใส่สารละลาย Sodium carbonate ความเข้มข้น 10 % w/v ปริมาตร 2.0 ml เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 nm และนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณจากสมการของกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก (Kosasu et al., 2015)

5. การวิเคราะห์ปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์

ใช้เทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC) โดยเตรียมสารละลายมาตรฐานตั้งต้นจากแอนโดรกราโฟไลด์มาตรฐานความเข้มข้น 0.2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และนำมาเจือจางเพื่อสร้างกราฟมาตรฐานจำนวน 6 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 0.02–0.14 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ด้วยเมทานอล 50% ก่อนกรองผ่านเมมเบรนไนลอนขนาด 0.45 ไมโครเมตร

ในการทดสอบนี้วิธีวิเคราะห์นี้ใช้คอลัมน์ Inert Sustain ชนิด C18 ขนาด 4.6 x 150 mm อนุภาค 5 µm ตั้งค่าอุณหภูมิคอลัมน์ที่ 30 สารละลายตัวพาเป็นส่วนผสมระหว่างน้ำและเมทานอล ในอัตราส่วน 45 : 55 อัตราการไหล 1 ml/min

6. การวิเคราะห์ทางสถิติ

ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Statistix 10 โดยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variance (Anova) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan s New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ผลการวิจัย

1. ผลการเจริญเติบโต น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง

จากการศึกษาการปลูกฟ้าทะลายโจรที่ปลูกภายใต้แสงจากหลอดแอลอีดีที่อัตราส่วนแสงสีแดงร่วมกับสีน้ำเงินที่แตกต่างกัน ผลการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักสดพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าน้ำหนักสดต่อต้นโดยแสงจากหลอดแอลอีดีสีแดงร่วมกับสีน้ำเงินอัตราส่วน 75:25 ให้ค่าน้ำหนักสดต่อต้นสูงที่สุด คือ 17.38 กรัม ในขณะที่การปลูกในระบบโรงเรือนไฮโดรโพรนิกส์ให้ค่าน้ำหนักสดน้อยที่สุด เท่ากับ 10.10 กรัม ส่วนผลการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักแห้ง พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการปลูกในระบบโรงเรือนไฮโดรโพรนิกส์ ให้ค่าน้ำหนักแห้งต่อต้นสูงที่สุดเท่ากับ 7.25 กรัม และแสงจากหลอดแอลอีดีสีแดงร่วมกับสีน้ำเงินอัตราส่วน 25:75 ให้ค่าน้ำหนักแห้งน้อยที่สุดเท่ากับ 3.37 กรัม (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ผลการทดลอง น้ำหนักสดเฉลี่ย น้ำหนักแห้งเฉลี่ย

ทรีตเมนต์	น้ำหนักสด (กรัม/ต้น)	น้ำหนักแห้ง (กรัม/ต้น)
แสงแอลอีดีสีแดงร่วมกับสีน้ำเงินอัตราส่วน 75 : 25	17.38^{a}	3.95^{bc}
แสงแอลอีดีสีแดงร่วมกับสีน้ำเงินอัตราส่วน 50 : 50	16.57^{ab}	4.20^{bc}
แสงแอลอีดีสีแดงร่วมกับสีน้ำเงินอัตราส่วน 25 : 75	14.96^{b}	3.37^{c}
ปลูกในเรือนเพาะชำภายใต้แสงอาทิตย์	15.04^{b}	4.60^{b}
ปลูกในระบบโรงเรือนไฮโดรโพรนิกส์	10.10^{c}	7.25^{a}
F-Test	**	**
CV. (%)	9.88	12.54

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Rang Test (DMRT)



ภาพที่ 1 ต้นฟ้าทะลายโจรที่ปลูกในทรีตเมนต์ต่างๆ ทั้ง 5 ทรีตเมนต์ (A) แสงจากหลอดแอลอีดีสีแดงร่วมกับสีน้ำเงินอัตราส่วน 75:25 ; (B) แสงจากหลอดแอลอีดีสีแดงร่วมกับสีน้ำเงินอัตราส่วน 50:50 ; (C) แสงจากหลอดแอลอีดีสีแดงร่วมกับสีน้ำเงินอัตราส่วน 25:75 ; เปรียบเทียบกับ (D) ปลูกในเรือนเพาะชำ ; (E) ปลูกในระบบโรงเรือนไฮโดรโพรนิกส์

2. ปริมาณสารสำคัญ

1) การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในฟ้าทะลายโจร

การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (TFC) โดยใช้วิธี aluminium chloride และคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลเควอซิตินต่อสารสกัด 1 กรัม (mg QE/g Extract) พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการปลูกฟ้าทะลายโจรภายใต้แสงแอลอีดีสีแดงร่วมกับสีน้ำเงินอัตราส่วน 25 : 75 มีปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดมากที่สุดเท่ากับ 19.17 mg QE/g Extract ส่วนการปลูกในเรือนเพาะชำมีปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดน้อยที่สุดเท่ากับ 8.98 mg QE/g Extract (ตารางที่ 2)

2) การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในฟ้าทะลายโจร

การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) โดยใช้วิธี Folin-Ciocalteu phenol test และคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อสารสกัด 1 กรัม (mg GAE/g Extract) พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการปลูกฟ้าทะลายโจรภายใต้แสงแอลอีดีสีแดงร่วมกับสีน้ำเงินอัตราส่วน 75 : 25 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุดเท่ากับ 146.68 mg GAE/g Extract ส่วนการปลูกในเรือนเพาะชำ มีปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดน้อยที่สุดเท่ากับ 77.31 mg GAE/g Extract (ตารางที่ 2)

3) การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในฟ้าทะลายโจรด้วยวิธี DPPH

การทดสอบการต้านอนุมูลอิสระของฟ้าทะลายโจรด้วยวิธี DPPH พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการปลูกฟ้าทะลายโจรภายใต้แสงแอลอีดีสีแดงร่วมกับสีน้ำเงินอัตราส่วน 75 : 25 ให้ค่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุด คือ 30.14 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ส่วนการปลูกในเรือนเพาะชำ ให้ค่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH น้อยที่สุด คือ 14.39 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (ตารางที่ 2)

4) การวิเคราะห์ปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์ในฟ้าทะลายโจรด้วยวิธี HPLC

การวิเคราะห์ปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์ในฟ้าทะลายโจรด้วยวิธี HPLC พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการปลูกฟ้าทะลายโจรภายในเรือนเพาะชำ ให้ค่าแอนโดรกราโฟไลด์สูงที่สุด คือ 3.11% ในขณะที่การปลูกในระบบโรงเรือนไฮโดรโพรนิกส์ ให้ค่าแอนโดรกราโฟไลด์น้อยที่สุด คือ 1.97% (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ปริมาณสารสำคัญ

ทรีตเมนต์	TFC (mg QE/g Extract)	TPC (mg GAE/g extract)	DPPH (µg/ml)	Andrographolide (% โดยน้ำหนัก)
แสงแอลอีดีสีแดงร่วมกับสีน้ำเงินอัตราส่วน 75 : 25	14.99^{b}	146.68^{a}	30.14^{a}	2.04^{b}
แสงแอลอีดีสีแดงร่วมกับสีน้ำเงินอัตราส่วน 50 : 50	14.96^{b}	152.73^{a}	29.33^{a}	1.96^{e}
แสงแอลอีดีสีแดงร่วมกับสีน้ำเงินอัตราส่วน 25 : 75	19.17^{a}	109.64^{b}	22.31^{b}	2.02^{c}
ปลูกในเรือนเพาะชำ	8.98^{c}	77.31^{c}	14.39^{c}	3.11^{a}
ปลูกในระบบโรงเรือนไฮโดรโพรนิกส์	11.37^{c}	97.77^{bc}	14.40^{c}	1.97^{d}
F-Test	**	**	**	**
CV. (%)	15.10	12.87	14.55	0.22

**มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Rang Test (DMRT)

วิจารณ์ผล

จากการศึกษาการปลูกฟ้าทะลายโจรที่ปลูกภายใต้แสงจากหลอดแอลอีดีที่อัตราส่วนแสงสีแดงร่วมกับสีน้ำเงินที่แตกต่างกัน ได้แก่ หลอดแอลอีดีสีแดงร่วมกับสีน้ำเงินอัตราส่วน 75:25 หลอดแอลอีดีสีแดงร่วมกับสีน้ำเงินอัตราส่วน 50:50 และหลอดแอลอีดีสีแดงร่วมกับสีน้ำเงินอัตราส่วน 25:75 ปลูกในเรือนเพาะชำ และปลูกในระบบโรงเรือนไฮโดรโพรนิกส์ ผู้วิจัยขออภิปรายผลการวิจัยดังนี้

1. ผลการเจริญเติบโต น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง พบว่า ฟ้าทะลายโจรมีการเจริญเติบโตดีที่สุดภายใต้แสงจากหลอดแอลอีดีสีแดงร่วมกับสีน้ำเงินอัตราส่วน 75:25 สามารถอธิบายได้จากค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดที่มากที่สุด สอดคล้องกับ บัญญัติ และคณะ (2562) ที่ศึกษาการใช้ LED จำนวน 6 สี ได้แก่ สีแดง น้ำเงิน สีแดง สีน้ำเงิน สีเขียว สีขาว และสีผสมในผักกาดหอม 4 ชนิด ได้แก่ กรีนโอ๊ค เรดโอ๊ค เรดโครอล และบัตเตอร์เฮด พบว่า การใช้ LED สีผสม (RGB) ส่งผลให้กรีนโอ๊คมีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งต้นสูงสุด และสอดคล้องกับ Heo et al. (2012) และ Johkan et al. (2010) พบว่าแสงสีแดงและสีน้ำเงินมีช่วงความยาวคลื่นที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของกรีนโอ๊ค โดยพืชสามารถดูดกลืนแสงได้ดีที่สุด 2 ช่วงความยาวคลื่นได้แก่ 400-480 นาโนเมตร (สีน้ำเงิน) และ

630-680 นาโนเมตร (สีแดง) โดยแสงสีแดงมีส่วนช่วยเพิ่มน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งรวมถึงพื้นที่ใบ ส่วนแสงสีน้ำเงินสามารถส่งเสริมการสังเคราะห์แสงการสะสมปริมาณคลอโรฟิลล์และการพัฒนาของคลอโรพลาสต์ที่มีผลโดยตรงกับการสร้างผลผลิตพืช

2. ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญ 1) ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ พบว่าการปลูกฟ้าทะลายโจรภายใต้แสงจากหลอดแอลอีดีสีแดงร่วมกับสีน้ำเงินอัตราส่วน 25:75 ส่งผลให้ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของฟ้าทะลายโจรมีค่ามากที่สุด สอดคล้องกับงานทดลองของ กษิดิ์เดช และคณะ (2561) ที่ศึกษาการเพิ่มปริมาณสารออกฤทธิ์ในเหง้าขมิ้นอ้อยภายหลังการเก็บเกี่ยวที่อยู่ภายใต้หลอด LED สีต่าง ๆ และพบว่าการให้แสงขาวหรือแสงผสมระหว่างสีแดงและสีน้ำเงินสัดส่วน 1:5 จะเพิ่มปริมาณสารสำคัญได้ดีที่สุด 2) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก พบว่า การปลูกฟ้าทะลายโจรภายใต้แสงจากหลอดแอลอีดีสีแดงร่วมกับสีน้ำเงินอัตราส่วน 50:50 ส่งผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของฟ้าทะลายโจรมีค่ามากที่สุด 3) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH พบว่า การปลูกฟ้าทะลายโจรภายใต้แสงจากหลอดแอลอีดีสีแดงร่วมกับสีน้ำเงินอัตราส่วน 75:25 ส่งผลให้ค่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมีค่ามากที่สุด สอดคล้องกับ Hernandez and Kubota (2016) และ Dou et al. (2017) ที่มีการศึกษาว่ากะเพรามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระภายใต้เงื่อนไขทางแสงด้วยสัดส่วนแสงสีแดงต่อแสงสีน้ำเงิน 1 ต่อ 2 เป็นระยะเวลา 7 วัน มากกว่าแสงสีน้ำเงินล้วน เพราะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลภายใต้เงื่อนไขทางแสงด้วยสัดส่วนแสงสีแดงต่อแสงสีน้ำเงิน 2 ต่อ 1 เป็นระยะเวลา 14 วัน มากกว่าแสงสีอื่น ๆ เนื่องจากแสงสีน้ำเงิน (ในช่วงความยาวคลื่นแสง 400 – 500 นาโนเมตร) มีการดูดกลืนแสงโดย Photoreceptor proteins ที่จะตอบสนองจำเพาะช่วงคลื่นแสงที่ชัดเจน 4) ปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์ พบว่า การปลูกในเรือนเพาะชำ ให้ค่าแอนโดรกราโฟไลด์สูงที่สุด สอดคล้องกับ จรัญ และคณะ (2553) ได้ศึกษาผลการพรางแสงที่มีต่อการเจริญเติบโตผลผลิต และปริมาณสารสำคัญของฟ้าทะลายโจร ทดลอง 4 กรรมวิธี คือ ใช้ตาข่ายพรางแสง 70,60 และ 50 % เปรียบเทียบกับไม่พรางแสง เก็บเกี่ยวผลผลิตระยะออกดอก 50% และพบว่า การปลูกฟ้าทะลายโจรโดยใช้ตาข่ายพรางแสง 60% ช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตแห้งและยังเพิ่มปริมาณนีโอแอนโดรกราโฟไลด์

สรุปผล

จากการศึกษาการปลูกฟ้าทะลายโจรที่อายุ 90 วัน นำมาให้แสงแอลอีดีอัตราส่วนแสงสีแดงร่วมกับสีน้ำเงินที่แตกต่างกัน ได้แก่ หลอดแอลอีดีสีแดงร่วมกับสีน้ำเงินอัตราส่วน 75:25 หลอดแอลอีดีสีแดงร่วมกับสีน้ำเงินอัตราส่วน 50:50 และหลอดแอลอีดีสีแดงร่วมกับสีน้ำเงินอัตราส่วน 25:75 ให้แสงเป็นเวลา 12 ชั่วโมงต่อวัน เปรียบเทียบกับ การปลูกในเรือนเพาะชำ และการปลูกในระบบโรงเรือนไฮโดรโพรนิกส์ ผลการทดลองด้านน้ำหนักสดพบว่าฟ้าทะลายโจรที่ปลูกภายใต้หลอดแอลอีดีสีแดงร่วมกับสีน้ำเงินอัตราส่วน 75:25 ให้ค่าเฉลี่ย

น้ำหนักสดมากที่สุด เท่ากับ 17.38 กรัม/ต้น ด้านน้ำหนักแห้ง พบว่าการปลูกในระบบโรงเรือนไฮโดรโพรนิกส์ให้ค่าน้ำหนักแห้งสูงสุดเท่ากับ 7.25 กรัม/ต้น ด้านปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ พบว่า แสงจากหลอดแอลอีดีสีแดงร่วมกับสีน้ำเงินอัตราส่วน 25 : 75 ให้ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของฟ้าทะลายโจรมีค่ามากที่สุด เท่ากับ 19.17 mg QE/g Extract ด้านปริมาณสารประกอบฟีนอลิก พบว่า แสงจากหลอดแอลอีดีสีแดงร่วมกับสีน้ำเงินอัตราส่วน 50:50 ให้ค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของฟ้าทะลายโจรมีค่ามากที่สุด เท่ากับ 146.68 mg GAE/g Extract ด้านฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ พบว่า การปลูกฟ้าทะลายโจรภายใต้แสงจากหลอดแอลอีดีสีแดงร่วมกับสีน้ำเงินอัตราส่วน 75:25 ส่งผลให้ค่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมีค่ามากที่สุด เท่ากับ 30.14 (µg/ml) และด้านปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์พบว่า การปลูกในเรือนเพาะชำ ให้ค่าแอนโดรกราโฟไลด์สูงที่สุด เท่ากับ 3.11% ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าแสงแอลอีดีมีศักยภาพในการเพิ่มคุณภาพทางชีวเคมีของฟ้าทะลายโจรในระบบ plant factory ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตเชิงพาณิชย์และทางเภสัชกรรมได้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร. เยาวรัตน์ วงศ์ศรีสกุลแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษาในการเขียน การค้นคว้าวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ผู้วิจัยขอขอบคุณหน่วยงานและห้องปฏิบัติการที่เอื้อเฟื้อสถานที่ เครื่องมือ และอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ที่ให้ความช่วยเหลือในการดำเนินการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล จนทำให้งานวิจัยสามารถดำเนินไปได้อย่างราบรื่น

เอกสารอ้างอิง

กษิดิ์เดช อ่อนศรี, เบญญา มะโนชัย, ปริยานุช จุลกะ, พิทักษ์ พานทอง และณัฐพงค์ จันจุฬา. 2561. การเพิ่มปริมาณสารออกฤทธิ์ในเหง้าขมิ้นอ้อยภายหลังการเก็บเกี่ยวที่อยู่ภายใต้หลอด LED สีต่าง ๆ. Thai J. Sci. Technol. 7(1): 32-47.

จริญญา ฤทธิรัมย์ และ อารักษ์ ธีรอำพน. 2562. ผลของความเข้มแสงต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดหอมในระบบแพลนท์แฟคทอรี่. วารสารแก่นเกษตร. 47(6), 1243-1250.

จรัญ ดิษฐไชยวงศ์ , เสงี่ยม แจ่มจำรูญ และ ดิเรก ตนพะยอม. 2553. วิจัยและพัฒนาการผลิตฟ้าทะลายโจรเพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพ. Thai J. Sci. Technol:53-55

จุลพัฒน์ ไม้แก้วธนวัฒน์ และ วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์. 2564. อิทธิพลของช่วงความยาวคลื่นแสง แผ่นสะท้อนแสง และพลังงานทดแทน ต่อลักษณะการสร้างมวล *Tagetes erecta* L. (ดาวเรือง) ในระยะทำใบและทำดอก. สาระศาสตร์. 1: 1-13.

บัญญัติ เศรษฐฐิติ , พชรอร แก้วเจริญ และสักการ ไก่แก้ว. 2562. ผลของการใช้ LED สีต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโต คุณภาพของผลผลิต และปริมาณไนเตรทในผักกาดหอม ภายใต้โรงเรือนควบคุม สภาพอากาศ. วิทยาศาสตร์เกษตร. 50(2):353-356.

เมทินี หลิมศิริวงษ์, อมร สหเมธาพัฒน์ และ ปิติกาญจน์ กาญจนาพฤกษ์. 2562. การผลิตสารมาตรฐาน Andrographolide. วารสารการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก. 17(3): 1-11.

สรจักร ศิริบริรักษ์. 2551. ฟ้าทะลายโจร ทลายสารพัดโรค. กรุงเทพ ฯ: บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด.

ยศธร เพ็ชรทอง และ ดรุณี นาพรหม. 2567. ผลของแสงแอลอีดีและการกระตุ้นตาดอกด้วยอุณหภูมิต่ำต่อการเจริญเติบโตและการเปลี่ยนแปลงฮอร์โมนในสตรอว์เบอร์รี่พันธุ์พระราชทาน 80. วารสารเกษตร. 40(1) :47-59.

Dou, H., Niu, G., Gu, M., & Masabni, J. G. 2017. Effects of light quality on growth and phytonutrient accumulation of herbs under controlled environments. Horticulturae. *3*: 1–11. https://doi.org/10.3390/horticulturae3010001

Heo, J. W., Kang, D. H., Bang, H. S., Hong, S. G., Chun, C., & Kang, K. K. 2012. Early growth, pigmentation, protein content, and phenylalanine ammonia-lyase activity of red colored lettuces grown under different lighting conditions. Korean Journal of Horticultural Science & Technology. *30*: 6–12.

Hernández, R., & Kubota, C. 2016. Physiological responses of cucumber seedlings under different blue and red photon flux ratios using LEDs. Environmental and Experimental Botany. *121*: 66–74. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2015.11.001

Johkan, M., Shoji, K., Goto, F., Hashida, S., & Yoshihara, T. 2010. Blue light-emitting diode irradiation of seedlings improves seedling quality after transplanting in red leaf lettuce. HortScience. *45*(12): 1809–1814.

Kosasu, T., Wongklom, A., & Moonsin, P. 2015. Total phenolics, flavonoids and antioxidant activity of freshwater macroalgae from Ubon Ratchathani, Thailand. Journal of Food Science and Agricultural Technology. *1*(1): 207–210.

Larcher, W. 2003. Physiological plant ecology: Ecophysiology and stress physiology of functional groups (4th ed.). Springer.

Pourmorad, F., Hosseinimehr, S. J., & Shahabimajd, N. 2006. Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of some selected Iranian medicinal plants. African Journal of Biotechnology. *5*(11): 1142–1145.

ผลของชีวภัณฑ์ *Bacillus* spp. ต่อการเจริญเติบโตในระยะกล้าของพริกขี้หนูผลใหญ่ศรีสะเกษ 1

Effects of *Bacillus* spp. Bio-agents on seedling growth of Sisaket 1 chili

อาจินต์ สหะชาติ[1*] และวิภา หอมหวล[1]

Arjin Sahachat[1*] and Wipa Homhaul[1]

[1]คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

[1]Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University Phitsanulok 65000

*Corresponding author E-mail: arjin.sahachat27@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของชีวภัณฑ์ *Bacillus* spp. ต่ออัตราความงอกของเมล็ดพันธุ์และการเจริญเติบโตในระยะกล้าของพริกขี้หนูผลใหญ่ศรีสะเกษ 1 โดยทำการทดสอบ 4 กรรมวิธี ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 แช่เมล็ดด้วยน้ำกลั่น (ควบคุม), กรรมวิธีที่ 2 แช่ด้วยชีวภัณฑ์ *Bacillus megaterium* NK12-1, กรรมวิธีที่ 3 แช่ด้วยชีวภัณฑ์ *Bacillus subtilis* (B-Veggie) และกรรมวิธีที่ 4 แช่ด้วยชีวภัณฑ์ทั้งสองชนิดในอัตราส่วน 1:1 วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (CRD) จำนวน 4 ซ้ำ ทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการและโรงเรือนเพาะกล้า บันทึกข้อมูลอัตราความงอกที่ 7 และ 14 วัน และบันทึกลักษณะการเจริญเติบโตเมื่อต้นกล้าพริกอายุ 30 วัน ได้แก่ ความสูงต้น ขนาดลำต้น น้ำหนักสดของส่วนเหนือดินและราก ความยาวราก และปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ ผลการทดลองพบว่า กรรมวิธีที่ 2 (*B. megaterium* NK12-1) มีอัตราความงอกสูงสุด 96.50 เปอร์เซนต์ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (91 เปอร์เซนต์) แต่ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่ 3 และ 4 ด้านความสูงของลำต้นและขนาดลำต้น ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนความยาวราก กรรมวิธีที่ 2 ให้ความยาวรากสูงสุด 3.80 เซนติเมตร แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากกรรมวิธีที่ 4 (3.61 เซนติเมตร) ด้านน้ำหนักราก กรรมวิธีที่ 2 และ กรรมวิธีที่ 3 มีน้ำหนักรากสูงสุด 0.56 กรัม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากกรรมวิธีที่ 4 (0.50 กรัม) ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพริก กรรมวิธีที่ 2 ให้ปริมาณคลอโรฟิลล์สูงสุด 31.06 SPAD Units แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากกรรมวิธีที่ 4 (30.01 SPAD Units) สรุปได้ว่าการใช้ชีวภัณฑ์ *B. megaterium* NK12-1 มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมอัตราความงอกของเมล็ดพันธุ์ การเจริญเติบโตของราก และปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพริกขี้หนูผลใหญ่ศรีสะเกษ 1 ในระยะกล้า จึงเป็นทางเลือกในการจัดการธาตุอาหารสำหรับการผลิตพริกต่อไป

คำสำคัญ : พริกขี้หนู สารชีวภัณฑ์บาซิลลัส ความงอกของเมล็ดพันธุ์

Abstract

This research aimed to investigate the effects of *Bacillus* spp. Bio-agents on seed germination rates and seedling growth of 'Sisaket 1' chili. The experiment employed a Completely Randomized Design (CRD) with four replications under laboratory and greenhouse nursery conditions. Four treatments were evaluated: 1) seeds soaked in distilled water (control); 2) seeds soaked in *Bacillus megaterium* NK12-1; 3) seeds soaked in *Bacillus subtilis* (B-Veggie); and 4) seeds soaked in a 1:1 mixture of both Bio-agents. Germination rates were recorded at 7 and 14 days, while growth characteristics including plant height, stem diameter, shoot and root fresh weight, root length, and leaf chlorophyll content were assessed in 30-day-old seedlings. The results indicated that Treatment 2 *(B. megaterium* NK12-1) yielded the highest germination rate (96.50%), which was significantly higher than the control (91%) but not significantly different from Treatments 3 and 4. Regarding plant height and stem diameter, no significant differences were observed among treatments. However, Treatment 2 resulted in the greatest root length (3.80 cm), differing significantly from Treatment 4 (3.61 cm). Similarly, Treatments 2 and 3 produced the highest root weight (0.56 g), which was significantly higher than that of Treatment 4 (0.50 g). Furthermore, Treatment 2 resulted in the highest leaf chlorophyll content (31.06 SPAD Units), differing significantly from Treatment 4 (30.01 SPAD Units). In conclusion, the *B. megaterium* NK12-1 Bio-agents effectively promotes seed germination, root development, and chlorophyll accumulation in 'Sisaket 1' chili seedlings, suggesting its potential as an alternative approach for nutrient management in chili production.

Keywords : Chilli, *Bacillus* spp. Bio-agents, Seed Germination

บทนำ

ปัจจุบันการใช้สารเคมีทางการเกษตรมากเกินไปส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ ทำให้การทำเกษตรยั่งยืนได้รับความสนใจมากขึ้น (Glick, 2012) เทคโนโลยีชีวภาพ จึงเป็นทางเลือกสำคัญในการลดการใช้ปุ๋ยเคมีและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต (Vejan et al., 2016) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อพืช (Plant Growth-Promoting Bacteria; PGPB) ซึ่งสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชผ่านกลไกต่างๆ เช่น การตรึงไนโตรเจน การละลายฟอสเฟต การผลิตฮอร์โมนพืช และการควบคุมโรคพืช (Compant et al., 2010)

พริกขี้หนูเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย โดยพริกขี้หนูผลใหญ่ศรีสะเกษ 1 เป็นพันธุ์ที่ได้รับความนิยมเนื่องจากมีผลผลิตสูงและคุณภาพดี (กรมวิชาการเกษตร, 2018) อย่างไรก็ตาม เกษตรกรส่วนใหญ่ยังคง

พึ่งพาปุ๋ยเคมีในการเพิ่มผลผลิต ซึ่งส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูงและอาจส่งผลเสียต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินในระยะยาว (Savci, 2012) ในช่วงระยะกล้า พริกมีความต้องการธาตุอาหารสูงเพื่อพัฒนาระบบรากและส่วนยอดที่แข็งแรง ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตในระยะต่อไป (Azarmi et al., 2011)

เชื้อแบคทีเรียในสกุล *Bacillus* spp. เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อพืช ช่วยในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช โดยมีรายงานการใช้ประโยชน์ในพืชหลายชนิด เช่น มะเขือเทศ (Hossain et al., 2017) พริกหวาน (Garcia-Fraile et al., 2017) และถั่วเหลือง (Masciarelli et al., 2014) *Bacillus* spp. สามารถอยู่รอดได้ในสภาพแวดล้อมที่หลากหลายเนื่องจากสามารถสร้างสปอร์ได้ นอกจากนี้ยังความสามารถผลิตสารส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช เช่น ออกซิน ไซโตไคนิน และกรดจิบเบอเรลลิก (Perez-Garcia et al., 2011) รวมทั้งสามารถละลายฟอสเฟตและผลิตไซเดอโรฟอร์เพื่อช่วยให้พืชดูดซับธาตุอาหารได้ดีขึ้น (Sharma et al., 2013)

แม้จะมีงานวิจัยเกี่ยวกับ *Bacillus* spp. ในพืชผักหลายชนิด แต่ข้อมูลในพริกขี้หนูผลใหญ่ศรีสะเกษ 1 ระยะกล้ายังมีน้อย ทั้งนี้พันธุ์พริกแต่ละพันธุ์มีลักษณะทางพันธุกรรมและความต้องการธาตุอาหารที่แตกต่างกัน (Rubio et al., 2003) การศึกษาผลของชีวภัณฑ์ *Bacillus* spp. ในพริกพันธุ์นี้จึงมีความจำเป็น เพื่อพัฒนาแนวทางการจัดการธาตุอาหารที่เหมาะสมและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะกล้าที่เป็นระยะวิกฤตของการเจริญเติบโต การวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของชีวภัณฑ์ *B. megaterium* NK12-1 ที่สามารถผลิตฮอร์โมนพืช Indole-3-acid (IAA) (ธนกฤต และคณะ, 2560) และชีวภัณฑ์ *B. subtilis* (B-Veggie) ที่พัฒนาโดยศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ ภาคใต้ ต่ออัตราความงอกของเมล็ดพันธุ์และการเจริญเติบโตในระยะกล้าของพริกขี้หนูผลใหญ่ศรีสะเกษ 1 เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำชีวภัณฑ์ไปใช้ในการผลิตพริกต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ขั้นตอนการทดลอง

ทำการเตรียมชีวภัณฑ์ 20 กรัมต่อน้ำสะอาดต้มสุก 1 ลิตร เขย่าให้เข้ากันวางไว้ในที่ร่ม 24 ชั่วโมง จากนั้นนำเมล็ดพริกมาผ่านการฆ่าเชื้อที่ผิวเมล็ดด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 3 เป็นเวลา 10 นาที ล้างด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อ 6 ครั้ง และแช่เมล็ดพริกด้วยสารละลายชีวภัณฑ์ที่เตรียมไว้ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อครบเวลานำเมล็ดพริกมาทดสอบความงอก ด้วยวิธีเพาะเมล็ดบนกระดาษ (Top of Paper: TP) ในห้องปฏิบัติการ และนำเมล็ดพริกอีกส่วนหนึ่ง มาเพาะลงถาดพลาสติกขนาด 104 หลุม โดยใช้พีทมอสเป็นวัสดุปลูก ในโรงเรือนเพาะเมล็ด (Seeding greenhouse) รดน้ำเช้า-เย็น และทำการวัดการเจริญเติบโตของต้นกล้าเมื่ออายุ 30 วัน จำนวน 4 ซ้ำๆละ 10 ต้น

2. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (completely randomized design) มีจำนวน 4 ซ้ำๆละ 100 เมล็ด มี 4 กรรมวิธีการทดลอง (treatment) ดังนี้ กรรมวิธีที่ 1 แช่ด้วยน้ำกลั่น (ควบคุม) กรรมวิธีที่ 2 แช่ด้วยชีวภัณฑ์ *B. megaterium* NK12-1 กรรมวิธีที่ 3 แช่ด้วยชีวภัณฑ์ *B. subtilis* (B-Veggie) และกรรมวิธีที่ 4 แช่ด้วยชีวภัณฑ์ *B. megaterium* NK12-1 และ *B. subtilis* (B-Veggie) ในอัตราส่วน 1 : 1

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บข้อมูลอัตราความงอก หลังจากวันเพาะเมล็ด 7 และ 14 วัน และบันทึกข้อมูล ระยะต้นกล้าอายุ 30 วัน ได้แก่ ความสูงต้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น น้ำหนักสดของส่วนเหนือดินและราก ความยาวราก และวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบ (ใบจริงที่ 2)

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

รวบรวมข้อมูลจากการศึกษานำมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้วิธี Analysis of Variance (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s new multiple range test (DMRT) ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ผลการวิจัย

จากผลการทดสอบของชีวภัณฑ์ *Bacillus* spp. ต่ออัตราความงอก และการเจริญเติบโตในระยะต้นกล้าพริกขี้หนูผลใหญ่พันธุ์ศรีสะเกษ 1 พบว่ากรรมวิธีที่ 2 มีอัตราความงอกสูงสุด เท่ากับ 96.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จากกรรมวิธีที่ 1 (91 เปอร์เซ็นต์) แต่ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่ 3 และ4 ที่ 95.50 และ 94.75 เปอร์เซ็นต์ ความสูงของลำต้น ทั้ง 4 กรรมวิธี ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กรรมวิธีที่ 1, 2, 3 และ 4 มีความสูงเท่ากับ 10.7, 10.29, 10.18 และ 10.18 เซนติเมตร ตามลำดับ ขนาดของลำต้น ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดย 4 กรรมวิธี มีขนาดลำต้นอยู่ระหว่าง 0.13-0.14 มิลลิเมตร เช่นเดียวกับน้ำหนักของลำต้น ระหว่าง 4 กรรมวิธี ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่ 4 มีน้ำหนักต้นสูงสุด 2.73 กรัม รองลงมาคือกรรมวิธีที่ 2, 1 และ 3 เท่ากับ 2.71, 2.65 และ 2.43 กรัม ตามลำดับ ในส่วนของความยาวราก กรรมวิธีที่ 2 ให้ความยาวรากสูงสุด 3.80 เซนติเมตร ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากกรรมวิธีที่ 4 เท่ากับ 3.61 เซนติเมตร แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากกรรมวิธีที่ 1 (3.62 เซนติเมตร) และกรรมวิธีที่ 3 (3.77 เซนติเมตร) น้ำหนักราก กรรมวิธีที่ 2 และ 3 มีน้ำหนักรากสูงสุด (0.56 กรัม) ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากกรรมวิธีที่ 4 (0.50 กรัม) แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากกรรมวิธีที่ 1

(0.54 กรัม) และปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพริก กรรมวิธีที่ 2 ให้ปริมาณคลอโรฟิลล์สูงสุด เท่ากับ 31.06 SPAD Units ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากกรรมวิธีที่ 4 (30.01 SPAD Units) แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากกรรมวิธีที่ 1 และกรรมวิธีที่ 3 เท่ากับ 30.53 และ 30.48 SPAD Units ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบของชีวภัณฑ์ *Bacillus* spp. ต่ออัตราความงอก และการเจริญเติบโตในระยะต้นกล้าพริกขี้หนูผลใหญ่พันธุ์ศรีสะเกษ 1

กรรมวิธี	อัตราความงอก (%)	ความสูง (cm)	ขนาดลำต้น (mm)	น้ำหนักต้น (g)	ความยาวราก (cm)	น้ำหนักราก (g)	คลอโรฟิลล์ (SPAD)
กรรมวิธีที่ 1	91[a]	10.70[a]	0.14[a]	2.65[a]	3.62[a]	0.54[ab]	30.48[ab]
กรรมวิธีที่ 2	96.50[b]	10.29[a]	0.14[a]	2.71[a]	3.80[b]	0.56[b]	31.06[b]
กรรมวิธีที่ 3	95.50[b]	10.18[a]	0.13[a]	2.43[a]	3.77[ab]	0.56[b]	30.53[ab]
กรรมวิธีที่ 4	94.75[b]	10.18[a]	0.14[a]	2.73[a]	3.61[a]	0.50[a]	30.01[a]
CV %	2.20	2.07	4.80	4.53	2.32	4.54	1.22

หมายเหตุ [a, b] ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

วิจารณ์ผล

จากผลการทดลอง พบว่าการใช้ชีวภัณฑ์ *B. megaterium* NK12-1 (กรรมวิธีที่ 2) มีผลต่ออัตราความงอกของเมล็ดพริกขี้หนูผลใหญ่ศรีสะเกษ 1 สูงสุดเท่ากับ 96.50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากกลุ่มควบคุม (91 เปอร์เซ็นต์) ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Perez-Garcia และคณะ (2011) ที่รายงานว่า *Bacillus* spp. สามารถผลิตฮอร์โมนพืชกลุ่มออกซิน (Auxin) โดยเฉพาะ Indole-3-acetic acid (IAA) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นการแบ่งเซลล์และการยืดตัวของเซลล์ในระยะ ความงอกของเมล็ด (Taiz et al., 2015) นอกจากนี้ Masciarelli และคณะ (2014) ยังพบว่า *Bacillus* spp. ที่สามารถผลิต IAA ช่วยเพิ่มอัตราความงอกของเมล็ดถั่วเหลืองได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยกลไกการทำงานของ IAA จะส่งเสริมการสังเคราะห์โปรตีนและกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายสารสะสมในเมล็ด เช่น สตาร์ชและโปรตีน เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานในการงอกของเมล็ด (Glick, 2012)

ความยาวรากของกล้าพริกที่ได้รับชีวภัณฑ์ *B. megaterium* NK12-1 (กรรมวิธีที่ 2) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 3.80 เซนติเมตร ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากกลุ่มควบคุมและกรรมวิธีที่ 4 ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับทฤษฎีการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชโดยจุลินทรีย์ (Plant Growth-Promoting Bacteria; PGPB) ที่

อธิบายโดย Compant และคณะ (2010) ว่า *Bacillus* spp. สามารถผลิตฮอร์โมนพืชหลายชนิด โดยเฉพาะ Indole-3-acetic acid (IAA) และไซโตไคนิน (Cytokinin) ซึ่งมีบทบาทในการส่งเสริมการแบ่งเซลล์และการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อที่ปลายราก (Davies, 2010)

น้ำหนักรากของกล้าพริกที่ได้รับชีวภัณฑ์ *B. megaterium* NK12-1 (กรรมวิธีที่ 2) และ *B. subtilis* (B-Veggie) (กรรมวิธีที่ 3) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.56 กรัม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากกรรมวิธีที่ 4 ผลการทดลองนี้สามารถอธิบายได้ด้วยกลไกการละลายฟอสเฟต (Phosphate Solubilization) ของ *Bacillus* spp. ตามที่ Richardson และคณะ (2009) อธิบายว่า *Bacillus* spp. สามารถผลิตกรดอินทรีย์ เช่น กรดซิตริก กรดแลกติก และกรดกลูโคนิก ซึ่งช่วยละลายฟอสเฟตที่อยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ให้กลายเป็นฟอสเฟตที่พืชดูดซับได้ ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาระบบราก เนื่องจากเป็นองค์ประกอบของ ATP และนิวคลีอิกแอซิด ซึ่งจำเป็นต่อการแบ่งเซลล์และการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อราก (Azarmi et al., 2011)

ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพริก (ใบจริงที่ 2) ที่ได้รับชีวภัณฑ์ *B. megaterium* NK12-1 (กรรมวิธีที่ 2) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 31.06 SPAD Units แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากกรรมวิธีที่ 4 (30.01 SPAD Units) ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hossain และคณะ (2017) ที่พบว่าการใช้ *Bacillus* spp. ช่วยเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบมะเขือเทศ โดยกลไกการทำงานเกี่ยวข้องกับการเพิ่มการดูดซับธาตุไนโตรเจนและแมกนีเซียม ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของคลอโรฟิลล์ (Taiz et al., 2015)

การผสมชีวภัณฑ์ชีวภัณฑ์ *B. megaterium* NK12-1 และ *B. subtilis* (B-Veggie) (กรรมวิธีที่ 4) ไม่ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าการใช้ชีวภัณฑ์เพียงชนิดเดียว โดยเฉพาะในด้านความยาวราก น้ำหนักราก และปริมาณคลอโรฟิลล์ ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับแนวคิดของ Nadeem และคณะ (2014) ที่อธิบายว่าการผสมจุลินทรีย์หลายสายพันธุ์อาจเกิดการแข่งขันกันในการใช้แหล่งอาหารและพื้นที่ในการตั้งถิ่นฐาน (Colonization) บนพื้นผิวราก ซึ่งอาจลดประสิทธิภาพของแต่ละสายพันธุ์ลง นอกจากนี้ Bashan และ de-Bashan (2010) ยังระบุว่าการผสมจุลินทรีย์ต้องคำนึงถึงความสามารถในการอยู่ร่วมกัน (Compatibility) และอัตราส่วนที่เหมาะสมของแต่ละสายพันธุ์ หากไม่เหมาะสมอาจส่งผลให้ประสิทธิภาพลดลง ดังนั้น การใช้ชีวภัณฑ์เพียงชนิดเดียวจึงมีประสิทธิภาพสูงสุด

สรุปผล

การศึกษาผลของชีวภัณฑ์ *Bacillus* spp. ต่อการเจริญเติบโตในระยะกล้าของพริกขี้หนูผลใหญ่ศรีสะเกษ 1 พบว่าการใช้ชีวภัณฑ์ *B. megaterium* NK12-1 ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด โดยมีอัตราความงอกของเมล็ดสูงสุดเท่ากับ 96.50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากกลุ่มควบคุม (91 เปอร์เซ็นต์) นอกจากนี้ยังพบว่ากรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์ *B. megaterium* NK12-1 มีความยาวรากสูงสุด (3.80 เซนติเมตร) น้ำหนักรากสูงสุด (0.56 กรัม) และปริมาณคลอโรฟิลล์สูงสุด (31.06 SPAD Units) ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากบางกรรมวิธี ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าชีวภัณฑ์ *B. megaterium* NK12-1 มีศักยภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพริกในระยะกล้า ผ่านกลไกการผลิตฮอร์โมนพืช การละลายฟอสเฟต และการเพิ่มการดูดซับธาตุอาหาร สอดคล้องกับทฤษฎี Plant Growth-Promoting Bacteria (PGPB) ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นทางเลือกในการจัดการธาตุอาหารอย่างยั่งยืน และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อลดการพึ่งพาปุ๋ยเคมีในการผลิตพริกเชิงการค้าต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.อัจฉรา เพ็งหนู ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ ภาคใต้ ที่ให้ความอนุเคราะห์ชีวภัณฑ์ *Bacillus subtilis* (B-Veggie) เพื่อใช้ในการดำเนินการวิจัยของข้าพเจ้าจนสามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. (*2561*). พันธุ์พริกขี้หนูผลใหญ่ศรีสะเกษ 1. สืบค้นจาก https://www.doa.go.th

ธนกฤต มะลิสุวรรณ และคณะ. (*2560*). การคัดแยกและทดสอบความสามารถในการผลิตฮอร์โมน IAA ของจุลินทรีย์ท้องถิ่น. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 48*(2), 245-256.

Azarmi, R., Giglou, M. T., & Taleshmikail, R. D. (*2011*). Influence of vermicompost on soil chemical and physical properties in tomato (Lycopersicum esculentum) field. *African Journal of Biotechnology, 10*(11), 2397-2401.

Azarmi, R., Hajieghrari, B., & Giglou, A. (*2011*). Effect of Trichoderma isolates on tomato seedling growth response and nutrient uptake. *African Journal of Biotechnology, 10*(13), 2644-2650. https://doi.org/10.5897/AJB10.1600

Bashan, Y., & de-Bashan, L. E. (*2010*). How the plant growth-promoting bacterium Azospirillum promotes plant growth—a critical assessment. *Advances in Agronomy, 108*, 77-136. https://doi.org/10.1016/S0065-2113(10)08002-8

Compant, S., Clement, C., & Sessitsch, A. (*2010*). Plant growth-promoting bacteria in the rhizo- and endosphere of plants: Their role, colonization, mechanisms involved and prospects forutilization.*Soil Biology and Biochemistry, 42*(5), 669-678. https://doi.org/10.1016/ j.soilbio.2009.11.024

Davies, P. J. (*2010*). The plant hormones: Their nature, occurrence, and functions. In P. J. Davies (Ed.), *Plant hormones: Biosynthesis, signal transduction, action!* (pp. 1-15). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-2686-7_1

García-Fraile, P., Menéndez, E., & Rivas, R. (*2017*). Role of bacterial biofertilizers in agriculture and forestry. *AIMS Bioengineering, 2*(3), 183-205.

Glick, B. R. (*2012*). Plant growth-promoting bacteria: Mechanisms and applications. *Scientifica, 2012*, Article 963401. https://doi.org/10.6064/2012/963401

Hossain, M. M., Sultana, F., & Islam, S. (*2017*). Plant growth-promoting fungi (PGPF): Phytostimulation and induced systemic resistance. In D. P. Singh, H. B. Singh, & R. Prabha (Eds.), *Plant-microbe interactions in agro-ecological perspectives* (pp. 135-191). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-10-6593-4_6

ISTA. (*2021*). *International rules for seed testing*. International Seed Testing Association.

Masciarelli, O., Llanes, A., & Luna, V. (*2014*). A new PGPR co-inoculated with Bradyrhizobium japonicum enhances soybean nodulation. *Microbiological Research, 169*(7-8), 609-615. https://doi.org/10.1016/j.micres.2013.10.001

Nadeem, S. M., Ahmad, M., Zahir, Z. A., Javaid, A., & Ashraf, M. (*2014*). The role of mycorrhizae and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in improving crop productivity under stressful environments. *Biotechnology Advances, 32*(2), 429-448. https://doi.org/10.1016/ j.biotechadv.2013.12.005

Perez-García, A., Romero, D., & De Vicente, A. (*2011*). Plant protection and growth stimulation by microorganisms: Biotechnological applications of Bacilli in agriculture. *Current Opinion in Biotechnology, 22*(2), 187-193.

Richardson, A. E., Barea, J. M., McNeill, A. M., & Prigent-Combaret, C. (*2009*). Acquisition of phosphorus and nitrogen in the rhizosphere and plant growth promotion by microorganisms. *Plant and Soil, 321*(1-2), 305-339. https://doi.org/10.1007/s11104-009-9895-2

Rubio, C., Fernandez, J. A., Martínez-Sanchez, F., Flores, P., Hellín, P., Moreno, D. A., & Garcia-Viguera, C. (*2003*). Characterization of ascorbate peroxidase (APX) isoenzymes in pepper (Capsicum annuum L.) fruits. *Plant Science, 165*(3), 639-645. https://doi.org/10.1016/S0168-9452(03)00242-3

Rubio, J. S., Garcia-Sanchez, F., Rubio, F., & Martínez, V. (*2003*). Yield, blossom-end rot incidence, and fruit quality in pepper plants under moderate salinity are affected by K+ and Ca2+ fertilization. *Scientia Horticulturae, 119*(2), 79-87.

Savci, S. (*2012*). An agricultural pollutant: Chemical fertilizer. *International Journal of Environmental Science and Development, 3*(1), 73-80. https://doi.org/10.7763/IJESD.2012.V3.191

Sharma, S. B., Sayyed, R. Z., Trivedi, M. H., & Gobi, T. A. (*2013*). Phosphate solubilizing microbes: Sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. *SpringerPlus, 2*, 587.

Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M., & Murphy, A. (*2015*). *Plant physiology and development* (6th ed.). Sinauer Associates.

Vejan, P., Abdullah, R., Khadiran, T., Ismail, S., & Nasrulhaq Boyce, A. (*2016*). Role of plant growth promoting rhizobacteria in agricultural sustainability—A review. *Molecules, 21*(5), 573.

การเปรียบเทียบทักษะตามหลักโมเดล BCG (Bio-Circular-Green Economy Model) ของเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันเชิงเดี่ยวและปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่น ในจังหวัดสงขลา

Comparison of Skills Based on the Bio-Circular-Green Economy Model (BCG Model) among Monoculture and Integrated Oil Palm Farmers in Songkhla Province

สุชานาถ กองวารี[1*] และ ปองพชร ธาราสุข[1]

Suchanat Kongvaree[1*] and Pongpachara Tarasook[1]

[1] คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา 90110

[1] Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla Province 90110

*Corresponding author E-mail: suaii.suchanat@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) ข้อมูลส่วนบุคคลและสภาพทางเศรษฐกิจ 2) ข้อมูลเกี่ยวกับทักษะตามหลักโมเดล BCG (Bio-Circular-Green Economy Model) ของเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันในจังหวัด กลุ่มตัวอย่างได้แก่ เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันเชิงเดี่ยว 98 ครัวเรือน และเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่น 88 ครัวเรือน รวม 186 ครัวเรือน เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์เชิงโครงสร้าง และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติเชิงอนุมาน คือ Paired Sample t-test และ Independent Sample t-test ผลการศึกษา พบว่า 1) เกษตรกรปลูกผู้ปาล์มน้ำมันเชิงเดี่ยว อายุเฉลี่ย 58.13 ปี ประสบการณ์การปลูกปาล์มน้ำมันเฉลี่ย 11.23 ปี ขนาดพื้นที่เฉลี่ย 9.25 ไร่ ปริมาณผลผลิตปาล์มน้ำมันเฉลี่ย 3,154.29 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ขณะที่เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่น อายุเฉลี่ย 59.01 ปี ประสบการณ์การปลูกปาล์มน้ำมันเฉลี่ย 9.84 ปี ขนาดพื้นที่เฉลี่ย 8.00 ไร่ ปริมาณผลผลิตปาล์มน้ำมันเฉลี่ย 2,709.92 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี 2) ทักษะตามหลักโมเดล BCG พบว่า ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันเชิงเดี่ยวและเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่น มีระดับทักษะตามหลักโมเดล BCG อยู่ในระดับน้อย ($\overline{X}$=1.87 และ 1.78) ตามลำดับ ขณะที่การใช้เทคโนโลยีกำจัดวัชพืชที่อยู่ในระดับปานกลาง หลังปลูกปาล์มน้ำมันเกษตรกรทั้งสองกลุ่มมีระดับทักษะตามหลักโมเดล BCG เพิ่มขึ้นอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$=3.37 และ 3.49) ตามลำดับ แตกต่างจากช่วงก่อนปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 ในทุกมิติของเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม พบว่า ภาพรวมทักษะตามหลักโมเดล BCG หลังปลูกปาล์มน้ำมันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างใน

บางประเด็นเฉพาะก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันเชิงเดี่ยวมีทักษะด้านการเลือกซื้อต้นพันธุ์และการปลูกพืชคลุมดินสูงกว่า ขณะที่เกษตรกรปลูกร่วมกิจกรรมอื่นมีทักษะด้านการใช้ชีวภัณฑ์สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ หลังปลูกปาล์มน้ำมันเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่นมีระดับทักษะตามหลักโมเดล BCG สูงกว่าในหลายประเด็น โดยเฉพาะด้านการจัดการน้ำ การปลูกพืชผสมผสาน การใช้ทรัพยากรหมุนเวียน และการลดการใช้สารเคมี สะท้อนบทบาทของความหลากหลายกิจกรรมต่อการพัฒนาทักษะตามแนวคิด BCG

คำสำคัญ : โมเดล BCG; ปาล์มน้ำมัน; ทักษะ; เกษตรกร; จังหวัดสงขลา

Abstract

This study aimed to examine: 1) personal characteristics and economic conditions, and 2) skills based on the Bio-Circular-Green Economy (BCG) Model of oil palm farmers in Songkhla Province. The sample consisted of 186 households, including 98 monoculture oil palm farmers and 88 oil palm farmers integrated with other agricultural activities. Data were collected using structured interviews and analyzed using descriptive statistics (mean and standard deviation) and inferential statistics, namely Paired Sample t-test and Independent Sample t-test. The results revealed that 1) monoculture oil palm farmers had an average age of 58.13 years, with an average of 11.23 years of oil palm farming experience, an average farm size of 9.25 rai, and an average yield of 3,154.29 kg per rai per year. In contrast, farmers integrating oil palm with other activities had an average age of 59.01 years, an average of 9.84 years of farming experience, an average farm size of 8.00 rai, and an average yield of 2,709.92 kg per rai per year. 2) Regarding BCG-based skills, prior to oil palm cultivation, both groups exhibited low overall skill levels ($\overline{X}$=1.87 and 1.78) respectively, with weed control technology use rated at a moderate level. After oil palm cultivation, the overall BCG skill levels of both groups significantly increased to a high level ($\overline{X}$=3.37 and 3.49) respectively, with statistically significant differences at the 0.001 level across all dimensions of the bioeconomy, circular economy, and green economy. While no significant difference was found in overall BCG skills between the two groups after cultivation, significant differences were observed in specific aspects. Before cultivation, monoculture farmers demonstrated higher skills in selecting oil palm seedlings and planting cover crops, whereas integrated farmers showed higher skills in using biological control agents. After cultivation, farmers integrating oil palm with other activities exhibited higher BCG skill levels in several aspects, particularly

water management, intercropping, utilization of circular resources, and reduction of chemical inputs, reflecting the role of agricultural diversification in enhancing BCG-based skills.

Keywords : BCG Model; Oil Palm; Skill; Farmers; Songkhla Province

บทนำ

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศเขตร้อนของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และเป็นพืชน้ำมันที่ให้ผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่สูงกว่าพืชน้ำมันชนิดอื่น (Corley and Tinker, 2008) ประเทศไทยจัดเป็นประเทศผู้ปลูกปาล์มน้ำมันรายใหญ่ลำดับที่ 3 ของโลก โดยมีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันจำนวน 6,751,372 ไร่ พื้นที่ให้ผลผลิต 6,323,317 ไร่ และมีปริมาณผลผลิตรวม 18,551,998 ตัน ซึ่งพื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ในภาคใต้ คิดเป็นร้อยละ 86.24 ของพื้นที่ปลูกทั้งหมด โดยจังหวัดสงขลาเป็นหนึ่งในจังหวัดสำคัญของภาคใต้ที่มีการปลูกปาล์มน้ำมันอย่างต่อเนื่อง มีพื้นที่ให้ผลผลิต 84,807 ไร่ และมีผลผลิตรวม 222,347 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2567ก) อย่างไรก็ตาม โครงสร้างการผลิตปาล์มน้ำมันของประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นการผลิตโดยเกษตรกรรายย่อย ซึ่งมีจำนวนมากกว่า 272,514 ครัวเรือน และเป็นแหล่งผลิตปาล์มน้ำมันมากกว่าร้อยละ 80.00 ของผลผลิตทั้งหมดของประเทศ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2567) แม้ประเทศไทยจะมีสถานะเป็นผู้ผลิตปาล์มน้ำมันรายสำคัญในระดับโลก แต่ยังไม่สามารถมีบทบาทในการกำหนดทิศทางราคาผลผลิตได้อย่างชัดเจน ส่งผลให้รายได้และความมั่นคงในการดำรงชีพของเกษตรกรมีความเปราะบางต่อความผันผวนของตลาด (ชัยวัฒน์ โศเจริญสุข, 2566) สถานการณ์ดังกล่าวยิ่งรุนแรงขึ้นจากภาวะเศรษฐกิจการเกษตรในไตรมาสที่ 2 ของปี 2567 ที่หดตัวร้อยละ 1.5 อันเป็นผลจากปรากฏการณ์เอลนีโญร่วมกับการปรับลดลงของราคาปาล์มน้ำมันในตลาดโลก (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2567ข)

เกษตรกรยังคงประสบปัญหาข้อจำกัดด้านรายได้และความไม่แน่นอนในการประกอบอาชีพ ส่งผลให้การพัฒนาการผลิตปาล์มน้ำมันจำเป็นต้องอาศัยแนวทางที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดต้นทุน และเสริมสร้างความยั่งยืนควบคู่ไปกับการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ แนวคิดโมเดล BCG (Bio-Circular-Green Economy Model) จึงเป็นแนวทางสำคัญที่มุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ ผ่านกลไกของเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการผลิตปาล์มน้ำมันในระดับเกษตรกรได้อย่างสอดคล้องและเหมาะสม (กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม, 2564) การปฏิบัติตามหลักโมเดล BCG จึงต้องอาศัยศักยภาพและความพร้อมของเกษตรกรในการนำแนวคิดดังกล่าวไปปรับใช้ในกระบวนการผลิตจริง โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้นทุนมนุษย์ ซึ่งครอบคลุมถึงความรู้ ความเข้าใจ ทักษะ และประสบการณ์ของเกษตรกรในการจัดการสวนปาล์มน้ำมันให้สอดคล้องกับหลักเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว ต้นทุนมนุษย์จึงมีบทบาทสำคัญในการกำหนดความสามารถของเกษตรกรในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดต้นทุน และสร้างความยั่งยืนในระยะยาว (DFID, 1999) ดังนั้น การศึกษาการเปรียบเทียบทักษะตามหลักโมเดล BCG (Bio-Circular-Green

Economy Model) ของเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันในจังหวัดสงขลา เพื่อสะท้อนให้เห็นถึงระดับและความแตกต่างของศักยภาพด้านต้นทุนมนุษย์ในการนำแนวคิดเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียวไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิตปาล์มน้ำมันในบริบทพื้นที่ สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนแนวทางการพัฒนาการส่งเสริม และการออกแบบมาตรการเชิงนโยบายที่เหมาะสมกับบริบทของจังหวัดสงขลา ที่ส่งผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดต้นทุน และเสริมสร้างความมั่นคงและความยั่งยืนในการประกอบอาชีพของเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมัน

วิธีการดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง การวิจัยนี้ได้ดำเนินการในพื้นที่ 16 อำเภอ ในจังหวัดสงขลา ประชากรที่ศึกษา คือ ครัวเรือนเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันที่ขึ้นทะเบียนเกษตรกรในจังหวัดสงขลา จำนวน 5,264 ครัวเรือน โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ เกษตรกรที่ผู้ปลูกปาล์มน้ำมันเชิงเดี่ยว จำนวน 4,559 ครัวเรือน และเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่นในในเอกสารสิทธิ์เดียวกัน จำนวน 705 ครัวเรือน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2567) การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของ Taro Yamane ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% และสัดส่วนความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.10 (Taro Yamane, 1973) โดยคำนวณจากประชากรทั้ง 2 กลุ่มแยกกัน ได้กลุ่มตัวอย่าง 186 ครัวเรือน แบ่งเป็น 1) กิจกรรมปลูกปาล์มน้ำมันเชิงเดี่ยว 98 ครัวเรือน และ 2) กิจกรรมปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่นในแปลงปาล์มน้ำมัน 88 ครัวเรือน ทั้งนี้ เกษตรกรกระจายอยู่ในทั้ง 16 อำเภอของจังหวัดสงขลา ผู้วิจัยจึงได้สุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิเพื่อกำหนดจำนวนที่เหมาะสมในแต่ละอำเภอ จากนั้นทำการสุ่มตัวอย่างแบบสะดวกในแต่ละอำเภอเพื่อใช้เป็นกลุ่มตัวอย่าง

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือแบบสัมภาษณ์เชิงโครงสร้างที่พัฒนาขึ้นโดยอ้างอิงจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งประเด็นคำถามเป็น 2 ตอน รายละเอียด ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคลและสภาพทางเศรษฐกิจของเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันในจังหวัดสงขลา มีลักษณะข้อคำถามเป็นแบบปลายเปิด (Open-ended Question) และปลายปิด (Closed-ended Question)

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับทักษะด้านโมเดล BCG (Bio-Circular-Green Economy Model) ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ เศรษฐกิจชีวภาพ (Bio Economy) เศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) และเศรษฐกิจสีเขียว (Green Economy) มีลักษณะข้อคำถามเป็นแบบปลายปิด (Closed-ended Question) และมีลักษณะคำตอบเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) โดยแบ่งระดับคำตอบเป็น 6 ระดับ ตามแนวคิดของ Likert (ธานินทร์ ศิลป์จารุ, 2563) ดังนี้

5 หมายถึง ทักษะ อยู่ในระดับมากที่สุด
4 หมายถึง ทักษะ อยู่ในระดับมาก
3 หมายถึง ทักษะ อยู่ในระดับปานกลาง
2 หมายถึง ทักษะ อยู่ในระดับน้อย

1 หมายถึง ทักษะ อยู่ในระดับน้อยที่สุด

0 หมายถึง ไม่มีทักษะ

การวิเคราะห์ข้อมูล

1) สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ได้แก่ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : S.D.) ซึ่งลักษณะคำตอบแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) แบ่งระดับคำตอบเป็น 6 ระดับ ตามแนวคิดของ Likert (ธานินทร์ ศิลป์จารุ, 2563) ดังนี้

1.1) ทักษะตามหลักโมเดล BCG (Bio-Circular-Green Economy Model)

ค่าเฉลี่ย 4.20-5.00 หมายถึง ทักษะ อยู่ในระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.36-4.19 หมายถึง ทักษะ อยู่ในระดับมาก

ค่าเฉลี่ย 2.52-3.35 หมายถึง ทักษะ อยู่ในระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.68-2.51 หมายถึง ทักษะ อยู่ในระดับน้อย

ค่าเฉลี่ย 0.84-1.67 หมายถึง ทักษะ อยู่ในระดับน้อยที่สุด

ค่าเฉลี่ย 0.00-0.83 หมายถึง ไม่มีทักษะ

ระดับทักษะตามหลักโมเดล BCG กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนโดยอาศัย ความสามารถในการอธิบายเชิงปฏิบัติของเกษตรกรจากประสบการณ์ของตนเอง ในแต่ละประเด็น ตัวอย่างเช่น ทักษะด้านการใช้เทคโนโลยีในการกำจัดวัชพืชในแปลงปาล์มน้ำมัน โดยใช้เครื่องตัดหญ้าเป็นกรณีศึกษา ซึ่งมีตัวชี้วัดการให้คะแนนจำนวน 5 ประเด็น ได้แก่

(1) การเลือกเครื่องตัดหญ้าที่เหมาะสมกับลักษณะพื้นที่ปลูก เช่น การใช้เครื่องตัดหญ้าแบบสะพายหรือแบบล้อเลื่อน

(2) การกำหนดความสูงของการตัด โดยตัดหญ้าให้สูงประมาณ 5–10 เซนติเมตร เพื่อช่วยรักษาความชื้นในดิน

(3) การตัดหญ้าเป็นแนวอย่างสม่ำเสมอ โดยเริ่มจากบริเวณโคนต้นปาล์มออกไปด้านข้างเพื่อลดการแพร่กระจายของวัชพืช

(4) การกำหนดความถี่ในการตัดหญ้า เช่น ทุก 30–45 วัน หรือเมื่อหญ้ามีความสูงเกิน 15 เซนติเมตร

(5) การจัดการเศษหญ้าหลังการตัดอย่างเหมาะสม เช่น การปล่อยให้ทับถมเพื่อคลุมดินหรือการนำไปทำปุ๋ยหมัก

การให้คะแนนพิจารณาจากจำนวนประเด็นที่เกษตรกรสามารถอธิบายได้ โดยหากสามารถอธิบายได้ครบทั้ง 5 ประเด็น จะให้คะแนนในระดับ 5 และหากไม่สามารถอธิบายได้เลย จะให้คะแนนในระดับ 0 ทั้งนี้ระดับคะแนนจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนประเด็นที่เกษตรกรสามารถอธิบายได้อย่างถูกต้อง

2) สถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistics) สถิติ t-test ที่ประกอบด้วย 1) การเปรียบเทียบทักษะด้านโมเดล BCG (Bio-Circular-Green Economy Model) ของเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันช่วงก่อนและหลังปลูกปาล์มน้ำมัน สำหรับเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันเชิงเดี่ยวและปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่นในเอกสารสิทธิ์เดียวกัน โดยใช้สถิติ

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกรณีกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มมีความสัมพันธ์กัน (Paired Sample t-test) และ 2) การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทักษะด้านโมเดล BCG (Bio-Circular-Green Economy Model) ระหว่างเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันเชิงเดี่ยวและปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่นในเอกสารสิทธิ์เดียวกัน โดยใช้สถิติการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกรณีกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มเป็นอิสระจากกัน (Independent Sample t-test)

ผลการวิจัย

1. ข้อมูลส่วนบุคคลและสภาพทางเศรษฐกิจของเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันในจังหวัดสงขลา

เกษตรกรปลูกผู้ปาล์มน้ำมันเชิงเดี่ยว อายุเฉลี่ย 58.13 ปี ประสบการณ์การปลูกปาล์มน้ำมันเฉลี่ย 11.23 ปี ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย นับถือศาสนาพุทธ และจบการศึกษาระดับการศึกษาประถมศึกษา ปลูกปาล์มน้ำมันอายุเฉลี่ย 10.96 ปี ขนาดพื้นที่เฉลี่ย 9.25 ไร่ เกษตรกรมีรายได้รวมของครัวเรือนเฉลี่ย 381,735.36 บาทต่อปี สัดส่วนรายได้จากภาคเกษตร ร้อยละ 75.89 ค่าใช้จ่ายรวมในครัวเรือนเฉลี่ย 202,246.02 บาทต่อปี หนี้สินครัวเรือนเฉลี่ย 148,714.29 บาท เงินออมครัวเรือนเฉลี่ย 33,852.63 บาท ปริมาณผลผลิตปาล์มน้ำมันเฉลี่ย 3,154.29 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ราคาปาล์มน้ำมันที่ขายได้เฉลี่ย 6.40 บาทต่อกิโลกรัม รายได้ปาล์มน้ำมันเฉลี่ย 20,138.65 บาทต่อไร่ต่อปี และต้นทุนการผลิตปาล์มน้ำมันเฉลี่ย 4,196.03 บาทต่อไร่ต่อปี กิจกรรมเกษตรที่ทำก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน ส่วนใหญ่ คือ ทำนา รองลงมา คือ ปลูกยางพารา เลี้ยงสัตว์/ปศุสัตว์ รับจ้างในภาคเกษตร ทำสวนผลไม้ และทำไร่ ตามลำดับ

เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่น อายุเฉลี่ย 59.01 ปี ประสบการณ์การปลูกปาล์มน้ำมันเฉลี่ย 9.84 ปี ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย นับถือศาสนาพุทธ และจบการศึกษาระดับการศึกษาประถมศึกษา ปลูกปาล์มน้ำมันอายุเฉลี่ย 9.24 ปี ขนาดพื้นที่เฉลี่ย 8.00 ไร่ เกษตรกรมีรายได้รวมของครัวเรือนเฉลี่ย 279,340.45 บาทต่อปี สัดส่วนรายได้จากภาคเกษตร ร้อยละ 78.48 ค่าใช้จ่ายรวมในครัวเรือนเฉลี่ย 125,072.75 บาทต่อปี หนี้สินครัวเรือนเฉลี่ย 25,386.36 บาท เงินออมครัวเรือนเฉลี่ย 24,181.82 บาท ปริมาณผลผลิตปาล์มน้ำมันเฉลี่ย 2,709.92 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ราคาปาล์มน้ำมันที่ขายได้เฉลี่ย 6.10 บาทต่อกิโลกรัม รายได้ปาล์มน้ำมันเฉลี่ย 16,507.67 บาทต่อไร่ต่อปี และต้นทุนการผลิตปาล์มน้ำมันเฉลี่ย 4,748.80 บาทต่อไร่ต่อปี กิจกรรมเกษตรที่ทำก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน ส่วนใหญ่ คือ ปลูกยางพารา รองลงมา คือ ทำนา ทำสวนผลไม้ ตามลำดับ กิจกรรมการเกษตรที่ทำร่วมกับปาล์มน้ำมันในเอกสารสิทธิ์เดียวกัน ได้แก่ ยางพารา กาแฟ มะพร้าว สะตอ พืชผักสวนครัว แตงโม ฟักทอง กล้วย สัปปะรด มะนาว ทุเรียน ลองกอง ฝรั่ง มังคุด หญ้า และเลี้ยงปลา

2. การเปรียบเทียบทักษะตามหลักโมเดล BCG (Bio-Circular-Green Economy Model) ของเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันเชิงเดี่ยวและปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่น ช่วงก่อนและหลังปลูกปาล์มน้ำมันในจังหวัดสงขลา

2.1 เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันเชิงเดี่ยว แบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา คือ ก่อนและหลังปลูกปาล์มน้ำมัน พบว่า ***ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน*** เกษตรกรมีภาพรวมระดับทักษะตามหลักโมเดล BCG อยู่ในระดับน้อย ($\overline{X}$=1.87) เมื่อพิจารณาแต่ละ

ประเด็น พบว่า เกษตรกรมีระดับทักษะตามหลักโมเดล BCG อยู่ในระดับปานกลาง จำนวน 1 ประเด็น คือ การใช้เทคโนโลยีในการกำจัดวัชพืชในแปลงปาล์มน้ำมัน เช่น เครื่องตัดหญ้า ซึ่งจัดอยู่ในทักษะด้านเศรษฐกิจชีวภาพ ส่วนที่เหลืออีก 50 ประเด็น เกษตรกรมีระดับทักษะตามหลักโมเดล BCG อยู่ในระดับน้อย-น้อยที่สุด ***หลังปลูกปาล์มน้ำมัน*** เกษตรกรมีภาพรวมระดับทักษะตามหลักโมเดล BCG อยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$=3.37) เมื่อพิจารณาแต่ละประเด็น พบว่า เกษตรกรมีระดับทักษะตามหลักโมเดล BCG เพิ่มขึ้นอยู่ในระดับปานกลาง-มากที่สุด เกือบทุกประเด็น แสดงให้เห็นถึงการพัฒนาทักษะของเกษตรกรภายหลังการปลูกปาล์มน้ำมัน อย่างไรก็ตาม พบว่า มี 2 ประเด็น อยู่ในระดับน้อย คือ การนำเทคโนโลยีการให้น้ำมาใช้ในแปลงปาล์มน้ำมัน และการใช้ทะลายปาล์มน้ำมันเป็นวัสดุเพาะเห็ดฟาง เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่ใช้น้ำฝนเป็นแหล่งน้ำหลักในการทำสวนปาล์มน้ำมัน ซึ่งอาจส่งผลให้ความจำเป็นในการใช้เทคโนโลยีดังกล่าวมีจำกัด ขณะที่การใช้ทะลายปาล์มน้ำมันเป็นวัสดุเพาะเห็ดฟางอาจเป็นกิจกรรมที่ต้องอาศัยทักษะเฉพาะและการจัดการเพิ่มเติม จึงอาจยังไม่ถูกนำมาใช้ในทางปฏิบัติอย่างแพร่หลายในพื้นที่ศึกษา ทั้งนี้ การเปรียบเทียบทักษะตามหลักโมเดล BCG ของเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันช่วงก่อนและหลังปลูกปาล์มน้ำมัน พบว่า ภาพรวมระดับทักษะตามหลักโมเดล BCG ของเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันเชิงเดี่ยวก่อนปลูกปาล์มน้ำมันอยู่ในระดับน้อยกว่าหลังปลูกปาล์มน้ำมัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 เมื่อพิจารณาแต่ละประเด็นจะเห็นว่า ภาพรวมทักษะเศรษฐกิจชีวภาพ ภาพรวมทักษะเศรษฐกิจหมุนเวียน และภาพรวมทักษะเศรษฐกิจสีเขียว ช่วงก่อนปลูกปาล์มน้ำมันอยู่ในระดับน้อยกว่าหลังปลูกปาล์มน้ำมัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001

2.2 เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่น แบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา คือ ก่อนและหลังปลูกปาล์มน้ำมัน พบว่า ***ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน*** เกษตรกรมีภาพรวมระดับทักษะตามหลักโมเดล BCG อยู่ในระดับน้อย ($\overline{X}$=1.78) เมื่อพิจารณาแต่ละประเด็น พบว่า เกษตรกรมีระดับทักษะด้านโมเดล BCG อยู่ในระดับปานกลาง จำนวน 1 ประเด็น คือ การใช้เทคโนโลยีในการกำจัดวัชพืชในแปลงปาล์มน้ำมัน เช่น เครื่องตัดหญ้า ซึ่งจัดอยู่ในทักษะด้านเศรษฐกิจชีวภาพ ส่วนที่เหลืออีก 50 ประเด็น เกษตรกรมีระดับทักษะตามหลักโมเดล BCG อยู่ในระดับน้อย-น้อยที่สุด ***หลังปลูกปาล์มน้ำมัน*** เกษตรกรมีภาพรวมระดับทักษะตามหลักโมเดล BCG อยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$=3.49) เมื่อพิจารณาแต่ละประเด็น พบว่า เกษตรกรมีระดับทักษะตามหลักโมเดล BCG เพิ่มขึ้นอยู่ในระดับปานกลาง-มากที่สุด เกือบทุกประเด็น แสดงให้เห็นถึงการพัฒนาทักษะของเกษตรกรภายหลังการปลูกปาล์มน้ำมัน อย่างไรก็ตาม พบว่า มี 2 ประเด็น อยู่ในระดับน้อย คือ การนำเทคโนโลยีการให้น้ำมาใช้ในแปลงปาล์มน้ำมัน และการใช้ทะลายปาล์มน้ำมันเป็นวัสดุเพาะเห็ดฟาง เช่นเดียวกับเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันเชิงเดี่ยว ทั้งนี้ การเปรียบเทียบทักษะตามหลักโมเดล BCG ของเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันช่วงก่อนและหลังปลูกปาล์มน้ำมัน พบว่า ภาพรวมระดับทักษะตามหลักโมเดล BCG ของเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่นก่อนปลูกปาล์มน้ำมันอยู่ในระดับน้อยกว่าหลังปลูกปาล์มน้ำมัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 เมื่อพิจารณาแต่ละประเด็นจะเห็นว่า ภาพรวมทักษะเศรษฐกิจชีวภาพ ภาพรวมทักษะเศรษฐกิจหมุนเวียน และภาพรวมทักษะเศรษฐกิจสีเขียว ช่วงก่อนปลูกปาล์มน้ำมันอยู่ในระดับน้อยกว่าหลังปลูกปาล์มน้ำมัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001

3. การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทักษะตามหลักโมเดล BCG (Bio-Circular-Green Economy Model) ระหว่างเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันเชิงเดี่ยวและปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่น

เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันเชิงเดี่ยว และเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่น มีระดับทักษะตามหลักโมเดล BCG ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าเฉลี่ย 3.37 และ 3.49 ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาแต่ละประเด็นพบว่ามีบางประเด็นที่เกษตรกรทั้ง 2 กลุ่ม มีระดับทักษะตามหลักโมเดล BCG แตกต่างกัน ดังนี้

3.1 เศรษฐกิจชีวภาพ

3.1.1) ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน พบว่า เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันเชิงเดี่ยวมีระดับทักษะเศรษฐกิจชีวภาพมากกว่าเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่นในเอกสารสิทธิ์เดียวกัน จำนวน 2 ประเด็น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และ 0.05 และเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันเชิงเดี่ยวมีระดับทักษะเศรษฐกิจชีวภาพน้อยกว่าเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่นในเอกสารสิทธิ์เดียวกัน จำนวน 1 ประเด็น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ดังนี้

(1) เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันเชิงเดี่ยวมีระดับเศรษฐกิจชีวภาพมากกว่าเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 จำนวน 1 ประเด็น คือ การเลือกซื้อต้นพันธุ์ปาล์มน้ำมัน ในขณะที่เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันเชิงเดี่ยวมีระดับทักษะเศรษฐกิจชีวภาพมากกว่าเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จำนวน 1 ประเด็น คือ การปลูกพืชคลุมดินในแปลงปาล์มน้ำมันเพื่อช่วยลดวัชพืชและชะลอการชะล้างหน้าดิน เนื่องจากกเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันเชิงเดี่ยวมีความมุ่งเน้นต่อการจัดการแปลงปาล์มน้ำมันเป็นหลัก จึงให้ความสำคัญกับขั้นตอนการเริ่มต้นการผลิตที่ส่งผลต่อผลผลิตในระยะยาว โดยเฉพาะการเลือกซื้อต้นพันธุ์ปาล์มน้ำมันที่มีคุณภาพและเหมาะสมกับพื้นที่ปลูก ส่งผลให้เกษตรกรกลุ่มดังกล่าวมีระดับเศรษฐกิจชีวภาพด้านการเลือกต้นพันธุ์สูงกว่าเกษตรกรที่ปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่น ขณะเดียวกันการปลูกพืชคลุมดินในแปลงปาล์มน้ำมันเป็นกิจกรรมที่สามารถดำเนินการได้เพื่อลดวัชพืชและชะลอการชะล้างหน้าดิน จึงทำให้เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันเชิงเดี่ยวมีระดับทักษะเศรษฐกิจชีวภาพในประเด็นดังกล่าวสูงกว่าเกษตรกรที่ปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่น

(2) เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันเชิงเดี่ยวมีระดับทักษะเศรษฐกิจชีวภาพน้อยกว่าเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 จำนวน 1 ประเด็น คือ การใช้ชีวภัณฑ์เพื่อควบคุมโรค/แมลงในสวนปาล์มน้ำมัน เช่น ไตรโคเดอร์มา เนื่องจากเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่นในเอกสารสิทธิ์เดียวกัน ส่วนใหญ่ปลูกยางพารา เป็นกิจกรรมเกษตรที่ทำก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน หรือขยายพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน ซึ่งในการปลูกยางพารามีการส่งเสริมการใช้ชีวภัณฑ์ในการควบคุมโรคอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้เกษตรกรกลุ่มนี้เกิดความคุ้นเคยและมีทักษะในการใช้ชีวภัณฑ์ เช่น ไตรโคเดอร์มา มากกว่า จึงสะท้อนให้เห็นว่าระดับทักษะในประเด็นดังกล่าวของเกษตรกรที่สูงกว่า

3.1.2) หลังปลูกปาล์มน้ำมัน พบว่า เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่นมีระดับทักษะเศรษฐกิจชีวภาพมากกว่าเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันเชิงเดี่ยว จำนวน 5 ประเด็น ได้แก่ การนำเทคโนโลยีการให้น้ำมาใช้ในแปลงปาล์มน้ำมัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 ในขณะที่การปลูกพืชผสมผสานในแปลงปาล์มน้ำมัน การ

ใช้น้ำหมักชีวภาพในแปลงปาล์มน้ำมัน และการนำความรู้เรื่องการระบายน้ำมาใช้ในแปลงปาล์มน้ำมัน เช่น ทำคลองระบายน้ำ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ส่วนการนำสัตว์ไปเลี้ยงในแปลงปาล์มน้ำมัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เนื่องจากเกษตรกรที่ปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่นจำเป็นต้องบริหารจัดการน้ำให้เหมาะสมกับกิจกรรมที่หลากหลาย ขณะเดียวกัน ทักษะด้านการปลูกพืชผสมผสาน การใช้น้ำหมักชีวภาพ และการนำความรู้ด้านการระบายน้ำมาใช้ เช่น การทำคลองระบายน้ำ เป็นทักษะที่เกิดจากการเรียนรู้เชิงปฏิบัติและการปรับตัวต่อบริบทพื้นที่ ซึ่งเกษตรกรกลุ่มดังกล่าวมีโอกาสสะสมประสบการณ์มากกว่า ส่วนทักษะด้านการนำสัตว์ไปเลี้ยงในแปลงปาล์มน้ำมัน แม้จะพบความแตกต่างเช่นกัน แต่เป็นกิจกรรมที่ต้องอาศัยเงื่อนไขเฉพาะด้านแรงงาน เงินทุน และการจัดการ ส่งผลให้ระดับความแตกต่างของทักษะปรากฏในระดับที่ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับประเด็นอื่น

3.2 เศรษฐกิจหมุนเวียน

3.2.1) ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน พบว่า เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันเชิงเดี่ยวมีระดับทักษะเศรษฐกิจหมุนเวียนมากกว่าเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่นในเอกสารสิทธิ์เดียวกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 จำนวน 1 ประเด็น คือ การเลี้ยงสัตว์ในสวนปาล์มเพื่อใช้มูลสัตว์เป็นปุ๋ยในสวนปาล์ม ในขณะที่เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันเชิงเดี่ยวมีระดับทักษะเศรษฐกิจหมุนเวียนมากกว่าเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จำนวน 1 ประเด็น คือ การใช้ทะลายเปล่าในการคลุมโคนปาล์มน้ำมัน เนื่องจากเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันเชิงเดี่ยวมีกิจกรรมเกษตรที่ดำเนินการมาก่อนการปลูกปาล์มน้ำมัน คือ การเลี้ยงสัตว์ ทำให้เกษตรกรกลุ่มดังกล่าวมีประสบการณ์และทักษะด้านการเลี้ยงสัตว์อยู่แล้ว โดยเฉพาะการนำมูลสัตว์มาใช้เป็นปุ๋ย ซึ่งเป็นรูปแบบของเศรษฐกิจหมุนเวียนที่อาศัยการใช้ทรัพยากรภายในระบบอย่างคุ้มค่า ช่วงก่อนการปลูกปาล์มน้ำมันทักษะดังกล่าวจึงสูงกว่าเกษตรกรที่ปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่น อีกทั้งประสบการณ์จากการเลี้ยงสัตว์เอื้อต่อการประยุกต์ใช้ทรัพยากรเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น ทะลายเปล่า เพื่อนำมาคลุมโคนปาล์มน้ำมัน ซึ่งเป็นการหมุนเวียนวัสดุภายในแปลงโดยไม่ต้องพึ่งพาปัจจัยภายนอก ส่งผลให้เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันเชิงเดี่ยวมีระดับทักษะเศรษฐกิจหมุนเวียนในประเด็นดังกล่าวสูงกว่าเกษตรกรที่ปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่น

3.2.2) หลังปลูกปาล์มน้ำมัน พบว่า เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่นมีระดับทักษะเศรษฐกิจหมุนเวียนมากกว่าเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันเชิงเดี่ยว จำนวน 1 ประเด็น คือ การใช้ทางใบปาล์มน้ำมันเป็นอาหารสัตว์ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เนื่องจากหลังการปลูกปาล์มน้ำมัน เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่นมีการเลี้ยงสัตว์ควบคู่กับการปลูกปาล์มน้ำมัน ทำให้สามารถนำวัสดุเหลือใช้จากแปลงปาล์มน้ำมัน เช่น ทางใบปาล์มน้ำมัน มาใช้เป็นอาหารสัตว์ซึ่งเป็นการใช้ทรัพยากรหมุนเวียนภายในแปลงให้เกิดประโยชน์สูงสุด

3.3 เศรษฐกิจสีเขียว

3.3.1) ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน พบว่า เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันเชิงเดี่ยวมีระดับทักษะเศรษฐกิจสีเขียวมากกว่าเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 จำนวน 1 ประเด็น คือ การตระหนักถึงการรักษาความสมดุลของระบบนิเวศน์ ในขณะที่เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันเชิงเดี่ยวมีระดับทักษะเศรษฐกิจสีเขียวมากกว่าเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จำนวน 2

ประเด็น คือ การไม่ตัดไม้ทำลายป่าเพื่อขยายพื้นที่สวนปาล์มน้ำมัน และการอนุรักษ์ดินที่ใช้ในการปลูกปาล์มน้ำมัน เนื่องจากเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันเชิงเดี่ยว มีกิจกรรมเกษตรที่ทำก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน หลากหลายกว่าเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่นในเอกสารสิทธิ์เดียวกัน ส่งผลให้เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันเชิงเดี่ยวมีประสบการณ์จากการทำกิจกรรมทางการเกษตรเดิมที่หลากหลายมาก่อน ประสบการณ์ดังกล่าวเอื้อต่อการพัฒนาทักษะที่สอดคล้องกับเศรษฐกิจสีเขียว

3.3.2) หลังปลูกปาล์มน้ำมัน พบว่า เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่นมีระดับทักษะเศรษฐกิจสีเขียวมากกว่าเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันเชิงเดี่ยว จำนวน 2 ประเด็น คือ การอนุรักษ์แหล่งน้ำที่ใช้ในการปลูกปาล์มน้ำมัน และการไม่ใช้สารเคมีกำจัดโรคพืช แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 เนื่องจากเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่นไม่ได้ทำกิจกรรมปลูกปาล์มน้ำมันเพียงอย่างเดียว แต่มีการทำกิจกรรมทางการเกษตรหลากหลายในพื้นที่เดียวกัน เช่น การปลูกพืชผสมผสาน และการเลี้ยงปลา ส่งผลให้เกษตรกรกลุ่มนี้จำเป็นต้องให้ความสำคัญกับการจัดการทรัพยากรในแปลงอย่างรอบคอบ ขณะเดียวกัน การทำเกษตรที่หลากหลายทำให้เกษตรกรต้องหาความรู้และปรับใช้แนวทางการผลิตที่ลดการพึ่งพาสารเคมี เพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อกิจกรรมอื่นที่ดำเนินควบคู่กัน ส่งผลให้เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่นมีระดับทักษะเศรษฐกิจสีเขียวสูงกว่าเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันเชิงเดี่ยว **(ตารางที่ 1)**

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทักษะตามหลักโมเดล BCG (Bio-Circular-Green Economy Model) ของเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันในจังหวัดสงขลา ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน – หลังปลูกปาล์มน้ำมัน และระหว่างกลุ่มจำแนกตามการปลูกปาล์มน้ำมันเชิงเดี่ยวและปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่น

n=186

ทักษะตามหลักโมเดล BCG	ทักษะตามหลักโมเดล BCG ของเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมัน ก่อน-หลังปลูกปาล์มน้ำมัน											
	เชิงเดี่ยว					ร่วมกับกิจกรรมอื่น					ลักษณะการปลูก	
	$\overline{X}$	S.D.	ระดับ	t	p-value	$\overline{X}$	S.D.	ระดับ	t	p-value	t	p-value
1. เศรษฐกิจชีวภาพ												
1.1 การปลูกปาล์มน้ำมันตามความเหมาะสมของพื้นที่												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	2.16	0.981	น้อย	-12.346***	.000	2.14	0.730	น้อย	-13.989***	.000	.213 ns	.831
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	3.92	0.981	มาก			3.94	1.032	มาก			-.850 ns	.397
1.2 การเตรียมพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน เช่น การยกร่องแปลง การพูนโคน												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	2.02	0.885	น้อย	-17.257***	.000	1.85	0.824	น้อย	-17.831***	.000	1.336 ns	.183
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	3.92	0.981	มาก			3.94	1.032	มาก			-.168 ns	.867
1.3 การเลือกซื้อต้นพันธุ์ปาล์มน้ำมัน												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	1.99	1.126	น้อย	-14.263***	.000	1.64	1.252	น้อยที่สุด	-14.504***	.000	2.016**	.045
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	4.06	0.847	มาก			4.18	0.917	มาก			-.932 ns	.352
1.4 การปลูกพืชผสมผสานในแปลงปาล์มน้ำมัน												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	1.74	0.912	น้อย	-15.149***	.000	1.78	0.850	น้อย	-16.786***	.000	-.302 ns	.763
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	3.37	0.751	มาก			3.65	0.788	มาก			-2.482**	.014
1.5 การนำสัตว์ไปเลี้ยงในแปลงปาล์มน้ำมัน												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	1.58	0.849	น้อยที่สุด	-11.362***	.000	1.61	0.988	น้อยที่สุด	-11.902***	.000	-.238 ns	.812
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	2.83	0.942	ปานกลาง			3.09	0.930	ปานกลาง			-1.923*	.056
1.6 การบันทึกข้อมูลการใส่ปุ๋ยปาล์มน้ำมัน												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	1.70	1.007	น้อย	-14.234***	.000	1.60	1.209	น้อยที่สุด	-13.971***	.000	.626 ns	.532
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	3.08	1.071	ปานกลาง			3.27	1.122	ปานกลาง			-1.188 ns	.236
1.7 การตรวจวิเคราะห์ดินปลูกปาล์มน้ำมัน												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	1.46	1.017	น้อยที่สุด	-17.023***	.000	1.39	1.055	น้อยที่สุด	-16.282***	.000	.479 ns	.633
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	3.07	0.944	ปานกลาง			3.24	0.959	ปานกลาง			-1.197 ns	.233

ตารางที่ 1 (ต่อ) n=186

ทักษะตามหลักโมเดล BCG	ทักษะด้านโมเดล BCG ของเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมัน ก่อน-หลังปลูกปาล์มน้ำมัน											
	เชิงเดี่ยว					ร่วมกับกิจกรรมอื่น					ลักษณะการปลูก	
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ	t	p-value	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ	t	p-value	t	p-value
1.8 การเก็บตัวอย่างใบเพื่อตรวจวิเคราะห์ใบปาล์มน้ำมัน												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	1.05	0.946	น้อยที่สุด	-13.759***	.000	1.06	1.032	น้อยที่สุด	-16.301***	.000	-.040 ns	.968
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	2.62	1.248	ปานกลาง			2.89	1.129	ปานกลาง			-1.506 ns	.134
1.9 การเก็บตัวอย่างดินเพื่อตรวจวิเคราะห์ดินปาล์มน้ำมัน												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	1.38	0.979	น้อยที่สุด	-18.301***	.000	1.41	1.046	น้อยที่สุด	-16.658***	.000	-.212 ns	.832
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	3.08	0.893	ปานกลาง			3.16	0.856	ปานกลาง			-.602 ns	.548
1.10 การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	1.49	0.987	น้อยที่สุด	-15.577***	.000	1.50	1.083	น้อยที่สุด	-15.642***	.000	-.067 ns	.946
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	3.04	1.015	ปานกลาง			3.13	1.048	ปานกลาง			-.556 ns	.579
1.11 การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ใบ												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	1.09	0.985	น้อยที่สุด	-13.379***	.000	1.18	1.160	น้อยที่สุด	-15.154***	.000	-.572 ns	.568
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	2.62	1.440	ปานกลาง			2.84	1.286	ปานกลาง			-1.087 ns	.279
1.12 การเก็บเกี่ยวผลผลิตปาล์มน้ำมัน												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	1.83	1.193	น้อย	-15.446***	.000	1.81	1.183	น้อย	-15.567***	.000	.113 ns	.910
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	3.98	0.919	มาก			4.14	0.949	มาก			-1.144 ns	.254
1.13 การใช้ปุ๋ยเคมี												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	2.09	0.874	น้อย	-15.660***	.000	2.02	0.857	น้อย	-15.108***	.000	.543 ns	.588
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	3.69	0.913	มาก			3.88	0.920	มาก			-1.346 ns	.180
1.14 การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในแปลงปาล์มน้ำมัน												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	2.29	0.974	น้อย	-12.246***	.000	2.25	0.925	น้อย	-11.883***	.000	.256 ns	.799
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	3.61	0.820	มาก			3.75	0.925	มาก			-1.076 ns	.283
1.15 การใช้ปุ๋ยชีวภาพในแปลงปาล์มน้ำมัน												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	1.43	0.974	น้อยที่สุด	-11.527***	.000	1.48	0.773	น้อยที่สุด	-12.774***	.000	-.380 ns	.705
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	2.86	1.158	ปานกลาง			3.03	0.988	ปานกลาง			-1.115 ns	.266

ตารางที่ 1 (ต่อ) n=186

ทักษะตามหลักโมเดล BCG	ทักษะด้านโมเดล BCG ของเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมัน ก่อน-หลัง											
	เชิงเดี่ยว					ร่วมกับกิจกรรมอื่น					ลักษณะการปลูก	
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ	t	p-value	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ	t	p-value	t	p-value
1.16 การใช้น้ำหมักชีวภาพในแปลงปาล์มน้ำมัน												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	2.03	0.947	น้อย	-11.034***	.000	2.15	0.953	น้อย	-12.235***	.000	-.840 ns	.402
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	3.26	1.096	ปานกลาง			3.61	0.988	มาก			-2.333**	.021
1.17 การใช้โดโลไมท์												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	1.32	1.118	น้อยที่สุด	-10.307***	.000	1.31	0.963	น้อยที่สุด	-12.904***	.000	.062 ns	.950
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	2.65	1.076	ปานกลาง			2.85	0.878	ปานกลาง			-1.389 ns	.166
1.18 การนำความรู้เรื่องการระบายน้ำมาใช้ในแปลงปาล์มน้ำมัน เช่น ทำคลองระบายน้ำ												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	2.13	0.904	น้อย	-16.401***	.000	2.33	0.840	น้อย	-15.455***	.000	-1.533 ns	.127
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	3.69	0.999	มาก			4.00	0.897	มาก			-2.189**	.030
1.19 การนำความรู้เรื่องการกักเก็บน้ำมาในแปลงปาล์มน้ำมัน เช่น การยกร่อง การขุดบ่อน้ำ												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	2.26	0.912	น้อย	-18.729***	.000	2.39	0.808	น้อย	-16.927***	.000	-1.034 ns	.302
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	3.80	1.035	มาก			3.91	0.978	มาก			-.764 ns	.446
1.20 การนำเทคโนโลยีการให้น้ำมาใช้ในแปลงปาล์มน้ำมัน												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	1.09	1.046	น้อยที่สุด	-8.267***	.000	1.24	1.017	น้อยที่สุด	-9.994***	.000	-.968 ns	.334
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	1.91	1.429	น้อย			2.47	1.268	น้อย			-2.820***	.005
1.21 การปลูกพืชคลุมดินในแปลงปาล์มน้ำมัน เพื่อช่วยลดวัชพืชและชะลอการชะล้างหน้าดิน												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	1.90	0.766	น้อย	-14.521***	.000	1.70	0.714	น้อย	-13.044***	.000	1.775*	.078
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	3.33	0.822	มาก			3.15	0.989	ปานกลาง			1.346 ns	.180

ตารางที่ 1 (ต่อ) n=186

ทักษะตามหลักโมเดล BCG	ทักษะด้านโมเดล BCG ของเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมัน ก่อน-หลัง											
	เชิงเดี่ยว					ร่วมกับกิจกรรมอื่น					ลักษณะการปลูก	
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ	t	p-value	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ	t	p-value	t	p-value
1.22 การนำศัตรูปาล์มน้ำมันที่พบในแปลงมาใช้เป็นปุ๋ยปาล์มน้ำมัน เช่น นำหนูที่ดักได้มาฝังเพื่อเป็นปุ๋ยให้ต้นปาล์ม												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	1.80	1.084	น้อย	-13.329***	.000	1.80	1.063	น้อย	-10.855***	.000	.003 ns	.998
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	3.38	1.050	มาก			3.28	1.231	ปานกลาง			.558 ns	.577
1.23 การนำเทคโนโลยีมาใช้ในการป้องกัน/กำจัดโรค แมลง เช่น โดรนพ่นยา												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	1.29	0.931	น้อยที่สุด	-10.787***	.000	1.08	0.791	น้อยที่สุด	-13.230***	.000	1.633 ns	.104
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	2.63	1.303	ปานกลาง			2.85	1.344	ปานกลาง			-1.131 ns	.260
1.24 การกำจัดโรค แมลง ด้วยวิธีธรรมชาติ เช่น ใช้กรงดักหนู												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	1.89	0.918	น้อย	-12.944***	.000	1.67	0.813	น้อยที่สุด	-15.285***	.000	1.701*	.091
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	3.24	0.862	ปานกลาง			3.34	0.725	ปานกลาง			-.817 ns	.415
1.25 การใช้ชีวภัณฑ์เพื่อควบคุมโรค/แมลงในสวนปาล์มน้ำมัน เช่น ไตรโคเดอร์มา												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	1.17	0.985	น้อยที่สุด	-12.863***	.000	1.45	0.815	น้อยที่สุด	-12.592***	.000	-2.107**	.037
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	2.63	1.205	ปานกลาง			2.98	1.017	ปานกลาง			-2.115**	.036
1.26 การใช้เทคโนโลยีในการกำจัดวัชพืชในแปลงปาล์มน้ำมัน เช่น เครื่องตัดหญ้า												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	2.98	0.908	ปานกลาง	-13.100***	.000	2.97	0.964	ปานกลาง	-12.493***	.000	.100 ns	.921
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	4.20	0.812	มากที่สุด			4.24	0.788	มากที่สุด			-.294 ns	.769
1.27 การใช้สารเคมีอย่างถูกต้องและปลอดภัย												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	2.35	0.975	น้อย	-12.341***	.000	2.28	0.857	น้อย	-13.971***	.000	.465 ns	.643
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	3.91	0.975	มาก			3.95	1.016	มาก			-.318 ns	.751

ตารางที่ 1 (ต่อ) n=186

ทักษะตามหลักโมเดล BCG	ทักษะด้านโมเดล BCG ของเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมัน ก่อน-หลัง											
	เชิงเดี่ยว					ร่วมกับกิจกรรมอื่น					ลักษณะการปลูก	
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ	t	p-value	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ	t	p-value	t	p-value
1.28 การประยุกต์ใช้วิธีการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันในช่วงน้ำท่วม เช่น ใช้เรือเก็บผลผลิต												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	1.74	0.977	น้อย	-13.815***	.000	1.67	1.003	น้อยที่สุด	-12.625***	.000	.512 ns	.609
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	3.43	1.201	มาก			3.45	1.203	มาก			-.147 ns	.883
1.29 การใช้แอปพลิเคชันจัดการฟาร์มอัจฉริยะบันทึกข้อมูลการปลูก การให้ปุ๋ย และการเก็บเกี่ยวเพื่อปรับปรุงผลผลิต												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	1.19	0.960	น้อยที่สุด	-11.688***	.000	1.28	0.994	น้อยที่สุด	-12.445***	.000	-.629 ns	.530
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	2.62	1.503	ปานกลาง			2.92	1.448	ปานกลาง			-1.374 ns	.171
ภาพรวมทักษะเศรษฐกิจชีวภาพ												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	1.74	0.524	น้อย	-19.261***	.000	1.73	0.525	น้อย	-20.113***	.000	.181 ns	.856
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	3.26	0.647	ปานกลาง			3.42	0.631	มาก			-1.757*	.081
2. เศรษฐกิจหมุนเวียน												
2.1 การใช้ทางใบปาล์มน้ำมันบดหรือสับละเอียดทำปุ๋ยหมัก												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	1.64	0.997	น้อยที่สุด	-14.049***	.000	1.68	1.012	น้อย	-13.196***	.000	-.264 ns	.792
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	3.18	0.791	ปานกลาง			3.27	0.754	ปานกลาง			-.784 ns	.434
2.2 การใช้ทางใบปาล์มน้ำมันเป็นอาหารสัตว์												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	1.01	0.831	น้อยที่สุด	-12.598***	.000	1.08	0.834	น้อยที่สุด	-13.623***	.000	-.567 ns	.571
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	2.53	1.302	ปานกลาง			2.84	1.193	ปานกลาง			-1.688*	.093
2.3 การใช้ทางใบปาล์มน้ำมันคลุมโคนต้นปาล์มน้ำมันหรือวางไว้ระหว่างแถวปาล์ม												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	1.97	1.088	น้อย	-15.427***	.000	1.70	1.166	น้อย	-14.164***	.000	1.602 ns	.111
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	3.94	1.013	มาก			4.02	0.897	มาก			-.595 ns	.552

ตารางที่ 1 (ต่อ) n=186

ทักษะตามหลักโมเดล BCG	ทักษะด้านโมเดล BCG ของเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมัน ก่อน-หลัง											
	เชิงเดี่ยว					ร่วมกับกิจกรรมอื่น					ลักษณะการปลูก	
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ	t	p-value	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ	t	p-value	t	p-value
2.4 การใช้ทะลายเปล่าในการคลุมโคนปาล์มน้ำมัน												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	1.52	0.944	น้อยที่สุด	-14.951***	.000	1.28	0.857	น้อยที่สุด	-15.097***	.000	1.780*	.077
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	3.17	0.885	ปานกลาง			3.11	0.749	ปานกลาง			.494 ns	.622
2.5 การใช้ทะลายปาล์มน้ำมันเป็นวัสดุเพาะเห็ดฟาง												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	0.90	0.793	น้อยที่สุด	-13.304***	.000	0.98	0.742	น้อยที่สุด	-12.726***	.000	-.702 ns	.484
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	2.41	1.120	น้อย			2.49	0.959	น้อย			-.523 ns	.601
2.6 การใช้ทะลายปาล์มน้ำมันทำปุ๋ยหมัก												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	1.51	0.888	น้อยที่สุด	-16.054***	.000	1.34	0.908	น้อยที่สุด	-14.770***	.000	1.284 ns	.201
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	3.04	0.772	ปานกลาง			2.89	0.718	ปานกลาง			1.408 ns	.161
2.7 การใช้ทะลายปาล์มน้ำมันเป็นเชื้อเพลิง												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	1.33	1.003	น้อยที่สุด	-10.876***	.000	1.18	0.781	น้อยที่สุด	-14.297***	.000	1.104 ns	.271
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	2.54	1.076	ปานกลาง			2.76	0.935	ปานกลาง			-1.484 ns	.139
2.8 การทำปุ๋ยหมักจากขยะเศษพืชหรือวัสดุเหลือใช้ในสวน												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	1.79	0.876	น้อย	-15.393***	.000	1.90	0.885	น้อย	-13.703***	.000	-.866 ns	.387
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	3.17	0.874	ปานกลาง			3.33	0.798	ปานกลาง			-1.267 ns	.207
2.9 การลดปริมาณขยะในสวน เช่น การใช้ซ้ำ หรือรีไซเคิลวัสดุเหลือใช้ เช่น กระสอบปุ๋ย												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	2.42	1.139	น้อย	-11.538***	.000	2.27	1.014	น้อย	-12.441***	.000	.917 ns	.360
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	3.64	0.722	มาก			3.60	0.751	มาก			.376 ns	.708
2.10 การเลี้ยงสัตว์ในสวนปาล์มเพื่อใช้มูลสัตว์เป็นปุ๋ยในสวนปาล์ม												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	1.98	0.760	น้อย	-10.828***	.000	1.74	0.823	น้อย	-10.763***	.000	2.076**	.039
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	3.21	0.888	ปานกลาง			3.19	1.071	ปานกลาง			.147 ns	.883

ตารางที่ 1 (ต่อ) n=186

ทักษะตามหลักโมเดล BCG	ทักษะด้านโมเดล BCG ของเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมัน ก่อน-หลัง											
	เชิงเดี่ยว					ร่วมกับกิจกรรมอื่น					ลักษณะการปลูก	
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ	t	p-value	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ	t	p-value	t	p-value
2.11 การลดการใช้สารเคมีในสวน												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	2.08	0.808	น้อย	-13.949***	.000	2.05	0.856	น้อย	-13.780***	.000	.296 ns	.767
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	3.48	0.692	มาก			3.60	0.720	มาก			-1.184 ns	.238
2.12 การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การนำน้ำที่ใช้แล้วกลับมาใช้ซ้ำในสวน												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	1.54	0.875	น้อยที่สุด	-14.430***	.000	1.57	0.907	น้อยที่สุด	-13.589***	.000	-.209 ns	.834
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	2.96	1.175	ปานกลาง			3.15	0.953	ปานกลาง			-1.193 ns	.234
ภาพรวมทักษะเศรษฐกิจหมุนเวียน												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	1.64	0.576	น้อยที่สุด	-17.777***	.000	1.56	0.562	น้อยที่สุด	-18.966***	.000	.907 ns	.365
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	3.11	0.589	ปานกลาง			3.19	0.558	ปานกลาง			-.964 ns	.337
3. เศรษฐกิจสีเขียว												
3.1 การไม่เผาขยะในสวนปาล์มน้ำมัน												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	2.19	1.012	น้อย	-15.181***	.000	2.02	1.213	น้อย	-12.244***	.000	1.049 ns	.296
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	4.04	0.884	มาก			4.11	0.928	มาก			-.548 ns	.584
3.2 การไม่ตัดไม้ทำลายป่าเพื่อขยายพื้นที่สวนปาล์มน้ำมัน												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	2.39	0.970	น้อย	-14.698***	.000	2.08	1.243	น้อย	-12.495***	.000	1.870*	.063
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	4.18	0.791	มาก			4.11	0.964	มาก			.544 ns	.587
3.3 การไม่ใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชในแปลง												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	2.18	0.866	น้อย	-14.903***	.000	2.18	0.977	น้อย	-14.936***	.000	.014 ns	.989
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	3.65	0.801	มาก			3.81	0.756	มาก			-1.342 ns	.181
3.4 การกำจัดสารเคมีอย่างเหมาะสม												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	2.33	0.939	น้อย	-13.018***	.000	2.23	0.991	น้อย	-14.297***	.000	.701 ns	.484
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	3.82	0.934	มาก			3.81	1.004	มาก			.067 ns	.947

ตารางที่ 1 (ต่อ) n=186

ทักษะตามหลักโมเดล BCG	ทักษะด้านโมเดล BCG ของเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมัน ก่อน-หลัง											
	เชิงเดี่ยว					ร่วมกับกิจกรรมอื่น					ลักษณะการปลูก	
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ	t	p-value	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ	t	p-value	t	p-value
3.5 การตัดหญ้าที่ไม่ใช้เครื่องตัดหญ้า และสารเคมี												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	1.89	0.848	น้อย	-11.566***	.000	1.77	0.707	น้อย	-12.056***	.000	.999 ns	.319
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	3.13	1.215	ปานกลาง			3.22	1.119	มาก			-.484 ns	.629
3.6 การตระหนักถึงการรักษาความสมดุลของระบบนิเวศน์												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	2.42	1.045	น้อย	-11.682***	.000	2.06	1.148	น้อย	-12.374***	.000	2.249**	.026
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	3.87	0.893	มาก			3.95	0.870	มาก			-.673 ns	.502
3.7 การอนุรักษ์แหล่งน้ำที่ใช้ในการปลูกปาล์มน้ำมัน												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	2.07	1.105	น้อย	-12.978***	.000	1.78	1.119	น้อย	-13.187***	.000	1.760*	.080
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	3.59	1.044	มาก			3.93	0.907	มาก			-2.376**	.019
3.8 การอนุรักษ์ดินที่ใช้ในการปลูกปาล์มน้ำมัน												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	2.31	1.103	น้อย	-12.977***	.000	2.03	0.877	น้อย	-12.025***	.000	1.887*	.061
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	3.78	0.832	มาก			3.75	0.861	มาก			.369 ns	.713
3.9 การไม่ใช้สารเคมีกำจัดโรคพืช												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	2.20	1.103	น้อย	-13.582***	.000	2.24	1.017	น้อย	-15.447***	.000	-.221 ns	.825
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	3.74	0.829	มาก			3.98	0.742	มาก			-2.017**	.045
3.10 การไม่ใช้สารเคมีกำจัดแมลง												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	2.18	1.087	น้อย	-15.243***	.000	2.17	1.074	น้อย	-14.566***	.000	.083 ns	.934
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	3.78	0.831	มาก			3.97	0.794	มาก			-1.592 ns	.113
ภาพรวมทักษะเศรษฐกิจสีเขียว												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	2.22	0.747	น้อย	-17.409***	.000	2.06	0.816	น้อย	-15.708***	.000	1.392 ns	.166
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	3.76	0.695	มาก			3.86	0.695	มาก			-1.013 ns	.312
ภาพรวมทักษะโมเดล BCG												
- ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน	1.87	0.550	น้อย	-19.149***	.000	1.78	0.568	น้อย	-19.084***	.000	1.013 ns	.312
- หลังปลูกปาล์มน้ำมัน	3.37	0.581	มาก			3.49	0.575	มาก			-1.373 ns	.171

หมายเหตุ *มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 **มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ***มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 nsไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

วิจารณ์ผล

ภาพรวมทักษะตามหลักโมเดล BCG ก่อนและหลังปลูกปาล์มน้ำมันของเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันเชิงเดี่ยว และเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่น

1) ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน พบว่า เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันเชิงเดี่ยวมีระดับทักษะตามหลักโมเดล BCG มากกว่าเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่น จำนวน 9 ประเด็น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และ 0.05 เนื่องจากเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันเชิงเดี่ยว มีกิจกรรมเกษตรที่ทำก่อนปลูกปาล์มน้ำมันที่หลากหลายกว่าเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่น ส่งผลให้เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันเชิงเดี่ยวมีประสบการณ์จากการทำกิจกรรมทางการเกษตรเดิมที่หลากหลายมาก่อน ในเรื่องการคัดเลือกปัจจัยการผลิต การจัดการศัตรูพืชด้วยวิธีธรรมชาติ การใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ในพื้นที่ และการดูแลรักษาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม ประสบการณ์ดังกล่าวเอื้อต่อการพัฒนาทักษะที่สอดคล้องกับแนวคิดของโมเดล BCG และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการเตรียมความพร้อมก่อนการปลูกปาล์มน้ำมันได้มากกว่าเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Saokhamkeo et al. (2023) เรื่อง การประเมินความรู้และการปฏิบัติของเกษตรกรต่อมาตรฐานข้าว GAP ในเขตพัฒนาชลประทาน Namxouang นครหลวงเวียงจันทน์ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว พบว่า เกษตรกรที่มีประสบการณ์และการปฏิบัติด้านการเกษตรมาก่อน มีระดับความรู้และความเข้าใจต่อมาตรฐานการผลิตทางการเกษตร (GAP) สูงกว่า ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่า ประสบการณ์มีบทบาทสำคัญต่อการรับรู้และการประยุกต์ใช้ความรู้ใหม่ของเกษตรกร ขณะที่เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันเชิงเดี่ยวมีระดับทักษะตามหลักโมเดล BCG น้อยกว่าเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่น จำนวน 1 ประเด็น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 เนื่องจากเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่น ส่วนใหญ่ปลูก ยางพารา เป็นกิจกรรมเกษตรที่ทำก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน ซึ่งในการปลูกยางพารามีการส่งเสริมการใช้ชีวภัณฑ์ในการควบคุมโรคอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้เกษตรกรกลุ่มนี้เกิดความคุ้นเคยและมีทักษะในการใช้ชีวภัณฑ์ เช่น ไตรโคเดอร์มา มากกว่าจึงสะท้อนให้เห็นว่าระดับทักษะในประเด็นดังกล่าวของเกษตรกรที่สูงกว่า สอดคล้องกับงานวิจัยของ ปุราวิช พิษฐายาภินันท์ และปาลากร สัตสือะ (2563) เรื่อง การประชาสัมพันธ์ให้ความรู้เกี่ยวกับการทำปาล์มน้ำมันแก่เกษตรกรรายย่อยในจังหวัดสตูล พบว่า เกษตรกรมีการรับข้อมูลด้านการผลิตและการจัดการสวนปาล์มน้ำมันผ่านหลายช่องทาง โดยเฉพาะเพื่อนเกษตรกร หน่วยงานส่งเสริมการเกษตร และการฝึกอบรม ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการเสริมสร้างความรู้และความเชื่อมั่นในการนำเทคนิคหรือแนวทางการจัดการใหม่ ๆ ไปใช้ในทางปฏิบัติ ทั้งนี้ เกษตรกรที่มีพื้นฐานประสบการณ์ทางการเกษตรมาก่อนย่อมมีความสามารถในการรับและประยุกต์ใช้ข้อมูลหรือองค์ความรู้ใหม่ได้ดีกว่า ส่งผลให้มีระดับทักษะด้านการใช้ชีวภัณฑ์ที่สูงกว่าอย่างชัดเจน

2) หลังปลูกปาล์มน้ำมัน พบว่า เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่นมีระดับทักษะตามหลักโมเดล BCG มากกว่าเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันเชิงเดี่ยว จำนวน 8 ประเด็น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 0.01 และ 0.05 เนื่องจากเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่นไม่ได้ทำกิจกรรมปลูกปาล์มน้ำมันเพียงอย่างเดียว แต่มีการทำกิจกรรมทางการเกษตรหลากหลายในพื้นที่เดียวกัน เช่น การปลูกพืชผสมผสาน และการเลี้ยงปลา ส่งผลให้เกษตรกรกลุ่มนี้จำเป็นต้องให้ความสำคัญกับการจัดการทรัพยากรในแปลงอย่างรอบคอบ

โดยเฉพาะการจัดการน้ำ การระบายน้ำ และการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุดและหมุนเวียนภายในแปลง ขณะเดียวกัน การทำเกษตรที่หลากหลายทำให้เกษตรกรต้องหาความรู้และปรับใช้แนวทางการผลิตที่ลดการพึ่งพาสารเคมี เพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อกิจกรรมอื่นที่ดำเนินควบคู่กัน ส่งผลให้เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่นมีระดับทักษะตามหลักโมเดล BCG สูงกว่าเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันเชิงเดี่ยว สอดคล้องกับงานวิจัยของยุทธนา เฉลียวชาติ และคณะ (2568) เรื่อง การศึกษาการทำเกษตรแบบผสมผสานของเกษตรกรในพื้นที่ตำบลโนนแดง อำเภอบ้านเขว้า จังหวัดชัยภูมิ พบว่า ความรู้เป็นปัจจัยสำคัญอย่างมากต่อการทำการเกษตรแบบผสมผสาน จะต้องอาศัยความรู้ด้านการเกษตรที่มีการเปลี่ยนแปลงใหม่ ๆ เช่น พันธุ์พืชหรือพันธุ์สัตว์ใหม่และการดูแลพืชและสัตว์ที่เปลี่ยนแปลง ความรู้ด้านเทคโนโลยีการเกษตรที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตทางเกษตรที่ช่วยให้การทำการเกษตรแบบผสมผสานได้รับผลผลิตมากขึ้นจากเดิม ผ่านการช่วยเหลือของเกษตรอำเภอหรือเกษตรตำบลผ่านช่องทางต่าง ๆ ของการเรียนรู้ ทั้งรูปแบบดั้งเดิม หรือรูปแบบใหม่

สรุปผล

เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันในจังหวัดสงขลาทั้งกลุ่มปลูกเชิงเดี่ยวและปลูกร่วมกับกิจกรรมอื่นมีลักษณะด้านประชากรและสภาพเศรษฐกิจใกล้เคียงกัน โดยส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรสูงอายุ มีประสบการณ์ด้านการเกษตรยาวนาน และพึ่งพารายได้จากภาคเกษตรเป็นหลัก อย่างไรก็ตามเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันเชิงเดี่ยวมีรายได้รวม หนี้สิน และผลผลิตต่อไร่สูงกว่า ขณะที่เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่นมีภาระหนี้สินต่ำกว่าและมีโครงสร้างการผลิตที่หลากหลายกว่า เมื่อพิจารณาทักษะตามหลักโมเดล BCG พบว่า ก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน เกษตรกรทั้งสองกลุ่มมีระดับทักษะอยู่ในระดับน้อย แต่หลังปลูกปาล์มน้ำมัน ระดับทักษะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 ในทุกมิติของเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว สะท้อนให้เห็นว่าการเรียนรู้จากการปฏิบัติจริงและประสบการณ์ภายหลังการปลูกปาล์มน้ำมันมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาทักษะของเกษตรกร ในขณะที่ภาพรวมทักษะตามหลักโมเดล BCG หลังปลูกปาล์มน้ำมันของเกษตรกรทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อพิจารณาแต่ละประเด็น พบว่า เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่นมีความโดดเด่นด้านทักษะการจัดการทรัพยากร การใช้ทรัพยากรหมุนเวียน และการลดการพึ่งพาสารเคมี ขณะที่เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันเชิงเดี่ยวมีความได้เปรียบด้านการจัดการแปลงและการเตรียมปัจจัยการผลิตในระยะเริ่มต้น ผลการศึกษานี้สะท้อนว่า ความหลากหลายของกิจกรรมเกษตรมีส่วนช่วยเสริมสร้างทักษะตามแนวคิด BCG และเอื้อต่อการดำรงชีพอย่างยั่งยืนของเกษตรกรในระยะยาว ดังนั้น ภาครัฐควรออกแบบการส่งเสริมและถ่ายทอดความรู้ด้าน BCG แบบแยกกลุ่มเกษตรกร โดยเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันเชิงเดี่ยวควรได้รับการสนับสนุนด้านการต่อยอดทักษะเศรษฐกิจหมุนเวียนและเศรษฐกิจสีเขียว เช่น การใช้ชีวภัณฑ์ การจัดการน้ำ และการลดการพึ่งพาสารเคมี ขณะที่เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันร่วมกับกิจกรรมอื่นควรได้รับการส่งเสริมด้านการจัดการแปลงปาล์มน้ำมันอย่างเป็นระบบ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตในระยะยาว

กิตติกรรมประกาศ

-

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2567. ปรับปรุงทะเบียนเกษตรกร. แหล่งข้อมูล: https://farmer.doae.go.th/. ค้นเมื่อ 1 กุมภาพันธ์ 2567.

กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม. 2564. แผนปฏิบัติการด้านการขับเคลื่อนการพัฒนาประเทศไทยด้วยโมเดลเศรษฐกิจ BCG พ.ศ. 2564-2570. แหล่งข้อมูล: https://waa.inter.nstda.or.th/stks/pub/bcg/20211228-BCG- Action-Plan-2564-2570.pdf. ค้นเมื่อ 28 กุมภาพันธ์ 2566.

ชัยวัฒน์ โศเจริญสุข. 2566. แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรม ปี 2567-2569 อุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม. แหล่งข้อมูล: https://www.krungsri.com/th/research/industry/industry-outlook/agriculture/palm-oil/io/plam-oil-industry-2024-2026. ค้นเมื่อ 10 เมษายน 2567.

ธานินทร์ ศิลป์จารุ. 2563. การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS และ AMOS. บิสซิเนสอาร์แอนด์ดี, กรุงเทพฯ.

ปุราวิช พิษฐายาภินันท์ และปาลากร สัตสึเอะ. 2563. การประชาสัมพันธ์ให้ความรู้เกี่ยวกับการทำปาล์มน้ำมันแก่เกษตรกรรายย่อยในจังหวัดสตูล. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย. 40:32–147.

ยุทธนา เฉลียวชาติ สมมาตร คงเรือง ทินกร จันทร์มณี และปรีชา รักษ์เมือง. 2568. การศึกษาการทำเกษตรแบบผสมผสานของเกษตรกรในพื้นที่ตำบลโนนแดง อำเภอบ้านเขว้า จังหวัดชัยภูมิ. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยการจัดการและเทคโนโลยีอีสเทิร์น. 22:32-46.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2567ก. ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร. แหล่งข้อมูล: https://oae.go.th/home/article/475. ค้นเมื่อ 18 ธันวาคม 2568.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2567ข. ภาวะเศรษฐกิจการเกษตรไตรมาส 2 ปี 2567. แหล่งข้อมูล: https://www.opsmoac.go.th/chonburi-warning-files-462791791209. ค้นเมื่อ 18 ธันวาคม 2567.

Corley, R. H. and Tinker, P. B. 2008. The Oil Palm. John Wiley & Sons.

Department for International Development. 1999. Sustainable livelihoods guidance sheets. Department for International Development (DFID).

Phoukeo Saokhamkeo, Rapee Dokmaithes, Jamnian Chompoo and Cherdpong Kheerajitt. 2023. Assessment of Farmer Knowledge and Practices towards Rice GAP Standard in Namxouang Irrigation Development Area, Vientiane Capital, Lao PDR. KKU International Journal of Humanities and Social Sciences. 13:3. 112-141.

Yamane, T. 1973. Statistics: An introductory analysis (3rd ed.). Harper & Row.

แนวทางการส่งเสริมและพัฒนา Young Smart Farmer จังหวัดนราธิวาส

Approaches to Agricultural Extension and Development for Young Smart Farmers in Narathiwat Province

ประจักษ์ เทพคุณ[1], อภิญญา รัตนไชย[1*]

Prajak Thepkun[1], Apinya Ratanachai[1]

[1]**สาขาวิชานวัตกรรรมการเกษตรและการจัดการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์**

[1]**Agricultural Innovation and Management Division, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University**

***Corresponding author E-mail: prajakthepkun@gmail.com**

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาข้อมูลพื้นฐาน ความต้องการความรู้ ความต้องการวิธีการส่งเสริมการเกษตร และเสนอแนวทางการส่งเสริมการเกษตรสำหรับ Young Smart Farmer จังหวัดนราธิวาส กลุ่มตัวอย่าง 147 ราย ใช้แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ผลการวิจัยพบว่า Young Smart Farmer ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย อายุเฉลี่ย 35 ปี จบปริญญาตรี ทำเกษตรแบบผสมผสาน พื้นที่เฉลี่ย 9.75 ไร่ รายได้เฉลี่ย 135,032 บาทต่อปี มีปัญหาระดับปานกลางด้านความรู้ สภาพแวดล้อม ปัจจัยการผลิต และการส่งเสริมการเกษตร เข้าถึงสื่อออนไลน์ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.70) มีความต้องการความรู้ระดับมากที่สุดในด้านระบบ Smart Farm ($\bar{X}$ = 4.08) การแปรรูปและเพิ่มมูลค่า ($\bar{X}$ = 4.02) การพัฒนาบรรจุภัณฑ์และแบรนด์ ($\bar{X}$ = 4.00) และต้องการวิธีการส่งเสริมแบบกลุ่ม ($\bar{X}$ = 3.92) โดยเฉพาะทัศนศึกษาดูงาน ($\bar{X}$ = 4.24) การวิจัยเสนอแนะให้ใช้การส่งเสริมแบบผสมผสานทั้งรายบุคคล รายกลุ่ม และมวลชน ผ่านสื่อออนไลน์และกิจกรรม โดยเจ้าหน้าที่ภาครัฐ อาสาสมัครเกษตร และ Young Smart Farmer เป็นผู้ถ่ายทอดความรู้คำ

คำสำคัญ : Young Smart Farmer, การส่งเสริมการเกษตร, ความต้องการความรู้, นราธิวาส

Abstract

This research aimed to study backgrounds, knowledge requirements, agricultural extension method preferences, and propose extension approaches for Young Smart Farmers in Narathiwat Province. The sample consisted of 147 farmers using structured interviews and descriptive statistics for data analysis. Results showed that most Young Smart Farmers were male, average age 35 years, holding bachelor's degrees, practicing integrated farming, with average farmland of 9.75 rai and annual income of 135,032 baht. They experienced moderate-level

problems in knowledge, environment, production factors, and agricultural extension. Online media access was high ($\bar{X}$ = 3.70). Knowledge demands were highest for Smart Farm systems ($\bar{X}$ = 4.08), processing and value addition ($\bar{X}$ = 4.02), and packaging/branding development ($\bar{X}$ = 4.00). They preferred group extension methods ($\bar{X}$ = 3.92), especially study tours ($\bar{X}$ = 4.24). The study recommends integrated extension approaches combining individual, group, and mass methods through online media and activities, with government officers, agricultural volunteers, and Young Smart Farmers as knowledge disseminators.

Keywords: Young Smart Farmer, agricultural extension, knowledge requirements, Narathiwat

บทนำ

เกษตรกร ถือเป็นทรัพยากรมนุษย์ที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาภาคการเกษตรและเศรษฐกิจของประเทศ ในบริบทของการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยี ปัญหาเศรษฐกิจและสังคม ความเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติ ความผันผวนของสภาพภูมิอากาศ และการเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ การพัฒนาศักยภาพเกษตรกรจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้สามารถปรับตัวและพัฒนาอาชีพอย่างยั่งยืน สอดคล้องกับวิสัยทัศน์ยุทธศาสตร์เกษตรและสหกรณ์ ระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2560-2579) ที่มุ่งสู่ "เกษตรกรมั่นคง ภาคการเกษตรมั่งคั่ง ทรัพยากรการเกษตรยั่งยืน" (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2561) กรมส่งเสริมการเกษตรได้ดำเนินนโยบายพัฒนาเกษตรกรปราดเปรื่อง (Smart Farmer) ตั้งแต่ปี 2557 โดยกำหนดให้เกษตรกรอายุ 17-45 ปี เป็นกลุ่มเกษตรกรรุ่นใหม่และยกระดับการพัฒนาสู่ Young Smart Farmer ผ่านกระบวนการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และการสร้างเครือข่าย โดยเน้นให้เกษตรกรเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้และออกแบบกระบวนการพัฒนาด้วยตนเอง มีเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยการเรียนรู้ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2565) โครงการนี้มีเป้าหมายเพื่อพัฒนาเกษตรกรรุ่นใหม่ให้มีความสามารถทดแทนเกษตรกรผู้สูงอายุ สร้างแรงจูงใจให้คนรุ่นใหม่หันมาประกอบอาชีพเกษตรกรรม โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการตลาด พัฒนาสู่การเป็นเกษตรกรมืออาชีพและผู้นำทางการเกษตรในท้องถิ่น รวมทั้งขับเคลื่อนงานส่งเสริมการเกษตรและสร้างความเข้มแข็งให้แก่องค์กรเกษตรกรและชุมชน (สำนักงานเกษตรจังหวัดมหาสารคาม, 2564) จังหวัดนราธิวาสได้ดำเนินโครงการพัฒนาเกษตรกรรุ่นใหม่ตั้งแต่ปี 2557 ประกอบด้วย 4 กระบวนการหลัก ได้แก่ การจัดทำแผนพัฒนาตนเอง การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างเกษตรกรรุ่นใหม่กับพี่เลี้ยง การเชื่อมโยงเครือข่ายเพื่อแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ เทคโนโลยีและกิจกรรมการเกษตร และการประเมินศักยภาพตามคุณสมบัติที่กรมส่งเสริมการเกษตรกำหนด (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2562) ปัจจุบันจังหวัดนราธิวาสมีเกษตรกรที่ได้รับการขึ้นทะเบียนเป็น Young Smart Farmer จำนวน 231 คน แม้ว่าเกษตรกรกลุ่มนี้จะเป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาภาคการเกษตร แต่ยังจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาศักยภาพเพิ่มเติมตามเกณฑ์ที่กรมส่งเสริมการเกษตรกำหนด ใน 6 ด้าน ได้แก่ ความรู้ในการประกอบอาชีพ การใช้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจ การบริหารจัดการผลผลิตและ

การตลาด การตระหนักถึงคุณภาพสินค้าและความปลอดภัยของผู้บริโภค ความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมและสังคม และความภาคภูมิใจในอาชีพเกษตรกร การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคล สังคมและเศรษฐกิจ การทำการเกษตร สื่อในการรับความรู้ข้อมูลข่าวสารด้านการเกษตร และปัญหาในการทำการเกษตรของ Young Smart Farmer จังหวัดนราธิวาส 2) ศึกษาความต้องการความรู้ และความต้องการวิธีการส่งเสริมการเกษตรของ Young Smart Farmer จังหวัดนราธิวาส และ 3) เสนอแนะแนวทางในการส่งเสริมการเกษตรสำหรับ Young Smart Farmer จังหวัดนราธิวาส

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) โดยประชากรที่ใช้ในการศึกษาคือ เกษตรกรที่ผ่านการประเมินคุณสมบัติให้เป็น Young Smart Farmer ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557-2567 ของสำนักงานเกษตรจังหวัดนราธิวาส จำนวน 231 ราย การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของ Yamane (Yamane, 1967) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% คำนวณได้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 147 ราย โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple Random Sampling) กระจายครอบคลุมพื้นที่ 13 อำเภอของจังหวัดนราธิวาส

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือแบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง (Structured Interview) ประกอบด้วย 2 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ให้สัมภาษณ์ ครอบคลุมด้านเพศ อายุ ระดับการศึกษา ประสบการณ์ในการทำการเกษตร รายได้ และพื้นที่ทำการเกษตร และตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับความถี่ในการเข้าถึงสื่อประเภทต่าง ๆ ปัญหาในการทำการเกษตร ความต้องการความรู้ และความต้องการวิธีการส่งเสริมการเกษตร ผู้วิจัยประเมินประสิทธิภาพของเครื่องมือโดยการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Index of Item-Objective Congruence: IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน ได้ค่าเท่ากับ 0.95 และทดสอบความเชื่อมั่นด้วยสัมประสิทธิ์แอลฟาของ Cronbach ได้ค่าเท่ากับ 0.853 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้สำหรับการวิจัยทางสังคมศาสตร์

การเก็บรวบรวมข้อมูลดำเนินการระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึง ตุลาคม พ.ศ. 2568 ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ได้แก่ ค่าความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ค่าต่ำสุด (Minimum) และค่าสูงสุด (Maximum) เพื่ออธิบายข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคล สังคมและเศรษฐกิจ การทำการเกษตร การรับรู้ข้อมูลข่าวสาร ปัญหาในการทำการเกษตร และความต้องการการส่งเสริมการเกษตรของ Young Smart Farmer

ผลการวิจัย และวิจารณ์ผล

1) ข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคล สังคม เศรษฐกิจ และการทำการเกษตรของ Young Smart Farmer จังหวัดนราธิวาส Young Smart Farmer ของจังหวัดนราธิวาสส่วนใหญ่เป็นเพศชาย 102 ราย (ร้อยละ 69.4) นับถือศาสนาอิสลาม 114 ราย (ร้อยละ 77.6) มีอายุเฉลี่ยประมาณ 35 ปี มากกว่าครึ่งหนึ่งจบการศึกษาระดับปริญญาตรี 83 ราย (ร้อยละ 56.5) และสมรสแล้ว 83 ราย (ร้อยละ 56.5) มีสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 2.4 คน ด้านการ

เป็นสมาชิกกลุ่มหรือองค์กรการเกษตร พบว่า 97 ราย (ร้อยละ 66.0) เป็นสมาชิกกลุ่มหรือองค์กรด้านการเกษตร โดยเป็นสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนมากที่สุด 50 ราย (ร้อยละ 34.0) รองลงมาคือสมาชิกศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร 45 ราย (ร้อยละ 30.6) และสมาชิกเกษตรแปลงใหญ่ 40 ราย (ร้อยละ 27.2) สำหรับตำแหน่งทางสังคม พบว่าเป็นอาสาสมัครเกษตรมากที่สุด 50 ราย (ร้อยละ 34.0) ด้านอาชีพและรายได้ พบว่ามีอาชีพหลักเป็นเกษตรกร 78 ราย (ร้อยละ 53.1) และบางส่วนทำการเกษตรเป็นอาชีพรอง 73 ราย (ร้อยละ 49.7) มีพื้นที่ทำการเกษตรเฉลี่ย 9.75 ไร่ ส่วนใหญ่มีรายได้จากการทำเกษตรน้อยกว่า 100,000 บาทต่อปี 90 ราย (ร้อยละ 61.2) โดยมีรายได้เฉลี่ยจากการทำเกษตร 135,032 บาทต่อปี ด้านการทำการเกษตร Young Smart Farmer ของจังหวัดนราธิวาสมีประสบการณ์ในการทำการเกษตรเฉลี่ย 6.8 ปี เกือบครึ่งหนึ่งทำเกษตรแบบผสมผสาน 69 ราย (ร้อยละ 46.9) สอดคล้องกับ ศรีวิตรา ปิ่นตบแต่ง (2559) ที่พบว่าผู้เข้าร่วมโครงการพัฒนาเกษตรกรรุ่นใหม่ให้เป็น Young Smart Farmer ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย อายุ 36-45 ปี จบการศึกษาระดับปริญญาตรี และทำการเกษตรแบบผสมผสาน กิจกรรมทางการเกษตรของ Young Smart Farmer จังหวัดนราธิวาสประกอบด้วย ไม้ผล พืชผัก ยางพารา ปาล์มน้ำมัน ปศุสัตว์ ประมง เห็ด และผึ้งชันโรง นอกจากนี้ ร้อยละ 32.0 ได้ถูกรับเชิญให้เป็นวิทยากรเพื่อถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์ให้กับผู้ที่สนใจด้านการเกษตร

2) การรับความรู้ข้อมูลข่าวสารด้านการเกษตร ของ Young Smart Farmer จังหวัดนราธิวาสครอบคลุม 5 ประเภทสื่อ ได้แก่ สื่อออนไลน์ สื่อบุคคล สื่อกิจกรรม สื่ออิเล็กทรอนิกส์ และสื่อสิ่งพิมพ์ พบผลดังนี้

สื่อออนไลน์: Young Smart Farmer มีความถี่ในการเข้าถึงสื่อออนไลน์ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.70) หรือประมาณสัปดาห์ละ 3-6 ครั้ง โดยเข้าถึงผ่านเฟซบุ๊กในระดับมากที่สุด รองลงมาคือยูทูบ ไลน์ และเว็บไซต์ต่าง ๆ ในระดับมาก และติ๊กต๊อกในระดับปานกลาง สอดคล้องกับการศึกษาของ ธิรดา วงษ์กุดเลาะ (2561), นลทวรรณ มากหลาย (2557), ชญาณ์พิมพ์ พรหมจันทร์ (2562) และนันทิยา ศรีทัดจันทา (2557) ที่พบว่าเกษตรกรรุ่นใหม่ได้รับข้อมูลข่าวสารด้านการเกษตรจากแหล่งเทคโนโลยีสารสนเทศในระดับมาก โดยเฉพาะเฟซบุ๊ก ไลน์ และยูทูบ เนื่องจาก Young Smart Farmer เป็นกลุ่มคนรุ่นใหม่ที่มีความกระตือรือร้นในการแสวงหาข้อมูลและสามารถใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการเข้าถึงความรู้ (สินีนุช ครุฑเมือง และคณะ, 2564) ประกอบกับปัจจุบันการเข้าถึงอินเทอร์เน็ตมีความสะดวกมากขึ้นผ่านโทรศัพท์มือถือ โดยสำนักงานสถิติแห่งชาติ (2565) รายงานว่าประเทศไทยมีผู้ใช้อินเทอร์เน็ต 56.7 ล้านคน และมีโทรศัพท์มือถือ 57.5 ล้านเครื่อง นอกจากนี้ Young Smart Farmer ในจังหวัดนราธิวาสส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับปริญญาตรี ทำให้การใช้สื่อออนไลน์เป็นเรื่องที่ทำได้ง่ายและสะดวก ทั้งในการหาความรู้และใช้เป็นช่องทางจำหน่ายสินค้า (ชัยภัทร คำวิชิตธนาภา และคณะ, 2563) ดังนั้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องทางด้านการเกษตร เช่น กรมส่งเสริมการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรมการข้าว และกรมพัฒนาที่ดิน ควรใช้ประโยชน์จากช่องทางออนไลน์เหล่านี้ด้วยการผลิตและเผยแพร่องค์ความรู้ผ่านสื่อออนไลน์ให้มากขึ้น รวมทั้งใช้เป็นช่องทางการสื่อสารระหว่างเจ้าหน้าที่กับเกษตรกรเพื่อให้เกิดความใกล้ชิดและสื่อสารได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

สื่อบุคคล: Young Smart Farmer มีความถี่ในการเข้าถึงสื่อที่เป็นบุคคลในระดับปานกลาง ($\bar{X}$ = 3.00) หรือประมาณเดือนละ 3-8 ครั้ง โดยเข้าถึงในระดับมากจากเจ้าหน้าที่ภาครัฐและอาสาสมัครเกษตร ระดับปาน

กลางจากปราชญ์ชาวบ้าน เพื่อนบ้าน และผู้นำชุมชน และระดับน้อยจากเจ้าหน้าที่หน่วยงานเอกชน สอดคล้องกับ สินีนุช ครุฑเมือง และคณะ (2564), นันทิยา ศรีทัดจันทา (2557) และสุนิสา เยาวสกุลมาศ และคณะ (2562) ที่พบว่าเกษตรกรได้รับข้อมูลข่าวสารส่วนใหญ่จากเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร เพื่อนบ้าน และปราชญ์ชาวบ้าน แสดงให้เห็นว่าสื่อบุคคล โดยเฉพาะเจ้าหน้าที่ภาครัฐยังคงมีประสิทธิภาพในงานส่งเสริมการเกษตรและเป็นที่ปรึกษาให้แก่ Young Smart Farmer ได้เป็นอย่างดี โดยปัจจุบันการติดต่อสื่อสารระหว่างเกษตรกรกับเจ้าหน้าที่สามารถทำได้สะดวกขึ้นผ่านช่องทางโทรศัพท์

สื่อกิจกรรม: Young Smart Farmer มีความถี่ในการเข้าถึงสื่อกิจกรรมในระดับน้อย ($\bar{X}$ = 2.14) หรือประมาณปีละ 6-12 ครั้ง โดยเข้าถึงในระดับปานกลางจากการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่าง Young Smart Farmer ด้วยกันเอง ระดับน้อยจากการเข้าร่วมประชุมสัมมนาและการอบรมสาธิต และระดับน้อยที่สุดจากการทัศนศึกษาดูงาน นิทรรศการ และงานเกษตร ซึ่งแตกต่างจาก สินีนุช ครุฑเมือง และคณะ (2564) ที่พบว่าเกษตรกรได้รับข้อมูลข่าวสารส่วนใหญ่จากการร่วมประชุมและการอบรม แม้ว่าสื่อกิจกรรมจะมีประสิทธิภาพในการถ่ายทอดความรู้ แต่การจัดกิจกรรมมีข้อจำกัดหลายประการ โดยเฉพาะด้านงบประมาณ ทำให้ความถี่ในการเข้าร่วมกิจกรรมของ Young Smart Farmer มีจำนวนน้อย

สื่ออิเล็กทรอนิกส์: Young Smart Farmer มีความถี่ในการเข้าถึงสื่ออิเล็กทรอนิกส์ในระดับน้อย ($\bar{X}$ = 2.10) หรือประมาณปีละ 6-12 ครั้ง โดยเข้าถึงในระดับปานกลางจากโทรทัศน์ และระดับน้อยที่สุดจากหอกระจายข่าวและวิทยุกระจายเสียง ซึ่งแตกต่างจาก สุนิสา เยาวสกุลมาศ และคณะ (2562) และชญาณ์พิมพ์ พรหมจันทร์ (2562) ที่พบว่าเกษตรกรรับรู้ข้อมูลข่าวสารจากสื่ออิเล็กทรอนิกส์ในระดับมาก สะท้อนให้เห็นว่าปัจจุบันมีการใช้งานสื่ออิเล็กทรอนิกส์แบบดั้งเดิมลดน้อยลง

สื่อสิ่งพิมพ์: Young Smart Farmer มีความถี่ในการเข้าถึงสื่อสิ่งพิมพ์ในระดับน้อย ($\bar{X}$ = 1.87) หรือประมาณปีละ 6-12 ครั้ง โดยเข้าถึงในระดับน้อยจากหนังสือหรือคู่มือ แผ่นพับ โปสเตอร์ ไวนิล วารสารหรือนิตยสารด้านการเกษตร และระดับน้อยที่สุดจากหนังสือพิมพ์ เนื่องจากปัจจุบันองค์ความรู้และข้อมูลข่าวสารส่วนใหญ่มีการเผยแพร่ผ่านช่องทางออนไลน์มากขึ้น ซึ่งใช้งบประมาณน้อยกว่าการจัดทำสิ่งพิมพ์และสามารถเผยแพร่ได้กว้างขวางและรวดเร็วกว่า ส่งผลให้สื่อประเภทนี้มีการผลิตน้อยลง ซึ่งแตกต่างจาก มาลินี หนูงาม และคณะ (2563), สุนิสา เยาวสกุลมาศ และคณะ (2562) และ ชญาณ์พิมพ์ พรหมจันทร์ (2562) ที่พบว่าเกษตรกรยังได้รับข้อมูลจากสื่อสิ่งพิมพ์ในระดับปานกลางถึงมาก (Figure 1)

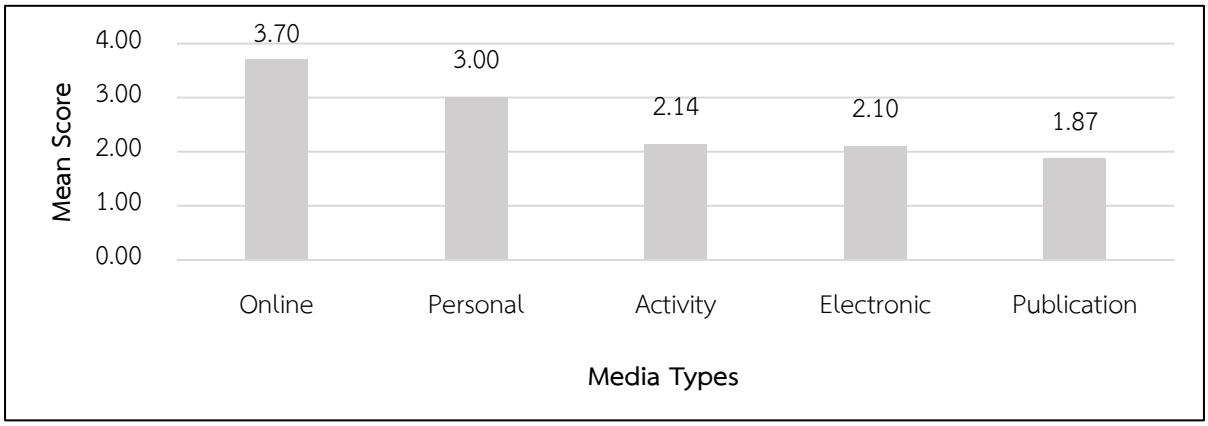


Figure 1 Mean Scores of Media Access Frequency for Agricultural Knowledge and Information

3) ปัญหาในการทำการเกษตรของ Young Smart Farmer จังหวัดนราธิวาสทั้ง 5 ด้าน ได้แก่ ความรู้ สภาพแวดล้อม ปัจจัยการผลิต การส่งเสริมการเกษตร และการตลาด พบผลดังนี้

ปัญหาด้านความรู้: Young Smart Farmer มีปัญหาด้านความรู้ในระดับปานกลาง ($\bar{X}$ = 3.01) ได้แก่ ขาดความรู้ในการผลิต การแปรรูป การจำหน่าย การตลาด การวางแผนการผลิต และการเข้าถึงข้อมูลข่าวสารและองค์ความรู้ ดังนั้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรศึกษาความต้องการความรู้ของ Young Smart Farmer เพื่อส่งเสริมความรู้ให้ตรงกับความต้องการที่แท้จริง และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตให้ได้คุณภาพและมาตรฐาน

ปัญหาด้านสภาพแวดล้อมในการทำการเกษตร: Young Smart Farmer มีปัญหาด้านสภาพแวดล้อมในระดับปานกลาง ($\bar{X}$ = 2.84) ปัญหาสำคัญได้แก่ น้ำท่วมซ้ำซาก (ปีละ 1-3 ครั้ง) ส่งผลให้ผลผลิตเสียหาย ดินขาดความอุดมสมบูรณ์โดยเฉพาะในพื้นที่ชายฝั่งทะเลและพื้นที่ดินพรุ ขาดแคลนน้ำในฤดูแล้ง และความหวาดกลัวต่อสถานการณ์ความไม่สงบในพื้นที่ (ระดับน้อย)

ปัญหาด้านปัจจัยการผลิต: Young Smart Farmer มีปัญหาด้านปัจจัยการผลิตในระดับปานกลาง ($\bar{X}$ = 2.81) เมื่อพิจารณารายประเด็นพบว่า ปัญหาเงินทุนอยู่ในระดับมาก ปัญหาการถือครองที่ดินอยู่ในระดับปานกลาง เนื่องจากส่วนใหญ่ทำการเกษตรในที่ดินของครอบครัว และปัญหาแรงงานอยู่ในระดับน้อย เนื่องจากมีสมาชิกครัวเรือนจำนวนมากและมีการใช้เครื่องจักรทุ่นแรง เช่น รถไถ รถดำนา รถเกี่ยวข้าว และระบบให้น้ำผล การศึกษาสอดคล้องกับ เสาวณีย์ เล็กบางพง และคณะ (2565) ที่พบว่าอุปสรรคสำคัญในการทำการเกษตรของเกษตรกรรุ่นใหม่คือเงินทุน โดยเฉพาะการทำเกษตรรูปแบบ Smart Farm ที่ต้องใช้เงินลงทุนสูง ประกอบกับราคาปัจจัยการผลิตที่มีราคาสูง

ปัญหาด้านการส่งเสริมการเกษตร: Young Smart Farmer มีปัญหาด้านการส่งเสริมการเกษตรในระดับปานกลาง ($\bar{X}$ = 2.62) ประเด็นปัญหาสำคัญได้แก่ ขาดการฝึกอบรมให้ความรู้ ขาดการสนับสนุนปัจจัยการผลิต

และขาดการติดตามให้คำแนะนำจากเจ้าหน้าที่อย่างต่อเนื่อง ส่วนปัญหาระดับน้อยได้แก่ การส่งเสริมจากหน่วยงานรัฐที่ไม่ต่อเนื่อง ขาดแคลนสื่อการเรียนรู้ และไม่มีแหล่งให้ความรู้ทางวิชาการ ผลการศึกษาสอดคล้องกับ เจนจิรา ลีละผลิน (2562) ที่พบปัญหาในลักษณะเดียวกัน ซึ่งอาจเป็นผลจากภาระงานของเจ้าหน้าที่ที่เพิ่มขึ้น โดยบางคนรับผิดชอบพื้นที่ถึง 2 ตำบล พร้อมทั้งงานมอบหมายอื่น ๆ ตามที่ประจักษ์ เทพคุณ (2556) ได้รายงานว่าเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรต้องรับผิดชอบงานหลายด้าน ทั้งงานหน้าที่โดยตรง งานนโยบายเร่งด่วนของรัฐบาล และงานโครงการเฉพาะกิจ ส่งผลต่อความต่อเนื่องในการให้บริการ

ปัญหาด้านการตลาด: Young Smart Farmer มีปัญหาด้านการตลาดในระดับน้อย ($\bar{X}$ = 2.54) เมื่อพิจารณารายประเด็นพบว่า ปัญหาระดับปานกลางได้แก่ การถูกเอาเปรียบจากพ่อค้าคนกลาง ราคาผลผลิตผันผวน และขาดการรวมกลุ่มเพื่อจำหน่ายผลผลิต ซึ่งมักพบในช่วงฤดูผลไม้ที่มีผลผลิตล้นตลาด ส่วนปัญหาระดับน้อยได้แก่ ขาดแคลนบรรจุภัณฑ์ ไม่มีสถานที่จำหน่ายสินค้า และปัญหาการขนส่ง (Figure 2)

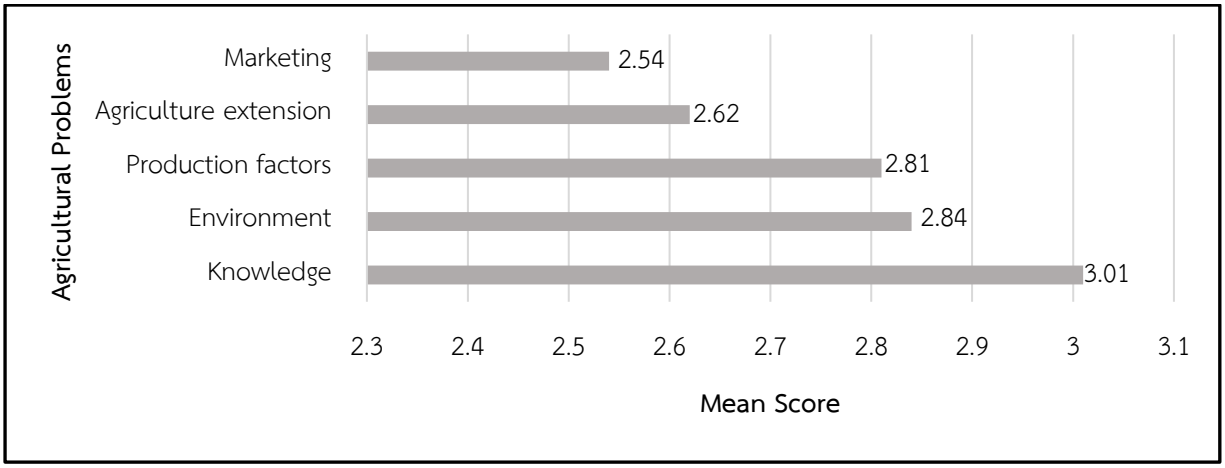


Figure 2 Agricultural Problems of Young Smart Farmers

4) ความต้องการความรู้ของ Young Smart Farmer จังหวัดนราธิวาส โดยจัดลำดับความต้องการจากมากไปน้อย ดังนี้

ความต้องการในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ > 3.90) ประกอบด้วย ความรู้เรื่องระบบ Smart Farm ($\bar{X}$ = 4.08) การแปรรูปและเพิ่มมูลค่าผลผลิต ($\bar{X}$ = 4.02) การพัฒนาบรรจุภัณฑ์และสร้างแบรนด์ ($\bar{X}$ = 4.00) มาตรฐานสินค้า เช่น GAP GMP เกษตรอินทรีย์ ($\bar{X}$ = 3.98) การทำเกษตรแบบยั่งยืน ($\bar{X}$ = 3.98) พลังงานทดแทน/พลังงานทางเลือก ($\bar{X}$ = 3.95) และการตลาดออนไลน์ ($\bar{X}$ = 3.90)

ความต้องการในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.51-3.89) ประกอบด้วย ความรู้ด้านการจัดการฟาร์ม ($\bar{X}$ = 3.82) การบริหารจัดการปัจจัยการผลิต ($\bar{X}$ = 3.79) การผลิตพืช ($\bar{X}$ = 3.78) การเป็นวิทยากรมืออาชีพ ($\bar{X}$ = 3.78) การจัดการของเหลือจากการผลิต ($\bar{X}$ = 3.75) การเขียนแผนธุรกิจ ($\bar{X}$ = 3.73) การผลิตสัตว์น้ำ ($\bar{X}$ = 3.72) การผลิต

สัตว์ ($\bar{X}$ = 3.71) การรวมกลุ่มและสร้างเครือข่าย ($\bar{X}$ = 3.55) การเขียนโครงการ ($\bar{X}$ = 3.54) การเงินและการทำบัญชีครัวเรือนและฟาร์ม ($\bar{X}$ = 3.52) และการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว ($\bar{X}$ = 3.51)

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า Young Smart Farmer มีความต้องการพัฒนาศักยภาพอย่างครอบคลุมทั้งด้านการผลิต การแปรรูป การจำหน่ายและการตลาด การพัฒนาธุรกิจ รวมถึงการพัฒนาตนเองสู่การเป็นวิทยากรเพื่อถ่ายทอดความรู้ ซึ่งสอดคล้องกับ เผด็จ ทุกข์สูญ และคณะ (2561) ที่พบว่าความรู้ทางการเกษตรมีอิทธิพลต่อการเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเกษตรและการพัฒนาเกษตรกรสู่ผู้ประกอบการธุรกิจ

ดังนั้น หน่วยงานภาครัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรเร่งพัฒนาหลักสูตรและกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับความต้องการที่แท้จริงของกลุ่มเป้าหมาย โดยการวิเคราะห์ความต้องการเป็นขั้นตอนแรกที่มีความสำคัญในการออกแบบและพัฒนาโครงการฝึกอบรมให้เกิดประโยชน์สูงสุด (ปุรวิชญ์ พิทยาภินันท์ และพลากร สัตย์ซื่อ, 2562) เพื่อพัฒนา Young Smart Farmer ให้มีความพร้อมทั้งองค์ความรู้ด้านการผลิต การตลาด การนำเทคโนโลยีและภูมิปัญญาท้องถิ่นมาผสมผสานกับองค์ความรู้สมัยใหม่ โดยคำนึงถึงคุณภาพมาตรฐาน ความต้องการของตลาด ความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม ตามเป้าประสงค์ในการพัฒนาเกษตรกรของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (Figure 3)

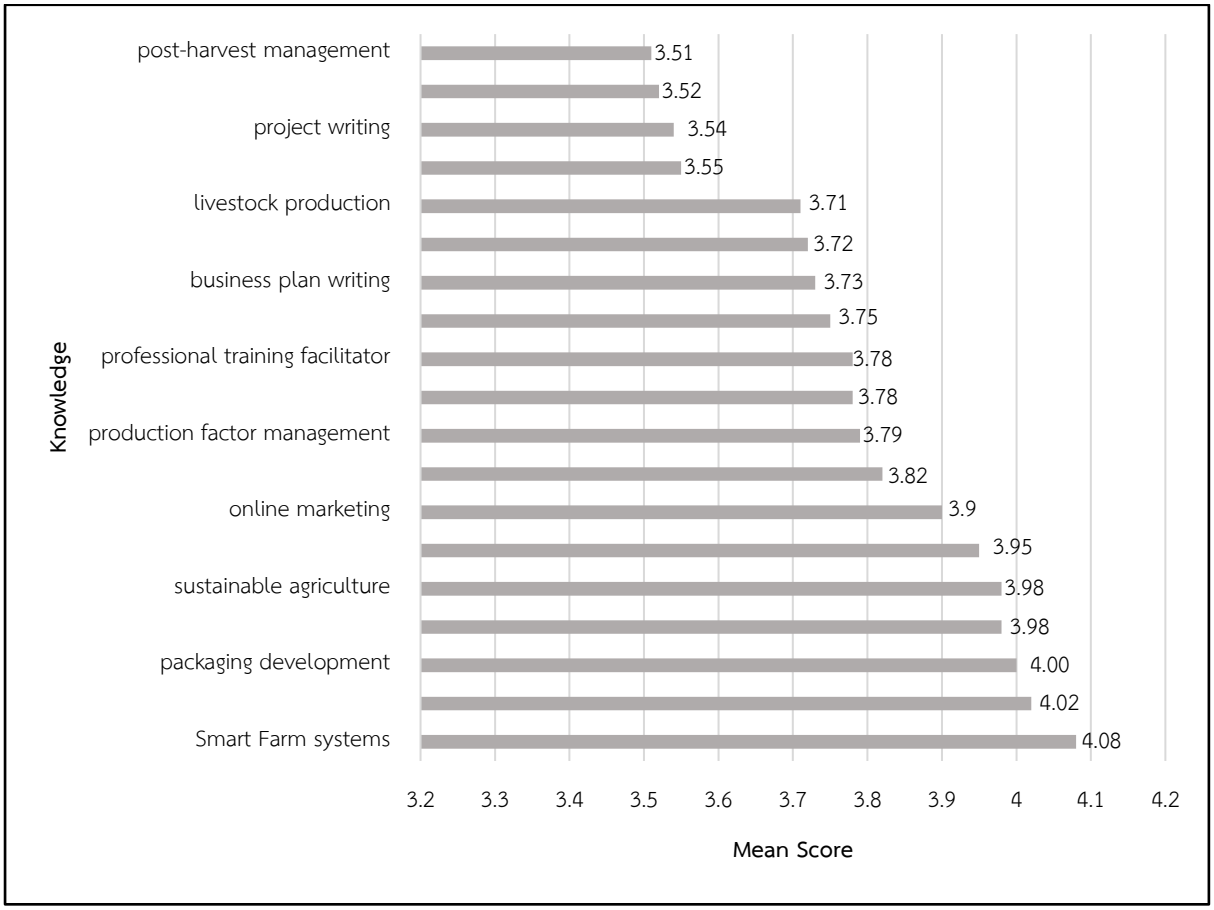


Figure 3 Knowledge Requirements of Young Smart Farmers

5) ความต้องการวิธีการส่งเสริมการเกษตรของ Young Smart Farmer จังหวัดนราธิวาส พบว่า Young Smart Farmer มีความต้องการวิธีการส่งเสริมแบบรายบุคคลในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.78) โดยจัดลำดับความต้องการจากมากไปน้อย ดังนี้ การแลกเปลี่ยนเรียนรู้จากเพื่อนเครือข่าย Young Smart Farmer ($\bar{X}$ = 4.08) การเยี่ยมเยียนฟาร์มให้คำแนะนำโดยเจ้าหน้าที่ ($\bar{X}$ = 3.81) การถ่ายทอดผ่านผู้นำการเกษตรในชุมชน เช่น อาสาสมัครเกษตรและปราชญ์ชาวบ้าน ($\bar{X}$ = 3.73) การติดต่อขอคำแนะนำจากเจ้าหน้าที่ ณ หน่วยงานต่างๆ เช่น สำนักงานเกษตร มหาวิทยาลัย หรือศูนย์วิจัย ($\bar{X}$ = 3.68) และการติดต่อขอคำแนะนำผ่านโทรศัพท์ ($\bar{X}$ = 3.60) เนื่องจากการส่งเสริมแบบรายบุคคลเป็นวิธีการที่เจ้าหน้าที่หรือนักส่งเสริมการเกษตรถ่ายทอดความรู้แก่เกษตรกรเป้าหมายเป็นรายบุคคลหรือรายครัวเรือน ซึ่งเป็นการสื่อสารตัวต่อตัวที่ทำให้สามารถทราบปัญหาและความต้องการที่แท้จริงของเกษตรกรได้ สอดคล้องกับ เจนจิรา ลีละผลิน (2562) ที่พบว่าเกษตรกรผู้ปลูกยางพาราในจังหวัดกาญจนบุรีมีความต้องการวิธีการส่งเสริมรายบุคคลในระดับมากที่สุด โดยเฉพาะจากเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร เจ้าหน้าที่การยางแห่งประเทศไทย เพื่อนเกษตรกร อาสาสมัครเกษตร และผู้นำท้องถิ่น นอกจากนี้ ณฤทธิ์ ไทยบุรี และคณะ (2565) พบว่าเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะในจังหวัดนราธิวาสมีความต้องการการส่งเสริมจากเจ้าหน้าที่ภาครัฐในระดับมาก โดยการเยี่ยมเยียนฟาร์มเพื่อให้คำแนะนำ ส่งเสริมการจัดตั้งกลุ่ม และจัดฝึกอบรม ซึ่งสอดคล้องกับ โสเพ็ญ เสริมผล (2562) ที่รายงานว่าเกษตรกรมีความต้องการการส่งเสริมการเรียนรู้จากเจ้าหน้าที่หน่วยงานราชการในระดับมาก (Figure 4)



Figure 4 Needs for Individual Extension Methods Among Young Smart Farmers

การส่งเสริมแบบกลุ่ม: Young Smart Farmer จังหวัดนราธิวาสมีความต้องการวิธีการส่งเสริมแบบกลุ่มในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.92) โดยจัดลำดับความต้องการจากมากไปน้อยดังนี้ การทัศนศึกษาดูงาน ($\bar{X}$ = 4.24) การฝึกอบรม/สาธิต ($\bar{X}$ = 3.97) การจัดทำแปลงสาธิต/แปลงเรียนรู้ ($\bar{X}$ = 3.97) และการประชุมกลุ่ม ($\bar{X}$ = 3.51) วิธีการส่งเสริมแบบกลุ่มนอกจากเกษตรกรจะได้รับความรู้จากเจ้าหน้าที่แล้ว ยังมีโอกาสแลกเปลี่ยนประสบการณ์ระหว่างเกษตรกรด้วยกันเองและสร้างเครือข่ายความร่วมมือ สอดคล้องกับ เจนจิรา ลีละผลิน (2562) ที่พบว่าเกษตรกรผู้ปลูกยางพาราในจังหวัดกาญจนบุรีมีความต้องการวิธีการส่งเสริม

แบบกลุ่มในระดับมาก โดยเฉพาะการฝึกอบรม การดูงาน การสัมมนา และการประชุม ซึ่งสอดคล้องกับสมนึก ลิ้มเจริญ และคณะ (2564) ที่พบว่าเกษตรกรเลี้ยงแพะเนื้อใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้มีความต้องการศึกษาดูงานในระดับมาก รวมถึง เบญจมาศ อยู่ประเสริฐ และคณะ (2559) ที่พบว่าเกษตรกรรุ่นใหม่ในจังหวัดเชียงใหม่มีการเรียนรู้จากการศึกษาดูงานมากที่สุด ส่งผลให้เกิดการเชื่อมโยงเครือข่าย เกิดความภูมิใจในอาชีพเกษตรกร และมีเจตคติที่ดีต่อเจ้าหน้าที่ นอกจากนี้ ไชยวัฒน์ สมสอางค์ (2562) และนันทิยา ศรีทัดจันทา และคณะ (2557) รายงานว่าการอบรมให้ความรู้แก่เกษตรกรมีความสำคัญต่อความสำเร็จช่วยให้เกษตรกรสามารถพัฒนาอาชีพด้วยตนเอง นำความรู้มาปรับใช้ในกิจกรรมทางการเกษตรและแก้ไขปัญหาในแปลง รวมทั้งเพิ่มคุณสมบัติของการเป็นสมาร์ตฟาร์มเมอร์ ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายสมาร์ตฟาร์มเมอร์ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (Figure 5)

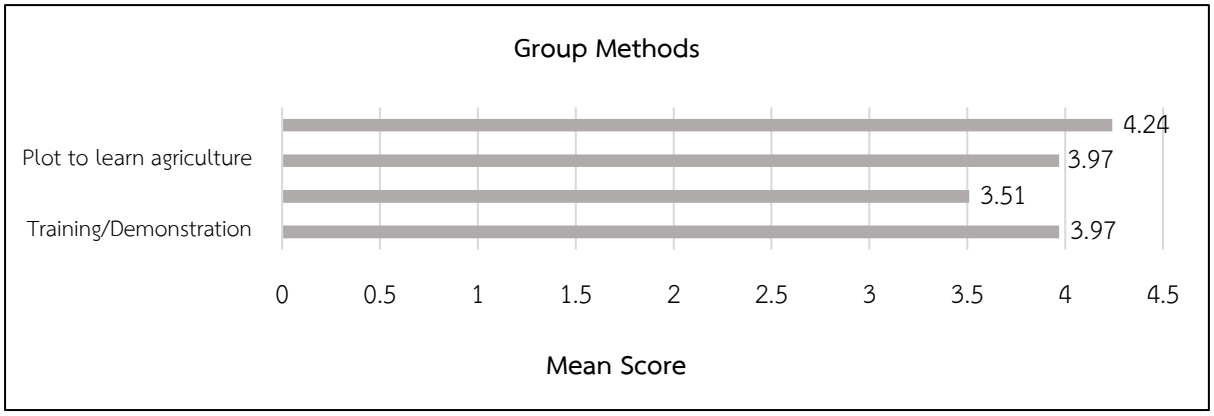


Figure 5 Needs for Group Extension Methods Among Young Smart Farmers

การส่งเสริมแบบมวลชน: Young Smart Farmer จังหวัดนราธิวาสมีความต้องการวิธีการส่งเสริมแบบมวลชนในระดับปานกลาง ($\bar{X}$ = 3.22) โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มย่อย ดังนี้ 1) การส่งเสริมผ่านระบบออนไลน์ มีความต้องการในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.87) โดยจัดลำดับความต้องการจากมากไปน้อย ได้แก่ เฟซบุ๊ค ($\bar{X}$ = 4.29) ไลน์ ($\bar{X}$ = 4.18) ยูทูบ ($\bar{X}$ = 4.11) เว็บไซต์ ($\bar{X}$ = 3.69) และติ๊กต๊อก ($\bar{X}$ = 3.07) การเข้าถึงข้อมูลด้านการเกษตรผ่านระบบเทคโนโลยีสารสนเทศมีความสำคัญต่อการพัฒนาเกษตรกร เป็นการเพิ่มช่องทางการศึกษาความรู้ด้วยตนเอง สอดคล้องกับกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2561) ที่กล่าวว่าเกษตรกรต้องสามารถนำข้อมูลด้านเกษตรมาปรับใช้ผ่านระบบสารสนเทศและการสื่อสาร ซึ่งการไม่มีอุปกรณ์สื่อสารและความรู้ด้านเทคโนโลยีเป็นข้อจำกัดในการพัฒนาเกษตรกรสู่สมาร์ตฟาร์มเมอร์ 2) การส่งเสริมผ่านกิจกรรม มีความต้องการในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.52) โดยจัดลำดับความต้องการได้แก่ การจัดงานเกษตร ($\bar{X}$ = 3.98) การจัดนิทรรศการ ($\bar{X}$ = 3.61) การประกวด ($\bar{X}$ = 3.36) และการรณรงค์ ($\bar{X}$ = 3.13) 3) การส่งเสริมผ่านช่องทางสื่ออิเล็กทรอนิกส์ มีความต้องการในระดับปานกลาง ($\bar{X}$ = 2.73) โดยจัดลำดับความต้องการได้แก่ โทรทัศน์ ($\bar{X}$ = 3.46) หอกระจายข่าวประจำหมู่บ้าน ($\bar{X}$ = 2.83) วิทยุ ($\bar{X}$ = 2.65) และซีดี/ดีวีดี ($\bar{X}$ = 1.97) เนื่องจาก Young Smart Farmer เข้าถึงสื่ออิเล็กทรอนิกส์

น้อยลง ขณะที่องค์ความรู้และข่าวสารถูกปรับเปลี่ยนสู่รูปแบบออนไลน์มากขึ้น 4) การส่งเสริมผ่านสื่อสิ่งพิมพ์ มีความต้องการในระดับปานกลาง ($\bar{X}$ = 2.73) โดยจัดลำดับความต้องการได้แก่ หนังสือ/คู่มือ ($\bar{X}$ = 3.17) แผ่นพับ/ใบปลิว ($\bar{X}$ = 2.92) นิตยสาร/วารสาร ($\bar{X}$ = 2.79) โปสเตอร์ ($\bar{X}$ = 2.64) และหนังสือพิมพ์ ($\bar{X}$ = 2.13) เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของยุคดิจิทัลทำให้สื่อสิ่งพิมพ์ได้รับผลกระทบ และมีการปรับตัวสู่รูปแบบออนไลน์มากขึ้นเพื่อการเข้าถึงที่ง่ายขึ้น ประหยัดงบประมาณ และเวลา (Figure 6)

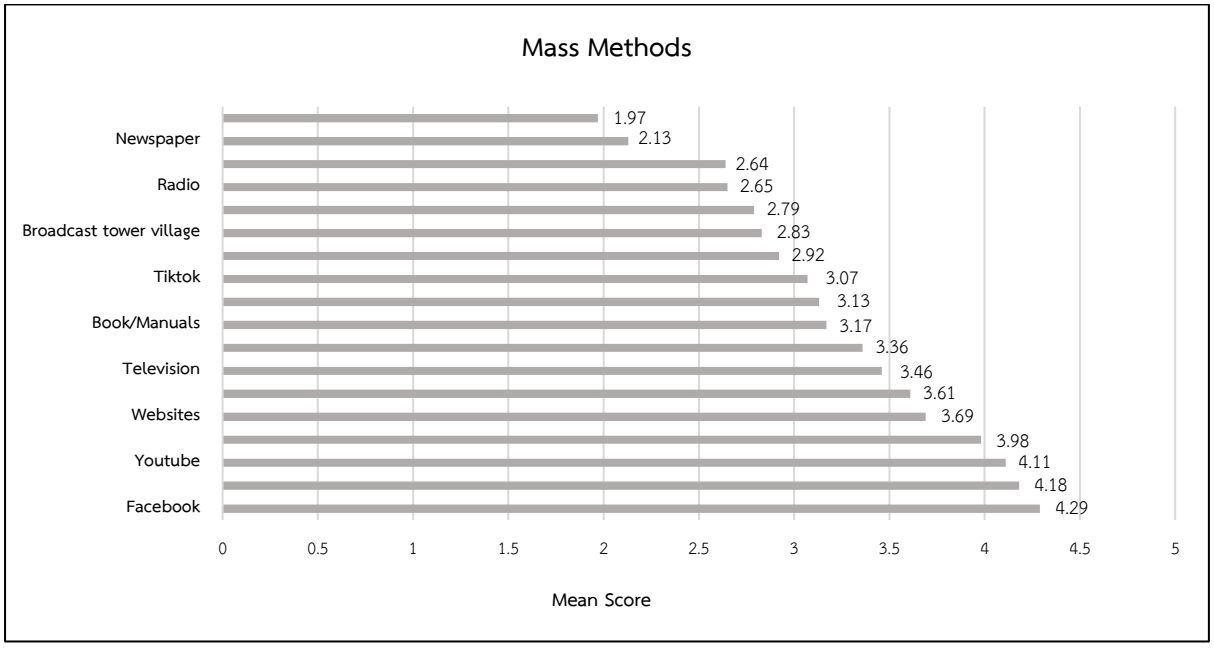


Figure 6 Needs for Mass Extension Methods Among Young Smart Farmers

6) แนวทางการส่งเสริมการเกษตรให้กับ Young Smart Farmers จังหวัดนราธิวาส จากการศึกษาข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคล สังคมและเศรษฐกิจ การทำการเกษตร การรับความรู้และข้อมูลข่าวสารด้านการเกษตร ปัญหาในการทำการเกษตร และความต้องการการส่งเสริมการเกษตรของ Young Smart Farmer จังหวัดนราธิวาส สามารถเสนอแนะแนวทางในการส่งเสริมการเกษตร ได้ว่า การส่งเสริมการเกษตรแก่ Young Smart Farmer ควรใช้วิธีการส่งเสริมแบบผสมผสานทั้งรูปแบบรายบุคคล แบบรายกลุ่ม และแบบมวลชน โดยผ่านสื่อออนไลน์ต่าง ๆ และสื่อกิจกรรม เป็นการผสมผสานหลายวิธีเข้าด้วยกันเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ตรงกับพฤติกรรมและความต้องการของเกษตรกร ผู้วิจัยได้ใช้ทฤษฎีกระบวนการส่งเสริมการเกษตรและการสื่อสาร เพื่ออธิบายให้เกิดความเข้าใจถึงแนวทางในการส่งเสริมการเกษตรสำหรับ Young Smart Farmer จังหวัดนราธิวาส โดยมีเจ้าหน้าที่ของหน่วยงานรัฐ อาสาสมัครเกษตร ปราชญ์ชาวบ้าน และ Young Smart Farmer ด้วยกันเองเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้ด้านการเกษตรให้กับ Young Smart Farmer โดยมีเนื้อหาต่าง ๆ ตามความต้องการและความจำเป็นของ Young Smart Farmer ตั้งแต่กระบวนการผลิต การแปรรูป การตลาด รวมไปถึงการพัฒนาทักษะการเป็นวิทยากร ผ่านวิธีการส่งเสริมและสื่อที่สอดคล้องกับพฤติกรรมและความต้องการของ Young Smart

Farmer ด้วยวิธีการต่างๆ เช่น ทัศนศึกษาดูงาน การฝึกอบรม/สาธิต จัดทำแปลงเรียนรู้ การส่งเสริมผ่านสื่อออนไลน์ (เฟซบุ๊ค, ไลน์, ยูทูบ, เว็บไซต์) การจัดกิจกรรมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่าง Young Smart Farmer ด้วยกันเอง การติดตามเยี่ยมเยียนให้คำแนะนำโดยเจ้าหน้าที่ ซึ่งในกระบวนการส่งเสริมความรู้ก็มีการสะท้อนปัญหาของ Young Smart Farmer กลับไปสู่เจ้าหน้าที่เพื่อหาวิธีและแนวทางในการแก้ไขปัญหาต่อไป (Figure 7)

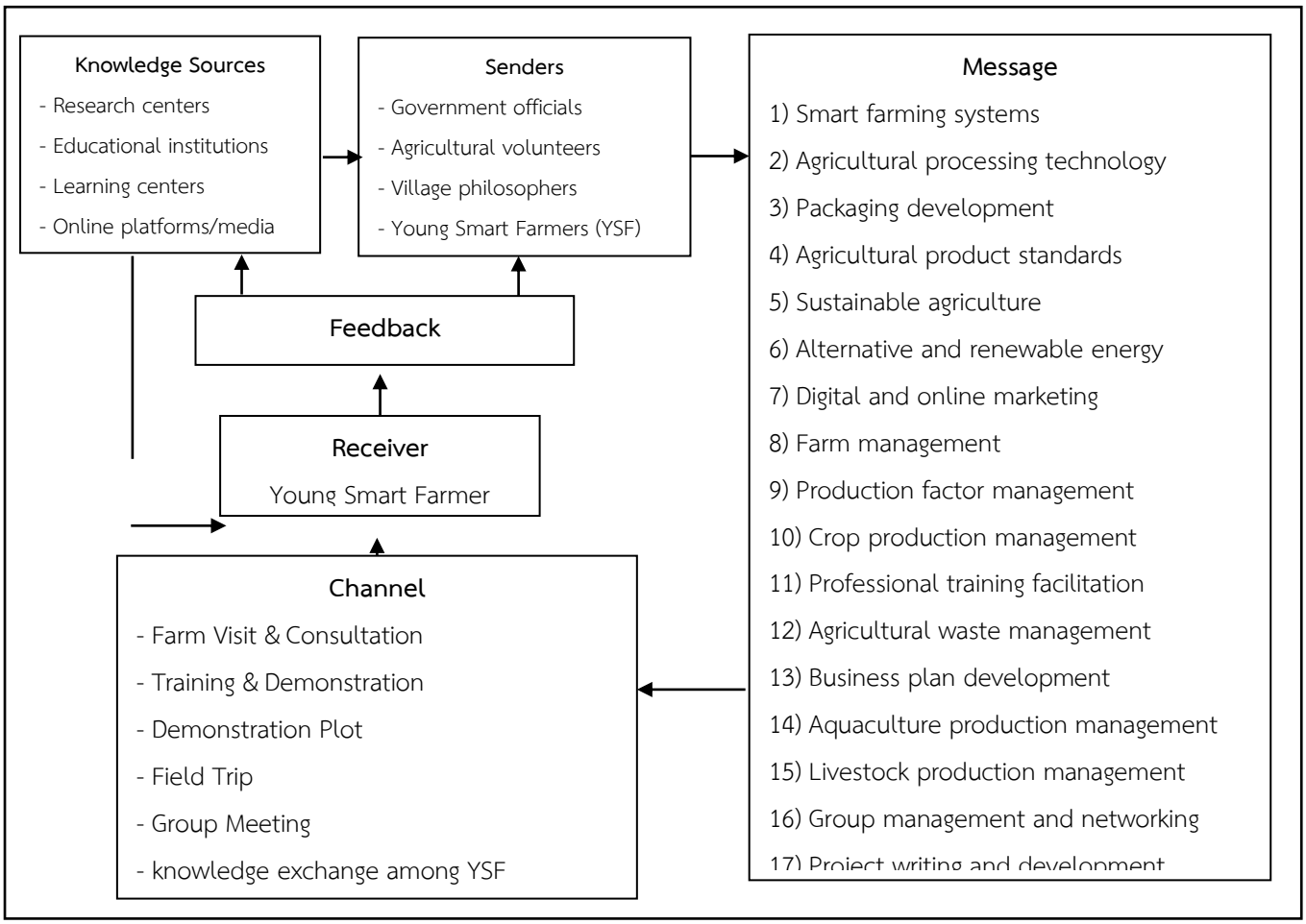


Figure 7 Agricultural extension guidelines for young smart farmers in Narathiwat Province

สรุปผล

Young Smart Farmer จังหวัดนราธิวาสส่วนใหญ่เป็นเพศชาย นับถือศาสนาอิสลาม มีอายุเฉลี่ย 35 ปี จบการศึกษาระดับปริญญาตรี มีอาชีพหลักเป็นเกษตรกร พื้นที่ทำการเกษตรเฉลี่ย 9.75 ไร่ มีรายได้จากการทำเกษตรเฉลี่ย 135,032 บาทต่อปี และมีประสบการณ์ในการทำการเกษตรเฉลี่ย 6.8 ปี เกือบครึ่งหนึ่งทำเกษตรแบบผสมผสาน และส่วนใหญ่เป็นสมาชิกกลุ่มหรือองค์กรด้านการเกษตร

ด้านการรับความรู้และข้อมูลข่าวสารด้านการเกษตร พบว่า Young Smart Farmer มีความถี่ในการเข้าถึงสื่อออนไลน์ในระดับมาก โดยเฉพาะเฟซบุ๊ก ยูทูบ และไลน์ รองลงมาคือสื่อบุคคลในระดับปานกลางจากเจ้าหน้าที่ภาครัฐและอาสาสมัครเกษตร ส่วนสื่อกิจกรรม สื่ออิเล็กทรอนิกส์ และสื่อสิ่งพิมพ์มีการเข้าถึงในระดับ

น้อย สะท้อนให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการแสวงหาความรู้ของเกษตรกรรุ่นใหม่ที่หันมาใช้เทคโนโลยีดิจิทัลมากขึ้น

ด้านปัญหาในการทำการเกษตร พบว่า Young Smart Farmer มีปัญหาในระดับปานกลางทั้งด้านความรู้ สภาพแวดล้อม ปัจจัยการผลิต และการได้รับการส่งเสริมการเกษตร โดยปัญหาสำคัญที่เป็นอุปสรรคต่อการพัฒนา ได้แก่ ขาดความรู้ในการผลิต การแปรรูป และการตลาด ปัญหาเงินทุน ปัญหาน้ำท่วมซ้ำซาก ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ และการขาดการติดตามให้คำแนะนำจากเจ้าหน้าที่อย่างต่อเนื่อง ส่วนปัญหาด้านการตลาดอยู่ในระดับน้อย

ด้านความต้องการความรู้ พบว่า Young Smart Farmer มีความต้องการความรู้ในระดับมากถึงมากที่สุด ครอบคลุมทั้งด้านการผลิต การแปรรูป และการตลาด โดยความรู้ที่มีความต้องการในระดับมากที่สุด ได้แก่ ระบบ Smart Farm การแปรรูปและเพิ่มมูลค่าผลผลิต การพัฒนาบรรจุภัณฑ์และสร้างแบรนด์ มาตรฐานสินค้า เช่น GAP GMP เกษตรอินทรีย์ การทำเกษตรแบบยั่งยืน พลังงานทดแทน และการตลาดออนไลน์ แสดงให้เห็นถึงความพร้อมและความต้องการพัฒนาตนเองสู่การเป็นเกษตรกรมืออาชีพที่ทันสมัย

ด้านความต้องการวิธีการส่งเสริมการเกษตร พบว่า Young Smart Farmer มีความต้องการวิธีการส่งเสริมแบบกลุ่มในระดับมาก โดยต้องการทัศนศึกษาดูงานมากที่สุด รองลงมาคือการฝึกอบรม/สาธิต และการจัดทำแปลงสาธิต/แปลงเรียนรู้ สำหรับการส่งเสริมแบบรายบุคคลมีความต้องการในระดับมาก โดยต้องการแลกเปลี่ยนเรียนรู้จากเพื่อนเครือข่าย Young Smart Farmer และการเยี่ยมเยียนฟาร์มให้คำแนะนำโดยเจ้าหน้าที่ ส่วนการส่งเสริมแบบมวลชนมีความต้องการในระดับปานกลาง โดยให้ความสำคัญกับการส่งเสริมผ่านระบบออนไลน์ในระดับมาก โดยเฉพาะผ่านเฟซบุ๊ก ไลน์ และยูทูบ

แนวทางในการส่งเสริมการเกษตรสำหรับ Young Smart Farmer จังหวัดนราธิวาสควรใช้วิธีการส่งเสริมแบบผสมผสานทั้งรูปแบบรายบุคคล รายกลุ่ม และมวลชน โดยผ่านสื่อออนไลน์และสื่อกิจกรรม โดยมีเจ้าหน้าที่ของหน่วยงานรัฐ อาสาสมัครเกษตร ปราชญ์ชาวบ้าน และ Young Smart Farmer ด้วยกันเองเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้ ครอบคลุมเนื้อหาตามความต้องการตั้งแต่กระบวนการผลิต การแปรรูป การตลาด รวมถึงการพัฒนาทักษะการเป็นวิทยากร ผ่านกิจกรรมต่าง ๆ เช่น ทัศนศึกษาดูงาน การฝึกอบรม/สาธิต การจัดทำแปลงเรียนรู้ การส่งเสริมผ่านสื่อออนไลน์ (เฟซบุ๊ก ไลน์ ยูทูบ เว็บไซต์) การจัดกิจกรรมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และการติดตามเยี่ยมเยียนให้คำแนะนำโดยเจ้าหน้าที่อย่างต่อเนื่อง

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2561). คู่มือแนวทางการขับเคลื่อนนโยบาย. แหล่งข้อมูล https://www.moac.go.th.pdf. ค้นเมื่อ 10 มิถุนายน 2568.

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2560). ยุทธศาสตร์เกษตรและสหกรณ์ ระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2560-2579). แหล่งข้อมูล https://waa.inter.nstda.or.th/stks/pub/2017/20171121-moac-thailand-4.pdf. ค้นเมื่อ 10 มิถุนายน2568 .

กรมส่งเสริมการเกษตร. (2565). คู่มือการขับเคลื่อนนโยบาย Smart Farmer และ Smart Officer กรมส่งเสริมการเกษตร. แหล่งข้อมูล http://www.trat.doae.go.th. ค้นเมื่อ 10 มิถุนายน 2568.

กรมส่งเสริมการเกษตร. (2562). การพัฒนาเกษตรกรรุ่นใหม่ให้เป็น Young Smart Farmer. กลุ่มพัฒนายุวเกษตรกร กองพัฒนาเกษตรกร กรมส่งเสริมการเกษตร. แหล่งข้อมูล https://kdd.doae.go.th/wp-content/uploads/2020/05/8-1B2-YSF.pdf. ค้นเมื่อ 11 มิถุนายน 2568.

เจนจิรา ลีละผลิน. (2562). การผลิตยางพาราและความต้องการการส่งเสริมของเกษตรกรในอำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาเกษตรศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

ชญาณ์พิมพ์ พรหมจันทร์. (2562). การรับสื่อทางการเกษตรของเกษตรกรในอำเภอพระพรหม จังหวัดนครศรีธรรมราช. วิทยานิพนธ์ปริญญาเกษตรศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. นนทบุรี.

ชัยภัทร คำวิชิตธนาภา, อำไพ ยงกุลวณิช และชมพูนุท โมราชาติ. (2563). รูปแบบการส่งเสริมการตลาดโดยใช้สื่อสังคมออนไลน์ของสหกรณ์การเกษตรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. วารสารสันติศึกษาปริทรรศน์ มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย. 8: 1987-2000.

ไชยวัฒน์ สมสอางค์. (2562). ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเป็นสมาร์ตฟาร์มเมอร์ในจังหวัดสระแก้ว. วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

ณฤทธิ์ ไทยบุรี, ฐิตินันท์ โสระบุตร และสมนึก ลิ้มเจริญ. (2565). ห่วงโซ่อุปทานเพื่อพัฒนาธุรกิจการเลี้ยงแพะเนื้อใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ของประเทศไทย. แก่นเกษตร. 50: 1532-1548.

ธิรดา วงษ์กุดเลาะ. (2561). แนวทางการพัฒนาเกษตรกรรุ่นใหม่ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน. วิทยานิพนธ์ปริญญาเกษตรศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. นนทบุรี.

นันทิยาศรีทัดจันทา. 2557. แนวทางการพัฒนาเกษตรกรรุ่นใหม่ในจังหวัดเลย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. กรุงเทพฯ.

นลทวรรณ มากหลาย. (2557). แนวทางการพัฒนาเกษตรกรรุ่นใหม่ในจังหวัดระยอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาเกษตรศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. นนทบุรี.

เบญจมาศ อยู่ประเสริฐ, บำเพ็ญ เขียวหวาน, สินีนุช ครุฑเมือง, และจำนงค์ จุลเอียด. 2559. แนวทางการพัฒนาเครือข่ายผู้ประกอบการ SMEs ภาคเกษตรรุ่นใหม่. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์. 8: 140-153.

ประจักษ์ เทพคุณอภิญญา รัตนไชย และภาณุพันธุ์ ประภาติกุล.2557.รูปแบบการส่งเสริมการเกษตรภายใต้สถานการณ์ความไม่สงบ ในจังหวัดนราธิวาส.วารสารแก่นเกษตร. 42: 571-577.

ปุรวิชญ์ พิทยาภินันท์ และพลากร สัตย์ซื่อ. (2562). ความต้องการความรู้ในการทำสวนปาล์มน้ำมันของเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันรายย่อยในจังหวัดสตูล. สุรนารี. 4: 1-24.

เผด็จ ทุกข์สูญ, จักรกฤษณ์ ขำทอง และภูรีพัฒน์ กัณฑาบุญ. (2561). ส่วนผสมทางการตลาดและการจัดการโลจิสติกส์ของภาคการเกษตรในเขตพัฒนาพิเศษตาก. Veridian E-Journal. 11: 271-1292.

มาลินี หนูงาม, ธานินทร์ คงศิลา และจอมสุรางค์ ลิมป์ประเสริฐกุล. (2563). ความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการส่งเสริมการเกษตรของศูนย์ส่งเสริมเทคโนโลยีการเกษตรด้านอารักขาพืช จังหวัดสุพรรณบุรี. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 51: 209-220.

ศรีวิตรา ปิ่นตบแต่ง. (2559). อิทธิพลของการจัดการการเรียนรู้ การมุ่งเน้นการแข่งขัน และประสิทธิภาพในการสร้างสรรค์นวัตกรรม ที่มีผลต่อผลการดำเนินงานของธุรกิจของผู้เข้าร่วมโครงการการพัฒนาเกษตรกรรุ่นใหม่ให้เป็น Young Smart Farmer ประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศิลปากร. นครปฐม.

สมนึก ลิ้มเจริญ, สุนีย์ ตรีมณี, ณฤทธิ์ ไทยบุรี, จำนงค์ จุลเอียด และสุรศักดิ์ คชภักดี. (2564). แนวทางการส่งเสริมการเลี้ยงแพะเนื้อใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ของประเทศไทย. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์. 13: 396-420.

สินีนุช ครุฑเมือง แสนเสริม, ภรณี ต่างวิวัฒน์, เบญจมาศ อยู่ประเสริฐ, บำเพ็ญ เขียวหวาน และณรัฐ รัตนเจริญ. (2564). การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการผลิตพืชเศรษฐกิจของเกษตรกร. วารสารเกษตร มสธ. 3: 31-44.

สุนิสา เยาวสกุลมาศ, บำเพ็ญ เขียวหวาน, เบญจมาศ อยู่ประเสริฐ และสมจิต โยธะคง. (2562). รูปแบบการส่งเสริมการจัดการห่วงโซ่อุปทานข้าวหอมมะลิอินทรีย์ของเกษตรกรในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์. 21: 153-168.

โสเพ็ญ เสริมผล. (2562). แนวทางการส่งเสริมการผลิตปาล์มน้ำมันตามหลักการจัดการสวนปาล์มน้ำมันของเกษตรกรอำเภอทุ่งใหญ่ จังหวัดนครศรีธรรมราช. วิทยานิพนธ์ปริญญาเกษตรศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. นนทบุรี.

สำนักงานเกษตรจังหวัดมหาสารคาม. (2564). คู่มือการปฏิบัติงานโครงการส่งเสริมการเกษตรประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564. สำนักงานเกษตรจังหวัดมหาสารคาม, กรมส่งเสริมการเกษตร. แหล่งข้อมูล http://www.rayong.doae.go.th/O13.1%20Operational%20Manual.pdf. ค้นเมื่อ 9 กรกฎาคม 2568.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2565). การสำรวจการมีการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในครัวเรือน พ.ศ. 2565 (ไตรมาส 1). กองสถิติพยากรณ์ สำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม. กรุงเทพมหานคร.

เสาวณีย์ เล็กบางพง, ธีรพงศ์ มนต์แก้ว, นลินทิพย์ พูลนวล และเสาวลักษณ์ ศรีปลอด. (2565). รูปแบบการพัฒนาอาชีพเกษตรผสมผสานวิถีชีวิตของเกษตรกรรุ่นใหม่ต้นแบบในจังหวัดนครศรีธรรมราช. วารสารวิจัยรำไพพรรณี. 16: 133-142.

Yamane, T. (1967). Statistics: An introductory analysis (2nd ed.). Harper and Row.

การประเมินความทนทานต่อน้ำท่วมฉับพลันและการตรวจสอบยีน *SUB1A* ในข้าวพันธุ์ กข31 สายพันธุ์กลายจากการเหนี่ยวนำด้วยลำแสงอิเล็กตรอน

Evaluation of Submergence Tolerance and Identification of the *SUB1A* Gene in RD31 Rice Mutants Induced by Electron Beam Irradiation

ศุภกิตติ์ ใจยินดี[1,4] มาลินี จันวรรณ์[2] นิลา ราชินี[2] วิชัย ภูริปัญญวานิช[3] ธรรมพร โคจรนา[4] พนมศักดิ์ ต่อมใจ[4] และธานินทร์ จันทรโชติ[4*]

Supakit Jaiyindee[1,4], Malinee Janwan[2], Nila Rasidee[2], Vichai Puripunyavanich[3], Thammaporn Kojonna[4], Phanomsak Tomjai[4] and Thanin Chantarachot[4*]

[1] หลักสูตรพันธุศาสตร์ ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330

[2] ศูนย์วิจัยข้าวปราจีนบุรี อำเภอบ้านสร้าง จังหวัดปราจีนบุรี 25150

[3] สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก 26120

[4] ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านสิ่งแวดล้อมและสรีรวิทยาของพืช ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330

[1] Genetics Program, Department of Botany, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Pathum Wan, Bangkok, 10330

[2] Prachinburi Rice Research Center, Ban Sang, Prachin Buri, 25150

[3] Thailand Institute of Nuclear Technology, Ongkarak, Nakhon Nayok, 26120

[4] Center of Excellence in Environment and Plant Physiology, Department of Botany, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Pathum Wan, Bangkok, 10330

*Corresponding author E-mail: Thanin.c@chula.ac.th

บทคัดย่อ

สถานการณ์ความเปลี่ยนแปลงทางด้านภูมิอากาศที่ทวีความรุนแรงเพิ่มขึ้นในปัจจุบันได้ส่งผลกระทบต่อหลายอุตสาหกรรมทั่วโลก รวมถึงผลกระทบในภาคเกษตรกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเพาะปลูกข้าวที่ได้รับผลกระทบจากทั้งภาวะแล้งและน้ำท่วมฉับพลัน ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการปรับปรุงพันธุ์ข้าวให้มีความทนทานต่อสภาพอากาศที่แปรปรวนโดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำท่วมด้วยการพัฒนาข้าวสายพันธุ์กลายที่มีฐานพันธุกรรมของข้าวพันธุ์ กข31 จากการเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ด้วยลำแสงอิเล็กตรอน ผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่าข้าวสายพันธุ์กลายเหล่านี้สามารถมีชีวิตรอดในสภาวะน้ำท่วมได้นานถึง 2 สัปดาห์ แต่การประเมินความทนทานในสภาวะน้ำท่วมยังไม่มีการดำเนินงานอย่างเป็นระบบ จึงนำไปสู่วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ เพื่อประเมินความสามารถในการตอบสนองต่อสภาวะน้ำท่วมฉับพลันของข้าว กข31 สายพันธุ์กลายในระดับแปลงทดลอง

และตรวจสอบการปรากฏของยีนควบคุมความทนทานต่อสภาวะน้ำท่วม ผลการศึกษาพบว่า ข้าว กข 31 สายพันธุ์กลายมีอัตราการรอดชีวิตที่สูงกว่าพันธุ์ดั้งเดิม แต่ไม่นัยสำคัญทางสถิติและอยู่ในกลุ่มเดียวกันกับพันธุ์มาตรฐานเปรียบเทียบ (IR64-*SUB1* และ FR13A) เมื่อพิจารณาอัตราการยืดตัวของต้นข้าว พบว่าทั้งสายพันธุ์กลายและพันธุ์เปรียบเทียบไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีแนวโน้มที่ลดลงเมื่อเปรียบกับพันธุ์ดั้งเดิม เป็นที่น่าสังเกตว่าข้าว กข31 สายพันธุ์กลายอาจมียีนที่ควบคุมความทนทานต่อสภาวะน้ำท่วมฉับพลัน จึงได้ตรวจสอบยีน *SUB1A* ในจีโนมของประชากรสายพันธุ์กลาย พบการปรากฏของยีนดังกล่าวในข้าว กข 31 สายพันธุ์กลายแต่ไม่พบในพันธุ์ดั้งเดิม การค้นพบนี้ช่วยอธิบายความสามารถในการทนทานต่อสภาวะน้ำท่วมฉับพลันของข้าว กข31 สายพันธุ์กลายได้ และสามารถใช้ข้าวสายพันธุ์กลายเหล่านี้เป็นผู้ให้ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวอื่นให้มีความสามารถในการทนทานต่อสภาวะน้ำท่วมได้ในอนาคต

คำสำคัญ : กข31, ยีน *SUB1A*, ข้าวทนน้ำท่วมฉับพลัน, ข้าวสายพันธุ์กลาย

Abstract

The current increasing severity of climate impacts significantly affect various industries globally, particularly agriculture and rice production that experiences both drought and flooding. To address this challenge, breeding programs have focused on developing climate-resilient rice, particularly flood-tolerant cultivars. In this study, rice mutants were generated from the RD31 genetic background via electron-beam-induced mutagenesis. The preliminary screening indicated that these mutants survive under submergence for up to two weeks. However, a systematic evaluation of their tolerance remained unknown. Therefore, this research aimed to assess the submergence response of RD31 mutant lines and determine the presence of a submergence tolerance gene. The results showed that RD31 mutant lines exhibited higher survival rates than the parental RD31. These rates were statistically comparable to submergence-tolerant checks (IR64-*SUB1* and FR13A). Regarding the elongation rate, no significant differences were observed between the RD31 mutant lines and checks cultivars. However, the RD31 mutant lines showed a trend of decreased elongation rate compared to RD31. This finding suggested the potential presence of submergence-tolerant genes in the mutant lines. Subsequent PCR analysis confirmed the presence of the *SUB1A* gene in the RD31 mutant lines, while it was absent in RD31. This

discovery explains the enhanced submergence tolerance in the RD31 mutant lines and highlights their value as donors for developing submergence-tolerant rice cultivars in the future.

Keywords : RD31, *SUB1A*, Rice submergence tolerance, Mutagenized rice

บทนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจและเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของโลก อย่างไรก็ตาม สภาวะการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในปัจจุบันส่งผลให้รูปแบบและความรุนแรงของฤดูฝนไม่สามารถคาดการณ์ได้ นำไปสู่ปัญหาน้ำท่วมฉับพลันในหลายพื้นที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่เกษตรกรรม รวมถึงพื้นที่นาข้าวเกือบทั้งหมด โดยสภาวะน้ำท่วมฉับพลันส่งผลกระทบโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของข้าว เนื่องจากทำให้เกิดภาวะขาดแคลนออกซิเจนและได้รับแสงไม่เพียงพอต่อการดำรงชีวิต ซึ่งท้ายที่สุดแล้วจะทำให้ผลผลิตลดลงและเกิดการขาดแคลนอาหาร

เพื่อให้รอดชีวิตในสภาวะน้ำท่วม ข้าวจึงมีกลไกการปรับตัวที่สำคัญอยู่ 2 กลไกที่มีลักษณะตรงข้ามกันอย่างสิ้นเชิง ได้แก่ escape strategy เป็นการเร่งการยืดตัวของยอดเพื่อชูใบขึ้นเหนือผิวน้ำ (Kuroha & Ashikari 2020) กลไกดังกล่าวนี้จะช่วยให้ออกซิเจนในบรรยากาศแพร่ผ่านใบลงไปยังส่วนอื่นของลำต้นอยู่รอดในสภาวะน้ำท่วม ในทางกลับกับ quiescence strategy เป็นกลไกที่ตรงกันข้าม คือ การลดการยืดตัวของใบ ซึ่งเป็นผลมาจากการลดการใช้พลังงาน ทำให้ต้นข้าวสามารถจมอยู่ใต้น้ำได้นานถึง 2 สัปดาห์ (Bailey-Serres et al. 2010) ด้วยการค้นพบกลไกดังที่กล่าวมานี้ ทำให้นักปรับปรุงพันธุ์สามารถปรับปรุงพันธุ์ข้าวให้มีความทนทานต่อน้ำท่วม เช่น ข้าวพันธุ์ กข51 ที่ได้จากการผสมระหว่างข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 กับข้าวสายพันธุ์ IR49830-7-1-2-2 ที่มีลักษณะทนน้ำท่วมฉับพลัน (Siangliw et al. 2003)

นอกจากนี้ ภายใต้ความร่วมมือระหว่างศูนย์วิจัยข้าวปราจีนบุรี กรมการข้าว และสถานบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ ได้มีการพัฒนาข้าวสายพันธุ์ทนน้ำท่วมฉับพลันโดยการฉายรังสีอิเล็กตรอนเข้ากับข้าวพันธุ์ กข31 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ไม่ไวต่อช่วงแสง ให้ผลผลิตที่ดี และสามารถปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ดี ซึ่งผลการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าข้าวพันธุ์กลายมีความสามารถในการทนต่อน้ำท่วมฉับพลันได้นานถึง 14 วัน (Promnart et al. 2017) อย่างไรก็ตาม ข้อมูลเกี่ยวข้องกับความทนทานในสภาวะน้ำท่วมและพื้นฐานทางพันธุกรรมของข้าว กข31 สายพันธุ์กลายเหล่านี้ยังไม่มีการศึกษาอย่างเป็นระบบ

ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความสามารถในการตอบสนองต่อสภาวะน้ำท่วมฉับพลันของข้าว กข31 สายพันธุ์กลาย โดยเปรียบเทียบความทนทานในระดับแปลงทดลอง การตอบสนองทางสัญฐานวิทยา และการปรากฏของยีนควบคุมความทนทานต่อสภาวะน้ำท่วม (*SUB1A*) ผลการทดลองนี้ช่วยเพิ่มความ

เข้าใจเกี่ยวกับกลไกการปรับตัวของข้าว กข31 สายพันธุ์กลาย และเป็นแนวทางในการพัฒนาพันธุ์ข้าวทนน้ำท่วมต่อไปในอนาคต

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ทดสอบความสามารถในการทนต่อน้ำท่วมฉับพลันของข้าว กข31 สายพันธุ์กลายในระยะแตกกอ

1.1 พันธุ์ข้าว การปลูก และ แผนการทดลอง

การทดลองนี้ดำเนินงาน ณ ศูนย์วิจัยข้าวปราจีนบุรี จังหวัดปราจีนบุรี ระหว่างช่วงเดือน ตุลาคม พ.ศ. 2567 ถึง มกราคม พ.ศ. 2568 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ทั้งหมด 4 บล็อก โดยแต่ละบล็อกแต่ละพันธุ์ จะมีขนาดแปลงปลูก 1x2 เมตร ทำตกกล้าข้าวพันธุ์ กข31 พันธุ์ดั้งเดิม ข้าวพันธุ์ กข31 สายพันธุ์กลาย 3 สายพันธุ์ ได้แก่ 291 369 และ 369 โดยมีพันธุ์มาตรฐานทนต่อน้ำท่วมฉับพลันได้แก่ IR64-*SUB1* และ FR13A และพันธุ์มาตรฐานไม่ทนต่อน้ำท่วมฉับพลัน IR64 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ปักดำหลังตกกล้าเป็นเวลา 20 วัน โดยปักดำกล้า 6 แถว แถวละ 11 ต้น รวมเป็น 66 ต้นต่อพันธุ์หรือสายพันธุ์ในแต่ละบล็อก เมื่อข้าวเข้าสู่ระยะแตกกอ (28 วันหลังปักดำ) ทำการผันน้ำเข้าสู่แปลงข้าวจนมีระดับความลึก 150 เซนติเมตรจากผิวดิน และทำการผันน้ำออกหลังจากเวลาผ่านไป 4 วัน

1.2 การเก็บข้อมูล

เก็บข้อมูลความสูงต้นก่อนและหลังจมน้ำท่วม จำนวนต้นที่รอดหลังน้ำท่วมในระยะฟื้นตัว (14 วันหลังผันน้ำออก) จากนั้นนำมาคำนวณอัตราการยืดตัวของต้นโดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{อัตราการยืด} = \frac{\text{ความสูงต้นหลังจมน้ำ - ความสูงต้นก่อนจมน้ำ}}{\text{ความสูงต้นก่อนจมน้ำ}} \times 100$$

และคำนวณอัตราการรอดชีวิตโดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{อัตราการรอดชีวิต} = \frac{\text{จำนวนต้นที่รอดหลังน้ำท่วมในระยะฟื้นตัว}}{\text{จำนวนต้นทั้งหมดก่อนจม}} \times 100$$

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติโดยเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยใช้โปรแกรม R

2. การทดสอบความสามารถในการทนน้ำท่วมฉับพลันในประชากรข้าว กข31 สายพันธุ์กลาย

การทดลองนี้ดำเนินงาน ณ ศูนย์วิจัยข้าวปราจีนบุรี จังหวัดปราจีนบุรี โดยการเตรียมเมล็ดพันธุ์ข้าว กข31 พันธุ์ดั้งเดิม และข้าว กข31 สายพันธุ์กลายรุ่นที่ M_{12} จำนวน 67 สายพันธุ์ โดยใช้ข้าวพันธุ์ IR42 และ FR13A เป็นพันธุ์มาตรฐานเปรียบเทียบ โดยรักษาระดับน้ำในแปลงปลูกหลังจากข้าวงอกเป็นต้นกล้าประมาณ 5-10 เซนติเมตรจากระดับผิวดิน เมื่อต้นกล้าอายุ 30 วัน จึงเพิ่มระดับน้ำให้ท่วมต้นข้าวทันที โดยมีระดับความสูงจากก้นบ่อ 150 เซนติเมตร รักษาระดับน้ำเป็นเวลา 9 วัน โดยลดระดับน้ำเมื่อตรวจสอบพบว่าพันธุ์ IR42 มีลำต้นนิ่มหรือเน่า เมื่อลดระดับน้ำแล้วรักษาระดับน้ำที่ 5-10 เซนติเมตร ประเมินความสามารถในการทนน้ำท่วมฉับพลันตามวิธีการของ IRRI (2014) จากนั้นทิ้งให้ต้นข้าวฟื้นตัวเป็นเวลา 14 วันและประเมินการฟื้นตัวอีกครั้ง

ตารางที่ 1 คะแนนความทนและการฟื้นตัวในสภาวะน้ำท่วม

คะแนน	ความทนทาน	การฟื้นตัว
1	ทนทานสูง	ดีมาก
3	ทนทาน	ดี
5	ทนทานปานกลาง	ปานกลาง
7	อ่อนแอ	น้อย
9	อ่อนแอมาก	ตายหรือตายเกือบทั้งหมด

หมายเหตุ ระดับ 1 การรอดชีวิตหรือฟื้นตัวเทียบเท่า FR13A
ระดับ 9 การรอดชีวิตหรือฟื้นตัวเทียบเท่า IR42

3. การตรวจสอบยีน *SUB1A* ในประชากรข้าว กข31 สายพันธุ์กลาย

3.1 สายพันธุ์ข้าว และการเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างใบข้าว กข31 สายพันธุ์กลาย รุ่น M_{12} จำนวน 67 สายพันธุ์ โดยการตัดใบอ่อนของข้าวสายพันธุ์ละ 10 ต้น จากแปลงข้าว ณ ศูนย์วิจัยข้าวปราจีนบุรี จังหวัดปราจีนบุรี และใช้เจลเย็นในการเก็บรักษาความสดของใบ จากนั้นทำตัดใบข้าวทั้ง 10 ใบของแต่ละสายพันธุ์ ความยาวประมาณ 0.5 เซนติเมตร เก็บรวมกันใส่หลอดขนาด 1.5 ml ที่มีลูกเหล็กขนาด 2 มิลลิเมตร จำนวน 5-6 ลูก และแช่แข็งอย่างรวดเร็วด้วยไนโตรเจนเหลว เก็บไว้ในตู้แช่แข็ง -80 องศาเซลเซียส

3.2 การสกัดดีเอ็นเอ

บดตัวอย่างใบข้าวให้ละเอียด ด้วยเครื่อง Mixer Mill รุ่น MM 400 (Retsch, Germany) ที่ความถี่ 30 Hz เป็นเวลา 1:30 นาที จากนั้นเติม extraction buffer (0.5 M NaCl, 0.1 M Tris pH 8.0, 0.2 M EDTA pH 8.0, 0.2% (v/v) SDS) ปริมาตร 500 ไมโครลิตรต่อตัวอย่าง ผสมให้เข้ากันด้วย vortex mixer จากนั้นเติม chloroform : isoamyl alcohol (24:1) ปริมาตร 500 ไมโครลิตร และผสมให้เข้ากันด้วย vortex mixer อีกครั้ง นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 13,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นถ่ายสารละลายส่วนใส 400 ไมโครลิตรลงในหลอด microcentrifuge หลอดใหม่ เติม isopropanol ปริมาตร 400 ไมโครลิตร และกลับหลอดไปมาทันที ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 13,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที และเทสายละลายส่วนใสทิ้ง และเติม 70% (v/v) ethanol ปริมาตร 500 ไมโครลิตร กลับหลอดไปมาเพื่อล้างตะกอนให้สะอาด และนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 13,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที เทสารละลายส่วนใสทิ้ง จากนั้นนำตะกอนที่ได้ไปปั่นให้แห้งด้วยเครื่อง Speedvac DNA 110 (Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA) เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นละลายตะกอน DNA ด้วยน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ ปริมาตร 50 ไมโครลิตร และทำการวัดปริมาณและคุณภาพ DNA ด้วยเครื่อง Nanodrop 2000 (Thermo Fisher Scientific, USA) และเก็บตัวอย่าง DNA ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

3.3 การตรวจสอบยีน *SUB1A* ด้วยปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส (PCR)

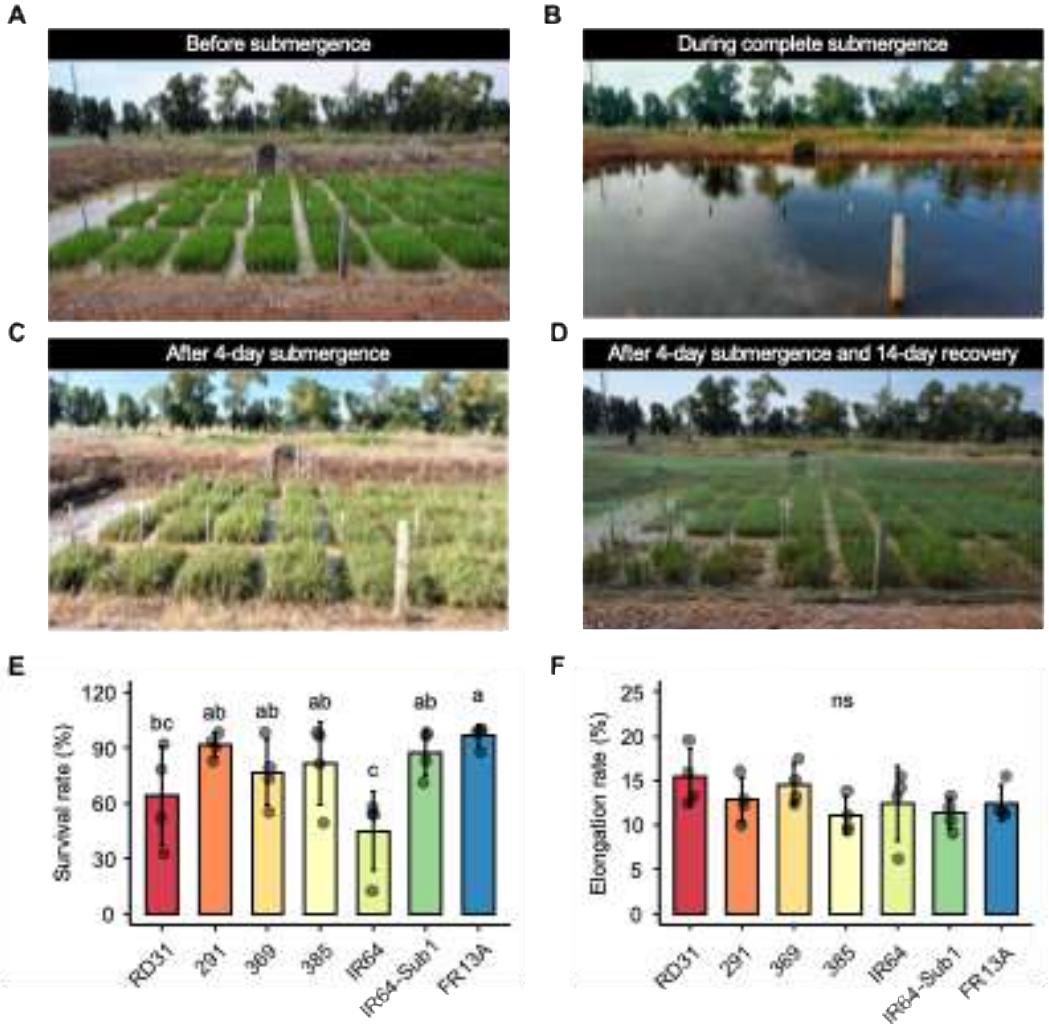
ทำการตรวจสอบยีน *SUB1A* ด้วยการใช้ไพรเมอร์ที่จำเพาะเจาะจงต่อยีนตามวิธีของ Xu et al. (2006) ซึ่งได้แก่ SUB1A_F: 5’-GATGTGTGGAGGAGAAGTGA-3’ และ SUB1A_R: 5’-GGTAGATGCCGAGAAGTGTA-3’ ด้วยเทคนิคปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส โดยปฏิกิริยามีปริมาตรรวม 10 ไมโครลิตร ประกอบด้วย 1U DNA polymerase (Vivantis, Malaysia), 1X buffer A, 0.1 mM dNTPs, 3% DMSO, 0.2 µM SUB1A_F primer, 0.2 µM SUB1A_R primer และ DNA ตัวอย่าง ความเข้มข้น 200 ng โดยตั้งโปรแกรมการทำงานของเครื่อง Thermal cycler ดังแสดงในตารางที่ 2 และตรวจสอบ PCR product ที่ได้ด้วยเทคนิค gel electrophoresis โดยใช้ 1% (w/v) agarose ตั้งกระแสไฟฟ้าที่ 100 V เป็นเวลา 30 นาที และตรวจสอบ PCR product ด้วย gel documentation โดยขนาดแถบ DNA ที่ได้จะเท่ากับ 1,015 bp

ตารางที่ 2 Thermal cycling conditions for PCR amplification

ขั้นตอน	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (นาที)
Initial denaturation	94	02:00
Denaturation	94	00:30
Annealing	60	00:30
Extension	72	00:40
Go to Step 2, 34X		
Final extension	72	07:00
Holding	12	Infinity

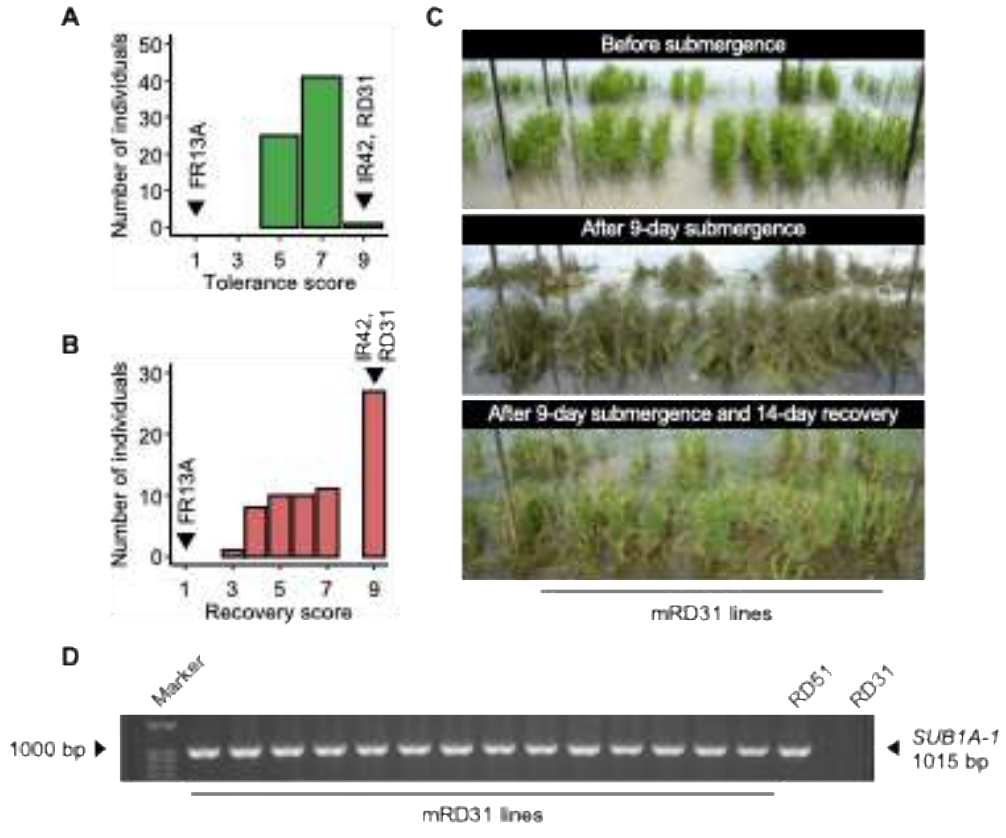
ผลการวิจัย

จากการทดสอบความสามารถในการทนต่อน้ำท่วมฉับพลันเป็นเวลา 4 วันและปล่อยให้ฟื้นตัวเป็นเวลา 14 วัน (ภาพที่ 1A-D) พบว่าพันธุ์มาตรฐาน IR64-*SUB1* และ FR13A มีอัตราการรอดชีวิตที่สูงคือร้อยละ 96.6 และ 87.5 ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์ IR64 มีอัตราการรอดชีวิตต่ำสุดที่ร้อยละ 45.0 สำหรับข้าว กข31 สายพันธุ์กลายจำนวน 3 สายพันธุ์ (หมายเลข 291, 369 และ 385) มีอัตราการรอดชีวิตอยู่ในช่วง 76.9 – 91.6 ซึ่งสูงกว่าพันธุ์ดั้งเดิม (กข31) ที่มีอัตราการรอดชีวิตร้อยละ 64.2 แต่อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าอัตราการรอดชีวิตระหว่างข้าว กข31 สายพันธุ์กลายและพันธุ์ดั้งเดิมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value > 0.05) แม้ว่าข้าว กข31 สายพันธุ์กลายมีแนวโน้มอัตราการรอดชีวิตที่สูงเทียบเท่ากับพันธุ์มาตรฐาน IR64-*SUB1* ก็ตาม (ภาพที่ 1E) ผลการวัดอัตราการยืดตัวของต้นข้าวภายใต้ภาวะน้ำท่วมฉับพลัน พบว่าทุกพันธุ์/สายพันธุ์มีค่าใกล้เคียงกันในช่วงร้อยละ 11.1 – 15.4 โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทั้ง 7 พันธุ์/สายพันธุ์ อย่างไรก็ตาม ข้าว กข31 สายพันธุ์กลายมีแนวโน้มการยืดตัวที่ต่ำกว่าพันธุ์ดั้งเดิมเล็กน้อย (ภาพที่ 1F) ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะข้าวกลุ่มที่ทนทานต่อน้ำท่วมฉับพลันแบบ quiescence strategy



ภาพที่ 1 การทดสอบน้ำท่วมฉับพลันในข้าว กข31 สายพันธุ์กลายแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการทนน้ำท่วมฉับพลัน (A) บ่อทดลองก่อนจมน้ำ (B) บ่อทดลองระหว่างจมน้ำ (C) บ่อทดลองหลังจากน้ำท่วมฉับพลันเป็นเวลา 4 วัน (D) บ่อทดลองหลังจากน้ำท่วมฉับพลันเป็นเวลา 4 วันและฟื้นตัวเป็นเวลา 14 วัน (E) อัตราการรอดชีวิต และ (F) อัตราการยืดตัวของต้นข้าว เปรียบเทียบกับพันธุ์มาตรฐานที่ทนต่อน้ำท่วมฉับพลัน IR64-*SUB1* และ FR13A และพันธุ์มาตรฐานไม่ทนต่อน้ำท่วม IR64 กราฟแท่งแสดงค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทำซ้ำทั้งหมด 4 ซ้ำ ตัวอักษรภาษาอังกฤษแสดงความแตกต่างทางสถิติระหว่างสายพันธุ์ข้าวด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ ns แสดงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการศึกษาเบื้องต้นที่พบว่าข้าว กข31 สายพันธุ์กลายมีอัตราการรอดชีวิตใกล้เคียงกับพันธุ์มาตรฐานทนน้ำท่วม (IR64-*SUB1* และ FR13A) จึงนำไปสู่การทดสอบความทนทานต่อสภาวะน้ำท่วมฉับพลันในประชากรสายพันธุ์กลายจำนวน 67 สายพันธุ์ และวิเคราะห์ความเกี่ยวข้องกับยีน *SUB1A* โดยจากการประเมินความทนทานต่อสภาวะน้ำท่วมฉับพลันเป็นเวลา 9 วันพบว่าประชากรส่วนใหญ่มีคะแนนความทนทานอยู่ระหว่าง 5 ถึง 7 ซึ่งจัดอยู่ในระดับทนทานปานกลาง (ภาพที่ 2A) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาการฟื้นตัวหลังน้ำลดเป็นเวลา 14 วันพบว่าประชากรส่วนใหญ่มีคะแนนการฟื้นตัวอยู่ในระดับต่ำ (คะแนนเท่ากับ 9) ซึ่งใกล้เคียงกับพันธุ์มาตรฐานไม่ทนต่อน้ำท่วม (IR42) และพันธุ์ดั้งเดิม (กข31) (ภาพที่ 2B) การทดสอบยีนทนน้ำท่วมด้วยเทคนิคปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส ด้วยไพรเมอร์ที่จำเพาะต่อยีน *SUB1A* พบว่าประชากรข้าว กข31 สายพันธุ์กลายปรากฏแถบ DNA ขนาด 1,015 bp ซึ่งตรงกับขนาดที่พบในพันธุ์ควบคุมบวก (positive control; กข51) ที่มียีน *SUB1A* ในจีโนม ในขณะที่พันธุ์ดั้งเดิม (กข31) ไม่ปรากฏแถบ DNA ดังกล่าว (ภาพที่ 2D) การพบยีน *SUB1A* ในข้าว กข31 สายพันธุ์กลายชี้ให้เห็นถึงความเป็นไปได้ว่าความสามารถในการทนทานและการรอดชีวิตในสภาวะน้ำท่วมฉับพลันเป็นผลจากยีน *SUB1A* ซึ่งเป็นกลไกสำคัญที่ทำให้ข้าวสายพันธุ์กลายเหล่านี้ทนทานต่อสภาวะน้ำท่วมได้ดีกว่าข้าว กข31 พันธุ์ดั้งเดิม



ภาพที่ 2 การประเมินความสามารถในการทนต่อน้ำท่วมฉับพลันในประชากรข้าว กข31 สายพันธุ์กลาย (A) การประเมินความทนทาน (B) การประเมินการฟื้นตัว (C) ลักษณะต้นข้าว กข31 สายพันธุ์กลายก่อนการจมน้ำ หลังจากจมน้ำเป็นเวลา 9 วัน และหลังจมน้ำเป็นเวลา 9 วันและฟื้นตัว 14 วัน (D) การตรวจสอบยีน *SUB1A* ในข้าว กข31 สายพันธุ์กลายเปรียบเทียบกับพันธุ์ดั้งเดิม กข31 และพันธุ์ทนน้ำท่วมที่มียีน *SUB1A* คือ กข51 โดยแสดงจำนวนตัวอย่างข้าว กข31 สายพันธุ์กลายจำนวน 14 สายพันธุ์

วิจารณ์ผล

การศึกษาการตอบสนองต่อสภาวะน้ำท่วมฉับพลันในข้าว กข31 สายพันธุ์กลายที่ผ่านการเหนี่ยวนำให้เกิดความผันแปรทางพันธุกรรมด้วยลำอิเล็กตรอนพบว่า ประชากรข้าว กข31 สายพันธุ์กลายทุกสายพันธุ์ปรากฏยีน *SUB1A* ในจีโนม ในขณะที่ข้าว กข31 พันธุ์ดั้งเดิมไม่พบยีนดังกล่าว การปรากฏของยีนนี้สามารถอธิบายอัตราการรอดชีวิตที่สูงของข้าว กข31 สายพันธุ์กลายได้ เนื่องจากยีน *SUB1A* เป็นปัจจัยทางพันธุกรรมหลักที่ควบคุมความสามารถในการทนทานต่อสภาวะน้ำท่วมฉับพลัน ซึ่งช่วยให้ต้นข้าวมีอัตราการรอดชีวิตที่สูงในสภาวะที่มีออกซิเจนและแสงอย่างจำกัด (Fukao et al. 2006; Xu et al. 2006)

ในขณะเดียวกัน เมื่อพิจารณาการยืดตัวของต้นข้าวในสภาวะน้ำท่วมกลับไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบระหว่าง กข31 สายพันธุ์กลายและพันธุ์ดั้งเดิม รวมไปถึงระหว่าง IR64 และ IR64-*SUB1* ซึ่งขัดแย้งกับลักษณะทั่วไปของข้าวที่มียีน *SUB1A* สาเหตุที่เป็นไปได้อาจเกิดจากวิธีการเก็บผล เนื่องจากการวัดความสูงเป็นการวัดความสูงรวมของต้นข้าว ซึ่ง Alpuerto et al. (2022) ได้รายงานไว้ว่าลำดับของใบมีผลต่อการตอบสนองต่อสภาวะน้ำท่วมฉับพลันในข้าว โดยใบแก่ที่เจริญเติบโตเต็มที่แล้วจะไม่มีการยืดตัวเพิ่มขึ้น ในขณะที่ใบอ่อนจะมีการยืดตัวอย่างชัดเจน การวัดความสูงจากผิวดินไปจนถึงปลายใบซึ่งส่วนใหญ่เป็นใบแก่อาจทำให้ไม่เห็นความแตกต่างที่เกิดขึ้นจริงได้ ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปควรปรับวิธีการวัดโดยเน้นไปที่การยืดตัวของใบอ่อนหรือการวัดแยกแต่ละลำดับใบเพื่อให้เห็นความแตกต่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น

แม้ว่าการเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ด้วยลำอิเล็กตรอนจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในระดับจีโนม เช่น insertion-deletion หรือ genomic rearrangement (Tanaka et al. 2010) แต่การปรากฏของยีน *SUB1A* ซึ่งไม่พบในข้าว กข31 ที่เป็นพันธุ์ดั้งเดิมอาจไม่ได้มีสาเหตุมาจากการเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ สมมติฐานที่เป็นไปได้อาจเกิดจากการปนเปื้อนของเมล็ดพันธุ์ระหว่างกระบวนการฉายลำแสงอิเล็กตรอนหรือปนเปื้อนในแปลงทดสอบที่มีการใช้พันธุ์มาตรฐานเปรียบเทียบที่มียีน *SUB1A* รวมด้วย (Promnart et al. 2017) นอกจากนี้ โอกาสในการผสมข้ามสายพันธุ์ตามธรรมชาติกับข้าวที่มียีน *SUB1A* ในพื้นที่ใกล้เคียงเป็นปัจจัย

ที่อาจเกิดขึ้นได้ แม้จะมีโอกาสที่ต่ำและมีปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม เช่น พันธุ์ข้าว ระยะเวลาการออกดอก ลักษณะทางสัณฐานวิทยา หรือแม้กระทั่งอุณหภูมิและความชื้น เข้ามาเกี่ยวข้องก็ตาม (Deb & Bhattacharya 2021)

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าที่มาของยีน *SUB1A* ในข้าว กข31 สายพันธุ์กลายเหล่านี้ยังไม่เป็นที่แน่ชัด แต่ลักษณะเด่นในด้านความทนทานต่อสภาวะน้ำท่วมที่พบในพันธุกรรมของ กข31 สายพันธุ์กลายถือเป็นทรัพยากรทางพันธุกรรมในด้านการปรับปรุงพันธุ์เพื่อถ่ายทอดลักษณะความทนทานต่อสภาวะน้ำท่วมเข้าสู่พันธุ์ข้าวเศรษฐกิจอื่นเพื่อสร้างพันธุ์ข้าวที่ทนทานต่อสภาพภูมิอากาศที่แปรปรวนในอนาคต

สรุปผล

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าอัตราการรอดชีวิตของข้าว กข31 สายพันธุ์กลายมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับพันธุ์ดั้งเดิมคือ กข31 แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อพิจารณาอัตราการยืดตัวของต้น พบว่าไม่แตกต่างจากทั้งพันธุ์ กข31 ดั้งเดิมและพันธุ์เปรียบเทียบมาตรฐาน ได้แก่ IR64, IR64-*SUB1* และ FR13A ผลการทดสอบความสามารถในการทนต่อน้ำท่วมฉับพลันในประชากรข้าว กข31 สายพันธุ์กลาย จำนวน 67 สายพันธุ์ พบว่าสามารถทนต่อน้ำท่วมฉับพลันได้ และมียีน *SUB1A* อยู่ในจีโนมของข้าว กข31 สายพันธุ์กลายทุกสายพันธุ์

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยชิ้นนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากทุนพัฒนาอาจารย์ใหม่/นักวิจัยใหม่ กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (DNS_67_014_23_005_2) ผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์วิจัยข้าวปราจีนบุรี กรมการข้าว ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์พื้นที่ในการทำการทดลองและมีส่วนช่วยในการเก็บข้อมูล ขอขอบคุณศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านสิ่งแวดล้อมและสรีรวิทยาของพืช ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับความอนุเคราะห์เครื่องมือและสถานที่สำหรับการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Alpuerto, J. B., Fukuda, M., Li, S., Hussain, R. M. F., Sakane, K., & Fukao, T. (2022). The submergence tolerance regulator *SUB1A* differentially coordinates molecular adaptation to submergence in mature and growing leaves of rice (*Oryza sativa* L.). The Plant Journal, 110(1), 71-87.

Bailey-Serres, J., Fukao, T., Ronald, P., Ismail, A., Heuer, S., & Mackill, D. (2010). Submergence Tolerant Rice: *SUB1*'s Journey from Landrace to Modern Cultivar. Rice, 3(2), 138-147.

Deb, D., & Bhattacharya, D. (2021). Unusually High Frequency of Cross-Pollination Between Rice Landraces Shiuli and Kharah with Coincident Flower-Opening Times. Current Science, 121, 121-126.

Fukao, T., Xu, K., Ronald, P. C., & Bailey-Serres, J. (2006). A Variable Cluster of Ethylene Response Factor–Like Genes Regulates Metabolic and Developmental Acclimation Responses to Submergence in Rice. The Plant Cell, 18(8), 2021-2034.

IRRI (International Rice Research Institute). 2014. Standard Evaluation System for rice (SES). 5th edition. International Rice Research Institute, Los Banos.

Kuroha, T., & Ashikari, M. (2020). Molecular mechanisms and future improvement of submergence tolerance in rice. Molecular Breeding, 40(4), 41.

Promnart, U., Puripunyavanich, V., Boonsirichai, K., Doungsoongnern, P., Kaewchuenchai, R., Chamotri, S., Klakhaeng, K., & Sarsu, F. (2017). Breeding Thai Rice for Flood Tolerance through Electron Beam-induced Mutations. Journal of Genetic Engineering and Biotechnology, 2167-7220 2017, 1-10.

Siangliw, M., Toojinda, T., Tragoonrung, S., & Vanavichit, A. (2003). Thai jasmine rice carrying QTLch9 (*Sub*QTL) is submergence tolerant. Annals of Botany, 91 Spec No(2), 255-261.

Tanaka, A., Shikazono, N., & Hase, Y. (2010). Studies on Biological Effects of Ion Beams on Lethality, Molecular Nature of Mutation, Mutation Rate, and Spectrum of Mutation Phenotype for Mutation Breeding in Higher Plants. Journal of Radiation Research, 51(3), 223-233.

Xu, K., Xu, X., Fukao, T., Canlas, P., Maghirang-Rodriguez, R., Heuer, S., Ismail, A. M., Bailey-Serres, J., Ronald, P. C., & Mackill, D. J. (2006). *Sub1A* is an ethylene-response-factor-like gene that confers submergence tolerance to rice. Nature, 442(7103), 705-708.

ผลของการเปลี่ยนแปลงความเค็มต่อปริมาณแอมโมเนียรวมไนโตรเจนในระบบหมุนเวียนน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

Effects of Salinity Changes on Total Ammonia Nitrogen (TAN) in Recirculating Aquaculture Systems (RAS)

ชนกนันท์ ศิริสุข[1*] , กรณ์รวี เอี่ยมสมบูรณ์[1], ปาริชาติ ชุมทอง[2,3], พัชรี โยควิบูล[2,3] และศานิต ปิยพัฒนากร[1,2]

Chanoknan Sirisuk[1*], Kornrawee Aiemsomboon[1], Parichat Chumtong[2,3], Patchari Yocawibun[2,3] and Sanit Piyapattanakorn[1,2]

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กทม. 10330

[2] ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กทม. 10330

[3]ทีมวิจัยเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเล ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ ปทุมธานี 12120

[1] Department of Marine Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Phayathai Road, Wang Mai, Pathum Wan, Bangkok 10330, Thailand

[2]Center of Excellence for Marine Biotechnology Department of Marine Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Phayathai Road, Wang Mai, Pathum Wan, Bangkok 10330, Thailand

[3]Marine Biotechnology Research Team, National Center for Genetic Engineering and Biotechnology (BIOTEC), Pathum Thani 12120, Thailand

*Corresponding author E-mail: chanoknan.0205@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงความเค็มต่อประสิทธิภาพกระบวนการไนตริฟิเคชันและปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มไนตริฟายอิงในระบบหมุนเวียนน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (RAS) โดยเปรียบเทียบรูปแบบการเพิ่มความเค็ม 2 ลักษณะ คือ การเพิ่มความเค็มแบบต่อเนื่องครั้งละ 2.5 ppt ทุก 2 วัน และได้ความเค็มสุดท้าย 15 ppt และการเพิ่มความเค็มแบบเฉียบพลันสู่ระดับ 15 ppt จากชุดการทดลองที่มีความเค็มเริ่มต้นที่ต่างกัน (0 และ 3 ppt) ผลการศึกษาพบว่าการเพิ่มความเค็มอย่างเฉียบพลันในชุดการทดลองที่เริ่มต้นจากน้ำจืด (0 ppt) ส่งผลให้เกิดการสะสมของไนไตรต์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) โดยค่าเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นจาก 0.67 mg/L เป็น 3.16 mg/L ซึ่งสอดคล้องกับการลดลงของปริมาณแบคทีเรียกลุ่ม Nitrite-oxidizing bacteria (NOB) อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.01$) ในขณะที่ปริมาณแบคทีเรียกลุ่ม Ammonia-oxidizing bacteria (AOB) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ที่ตรวจวัดผ่านยีน *nrxB และ*

amoA ตามลำดับ ด้วยเทคนิค qPCR แสดงให้เห็นว่าแบคทีเรียกลุ่ม Ammonia-oxidizing bacteria (AOB) น่าจะมีปรับตัวต่อการเพิ่มความเค็มแบบเฉียบพลันของได้ดีกว่ากลุ่ม NOB ส่งผลให้การบำบัดแอมโมเนียดำเนินไปได้อย่างต่อเนื่องแม้ในสภาวะที่การบำบัดไนไตรต์หยุดชะงักลง อย่างไรก็ตาม ในชุดการทดลองที่มีความเค็มเริ่มต้น 3 ppt แล้วปรับเพิ่มเป็น 15 ppt พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของไนไตรต์เพียงเล็กน้อย โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ปรับความเค็มแบบต่อเนื่อง แม้ว่าปริมาณประชากร NOB จะมีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.01$) (รูปที่ 3) แต่ระบบใช้เวลาเพียง 1 วันในการปรับตัวเพื่อให้ค่าไนไตรต์ลดลงและกลับเข้าสู่สภาวะสมดุลอีกครั้ง สำหรับชุดการทดลองการปรับความเค็มแบบต่อเนื่องสามารถรักษาเสถียรภาพการทำงานของระบบและส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้อย่างต่อเนื่อง จากผลงานวิจัยนี้จึงสรุปได้ว่าการรักษาเสถียรภาพของระบบบำบัดน้ำในเชิงพาณิชย์ควรใช้วิธีการปรับความเค็มแบบต่อเนื่องโดยควบคุมอัตราการเปลี่ยนแปลงไม่ให้เกิน 2.5 ppt ต่อรอบ เพื่อให้กระบวนการไนติฟิเคชันและการทำงานของไนติฟายอิงแบคทีเรียสามารถรักษาสมดุลและทำงานได้อย่างต่อเนื่อง แต่หากจำเป็นต้องปรับความเค็มอย่างเฉียบพลัน ควรเริ่มต้นระบบที่ความเค็มอย่างน้อย 3 ppt เพื่อลดผลกระทบต่อประสิทธิภาพการบำบัดของเสียและรักษาคุณภาพน้ำในระบบให้คงที่

คำสำคัญ: ระบบหมุนเวียนน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ, ความเค็ม, AOB, NOB, และไนตริฟิเคชัน

Abstract

This study aimed to evaluate the effects of salinity changes on the efficiency of nitrification processes and the abundance of nitrifying bacteria in a recirculating aquaculture system (RAS). Two salinity adjustment strategies were compared: (1) gradual salinity increase at a rate of 2.5 ppt every 2 days until a final salinity of 15 ppt, and (2) abrupt salinity increase to 15 ppt from experimental systems with different initial salinities (0 and 3 ppt). The results showed that after abrupt salinity increase in the treatment starting from freshwater (0 ppt), a statistically significant accumulation of nitrite ($p < 0.001$), with mean concentrations increasing from 0.67 mg/L to 3.16 mg/L was found. This result was consistent with a significant reduction in the abundance of nitrite-oxidizing bacteria (NOB) ($p < 0.01$), while no significant change was observed in the abundance of ammonia-oxidizing bacteria (AOB), as quantified by the *nxrB* and *amoA* genes, respectively, using qPCR. These results indicate that AOB are more capable of adapting

to abrupt salinity increases than NOB, allowing ammonia removal to continue even when nitrite oxidation process is temporarily inhibited. However, in the experiment treated with an initial salinity of 3 ppt followed by an abrupt increase to 15 ppt, only a slight increase in nitrite concentration was observed, with no statistically significant difference compared to the gradual salinity adjustment treatment. Although the abundance of NOB decreased significantly ($p < 0.01$) (Figure 3), the system required only 1 day to adapt, after which nitrite levels decreased and returned to normal. In contrast, the gradual salinity adjustment treatment maintained stable system performance and continuously supported microbial growth. Based on these findings, it can be concluded that maintaining the stability of commercial water treatment systems should involve gradual salinity adjustment, with the rate of change not exceeding 2.5 ppt per adjustment cycle, to ensure balanced and continuous nitrification and nitrifying bacterial activity. If an abrupt salinity adjustment is unavoidable, the system should be initiated at a salinity of at least 3 ppt to minimize negative impacts on waste treatment efficiency and to maintain stable water quality.

Keywords: Recirculating Aquaculture System (RAS), Salinity, AOB, NOB, and Nitrification

บทนำ

ปัจจุบันระบบการหมุนเวียนน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (Recirculating Aquaculture Systems: RAS) ได้รับความนิยมและมีการนำมาใช้ในเชิงพาณิชย์อย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่สามารถบริหารจัดการทรัพยากรน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดโดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในระยะยาว อีกทั้งยังสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมและโรคของสัตว์น้ำได้ (นิวุฒิ หวังชัย และคณะ, 2567) กลไกสำคัญที่ทำให้ระบบ RAS สามารถคงประสิทธิภาพในการเลี้ยงสัตว์น้ำความหนาแน่นสูงได้ คือกระบวนการบำบัดของเสียไนโตรเจนตามวัฏจักรไนโตรเจน (Nitrogen Cycle) ซึ่งประกอบด้วย 2 กระบวนการหลัก ได้แก่ กระบวนการไนตริฟิเคชัน (Nitrification) ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแอมโมเนียและไนไตรต์ที่เป็นพิษให้เป็นไนเตรตที่มีความเป็นพิษต่ำ ในสภาวะที่มีออกซิเจน โดยอาศัยแบคทีเรียในกลุ่ม Ammonia-oxidizing bacteria (AOB) เช่น *Nitrosomonas* ทำหน้าที่เปลี่ยนแอมโมเนีย (NH_3/NH_4^+) ให้กลายเป็นไนไตรต์ (NO_2^-) โดยในกระบวนการนี้อาศัยเอนไซม์สำคัญคือ Ammonia Monooxygenase (AMO) ในการเร่งปฏิกิริยา จากนั้นแบคทีเรียในกลุ่ม Nitrite-oxidizing bacteria (NOB) เช่น *Nitrospira* ทำหน้าที่เปลี่ยนไนไตรต์ (NO_2^-) ให้กลายเป็นไนเตรต (NO_3^-) โดยกระบวนการนี้อาศัยเอม

ไซม์ Nitrite Oxidoreductase (NXR) ในการเร่งปฏิกิริยา (Daims et al., 2011) และอีกกระบวนการหนึ่งคือ กระบวนการดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification) เป็นกระบวนการที่ลดปริมาณไนเตรตภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน โดยกลุ่มแบคทีเรียที่เรียกว่า Denitrifiers จะใช้ไนเตรตเป็นตัวรับอิเล็กตรอน (Terminal electron acceptor) แทนที่ออกซิเจนในกระบวนการหายใจระดับเซลล์ ทำให้มีการลดปริมาณไนเตรตลงเป็นลำดับขั้นคือ จาก NO_3^- เป็น NO_2^- และจาก NO_2^- เป็น NO จาก NO เป็น N_2O และกลายเป็น N_2 ตามลำดับ จากนั้น N_2 ระเหยออกจากน้ำสู่ชั้นบรรยากาศได้อย่างปลอดภัย (Van Rijn et al., 2006)

ในระบบนิเวศของแบคทีเรียภายใต้ระบบ RAS นั้น กลุ่มแบคทีเรียที่มีบทบาทสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมมากที่สุดคือ กลุ่มไนตริฟายอิงแบคทีเรีย (Nitrifying bacteria) ซึ่งประกอบด้วย Ammonia-oxidizing bacteria (AOB) และ Nitrite-oxidizing bacteria (NOB) (Chen et al., 2006) โดยแบคทีเรียกลุ่มนี้มีความจำเพาะต่อปัจจัยทางกายภาพและเคมีสูง โดยเฉพาะความเค็ม (Salinity) ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อแรงดันออสโมติกและกิจกรรมทางสรีรวิทยาของเซลล์แบคทีเรีย โดยเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างฉับพลัน (มากกว่า 5 ppt ต่อวัน) ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำมักจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญหรือหยุดชะงักลง (Ebeling and Timmons, 2010) ในขณะที่แบคทีเรียกลุ่มอื่น เช่น แบคทีเรียกลุ่มดีไนตริฟิเคชัน แบคทีเรียย่อยสลายสารอินทรีย์ หรือกลุ่มสะสมฟอสเฟต (PAOs) มักมีความทนทานและช่วงการปรับตัวต่อความเค็มที่กว้างกว่า (สิรินันท์ และคณะ, 2555; ศิริลักษณ์, 2566)

แม้ว่าความเค็มจะส่งผลกระทบต่อแบคทีเรียในกลุ่มไนตริฟายอิงที่ทำการบำบัดน้ำระบบการหมุนเวียนน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ แต่ในแง่ของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การปรับเปลี่ยนความเค็มกลับถูกนำมาใช้เป็นกลยุทธ์ในการเพิ่มคุณภาพและสุขภาพของสัตว์น้ำ ตัวอย่างเช่น ในความเค็มสูง 4% กุ้งกุลาดำญี่ปุ่น (*Marsupenaeus japonicus*) จะมีระดับของระดับ กลูตามีน และ อะลานีน เพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเพื่อรักษาสมดุลความดันออสโมติก แต่กุ้งกุลาดำญี่ปุ่นในความเค็มต่ำกลับมีการลดลงของกรดอะมิโนรวมอย่างชัดเจน โดยเมื่อมีความเค็มสูงขึ้นเอนไซม์ *glutamate-ammonia ligase* มีการแสดงออกเพิ่มขึ้น ซึ่งช่วยในการสังเคราะห์กลูตามีนให้มากขึ้น อีกทั้งในความเค็มที่สูงขึ้นยังเป็นการลดการแสดงออกของยีน alanine-glyoxylate transaminase ซึ่งทำหน้าที่สลายอะลานีน ซึ่งในความเค็มที่เพิ่มขึ้นจึงทำให้กรดอะมิโนอิสระรวม (Total FAA) ในกล้ามเนื้อของกุ้งกุลาดำญี่ปุ่นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (Koyama et al., 2018) ในปลานิลมีการกำหนดระดับความเค็มที่เหมาะสมเพื่อกระตุ้นอัตราการเจริญเติบโตและลดความเครียดในปลานิล (El-Leithy et al., 2019**)** โดยมีการศึกษาผลกระทบของความเค็มในสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลต่อการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตในเหงือก (Branchial) และ ตับ (Hepatic) ของ ปลานิลหลังลาย (*Mozambique tilapia*) พบว่า การนำปลานิลหลังลายที่เลี้ยงในน้ำเค็มย้ายไปยังน้ำจืดมีการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำตาลในเลือดที่สูงขึ้นอย่างชัดเจน ซึ่งมาจากการสะสมพลังงานเพื่อปรับสมดุล

ไอออนและออสโมไลต์เพื่อควบคุมสมดุลความเข้มข้นของร่างกาย แต่เมื่อมีการนำปลานิลหลังลายที่เลี้ยงในน้ำจืดย้ายไปยังน้ำเค็มพบว่า มีกระตุ้นการสลายไกลโคเจน โดยมีการแสดงออกของยีน *qpq* (Glycogen Phosphorylase) เพิ่มขึ้น เพื่อให้พลังงานแก่เซลล์ที่ทำหน้าที่ขับเกลือออก โดยจะพบว่าการเลี้ยงปลานิลหลังลายในความเค็มที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างรวดเร็วต่างมีข้อดีแตกต่างกัน ซึ่งหากจะทำการเลี้ยงปลานิลหลังลายให้มีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีขึ้นควรทำการเลี้ยงแบบสลับความเค็มคือมีการเปลี่ยนไปมาระหว่างน้ำจืดน้ำเค็มทุก ๆ 6 ชั่วโมงจะดีที่สุด (Ryan J. A. Chang, 2025) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาผลของความเค็มที่แตกต่างกันต่อการเสริมไคโตซานในอาหารกุ้งต่อการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) พบว่าในความเค็มที่ความเค็มน้ำ 23 ppt มีการสะสมของปริมาณ Mg สูงกว่ากุ้งที่เลี้ยงในความเค็มน้ำ 10 ppt ซึ่งบ่งชี้ว่า Mg น่าจะเป็นปัจจัยจำกัดต่อการสร้างเปลือกในแง่เป็นตัวปรับสมดุลเกลือแร่ในร่างกาย ซึ่งผลการขาดแคลน Mg ที่ความเค็มน้ำ 10 ppt ทำให้กระบวนการสร้างเปลือกผิดปกติ ทำให้กุ้งที่เลี้ยงในความเค็ม 23 ppt มีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีกว่ากุ้งที่เลี้ยงในความเค็มน้ำ 10 ppt (กมลรัตน์ ยงเจริญ, 2561)

ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้จึงเป็นการศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงของปริมาณประชากรแบคทีเรียด้วยการเปลี่ยนแปลงความเค็มในระบบระบบการหมุนเวียนน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (RAS) เพื่อดูการทำงานของแบคทีเรียที่ทำงานแตกต่างกันในการเปลี่ยนแปลงความเค็มที่แตกต่างกัน เพื่อให้สามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในการต่อยอดเพื่อรักษาสมดุลของระบบบำบัดของเสียในระบบการหมุนเวียนน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำควบคู่ไปกับการยกระดับคุณภาพสัตว์น้ำได้อย่างยั่งยืนมากยิ่งขึ้น

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมถังชุดทดลองในกระบวนการไนตริฟิเคชัน

1.1 ขั้นตอนการเตรียมอุปกรณ์สำหรับทำการทดลอง

ล้างถังขนาด 8 ลิตรที่ใช้ในการจำลองการทำงานของแบคทีเรียในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบปิด และทำการเติมน้ำในถังทดลอง 4 ลิตร และแคลเซียมไฮโปคลอไรท์ 65% เป็นเวลา 1 สัปดาห์ เพื่อทำความสะอาดและฆ่าเชื้อถังที่ใช้ในการทดลอง จากนั้นทำการล้างถังด้วยน้ำสะอาดอีกครั้ง ทำการตากให้แห้ง และเตรียมไบโอบอลโดยการนำไบโบบอลล้างด้วยน้ำสะอาด และทำการแช่ไบโอบอลลงในสารละลายแคลเซียมไฮโปคลอไรท์ 65% เป็นเวลา 1 สัปดาห์ เพื่อทำความสะอาดและฆ่าเชื้อไบโอบอลที่ใช้ในการทดลอง จากนั้นทำการล้างไบโอบอลด้วยน้ำสะอาดอีกครั้งแล้วทำการตากให้แห้ง

1.2 ขั้นตอนการเตรียมชุดทดลองกระบวนการไนตริฟิเคชัน

นำไบโอบอลที่ทำการเตรียมไว้ใส่ในถังทดลองแต่ละถังละ 2 ลิตร หรือคิดเป็นจำนวนชิ้นประมาณ 705 ชิ้น จากนั้นทำการเติมน้ำสะอาด (RO water) ลงในถังทดลองแต่ละถังๆละ 2 ลิตร และเติมหัวเชื้อแบคทีเรียกระบวนการไนตริฟิเคชันลงในถังที่ทำการทดลองปริมาตร 10% ของปริมาตรที่ทำการทดลองทั้งหมด หรือคิดเป็น 400 มิลลิลิตร และให้อากาศเพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้แบคทีเรียไนตริฟายอิงในการทำงานของกระบวนการไนตริฟิเคชัน

1.3 ชุดการทดลองเพื่อทดสอบการทำการของแบคทีเรียในกระบวนไนตริฟิเคชัน

โดยในการวิจัยนี้จะมีชุดการทดลองทั้งหมด 4 ชุดการทดลอง การทดลองละ 3 ซ้ำ ซึ่งจะมีความเค็มเริ่มต้นและการปรับความเค็มที่แตกต่างกันดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 เริ่มต้นที่ความเค็ม 0 ppt และเพิ่มความเค็มขึ้นครั้งละ 2.5 ppt ทุก 2 วัน ทันทีเมื่อกระบวนการไนตริฟิเคชันทำงานสมบูรณ์ โดยสังเกตจากค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าแอมโมเนีย ไนไตรต์ และไนเตรต และคงไว้ที่ 15 ppt ตลอดการทดลอง

ชุดการทดลองที่ 2 เริ่มต้นที่ความเค็ม 0 ppt และเพิ่มขึ้นความเค็มเป็น 15 ppt ทันทีเมื่อกระบวนการไนตริฟิเคชันทำงานสมบูรณ์ โดยสังเกตจากค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าแอมโมเนีย ไนไตรต์ และไนเตรต และคงที่ไว้ตลอดการทดลอง

ชุดการทดลองที่ 3 เริ่มต้นที่ความเค็ม 3 ppt และเพิ่มความเค็มขึ้นครั้งละ 2.5 ppt ทุก 2 วัน ทันทีเมื่อกระบวนการไนตริฟิเคชันทำงานสมบูรณ์ โดยสังเกตจากค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าแอมโมเนีย ไนไตรต์ และไนเตรต และคงไว้ที่ 15 ppt ตลอดการทดลอง

ชุดการทดลองที่ 4 เริ่มต้นที่ความเค็ม 3 ppt และเพิ่มขึ้นความเค็มเป็น 15 ppt ทันทีเมื่อกระบวนการไนตริฟิเคชันทำงานสมบูรณ์ โดยสังเกตจากค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าแอมโมเนีย ไนไตรต์ และไนเตรต และคงที่ไว้ตลอดการทดลอง

2. การตรวจสอบคุณภาพน้ำ

ทำการวัดค่า pH ด้วยเครื่องวัดค่า pH (pH meter) ในทุกวัน โดยในการทดลองมีการควบคุม pH ให้อยู่ระหว่าง 7.5 - 8.0 ซึ่งหากมี pH ไม่อยู่ในช่วงที่กำหนดจะมีการปรับค่า pH โดยใช้โซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) และกรดไฮโดรคลอริก (HCl)

3. การตรวจสอบการทำงานของกระบวนการไนตริฟิเคชัน

3.1 แอมโมเนีย

ทำการการวัดค่าแอมโมเนียด้วยเทคนิคสเปคโตรโฟโตเมตรี (Bower et al., 1980) ในทุกวัน เพื่อตรวจสอบการทำงานของแบคทีเรียไนตริฟายอิงในการบำบัดแอมโมเนียในกระบวนการไนตริฟิเคชัน โดยในการวัดปริมาณ

แอมโมเนียจะใช้หลักการที่สารละลายแอมโมเนียสามารถทำปฏิกิริยากับรีเอเจนต์ (Reagent) คือ Salicylate Catalyst solution และ Alkaline Citrate ซึ่งจะได้สารละลายสีฟ้า และสามารถวัดปริมาณแอมโมเนียได้ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นเฉพาะคือ 640 นาโนเมตร

3.2 ไนไตรต์

ทำการวัดค่าไนตรต์ด้วยเทคนิคสเปคโตรโฟโตเมตรี (Thompson et al., 1979) ในทุกวัน เพื่อตรวจสอบการทำงานของแบคทีเรียไนตริฟายอิงในการบำบัดแอมโมเนียในกระบวนการไนตริฟิเคชัน โดยใช้หลักการที่สารละลายไนไตรต์สามารถทำปฏิกิริยากับรีเอเจนต์ (Reagent) คือ Sulfanilamide solution และ Nicotinamide adenine dinucleotide (NNED) ซึ่งจะได้สารละลายสีชมพู และสามารถวัดปริมาณไนไตรต์ได้จากค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นเฉพาะคือ 543 นาโนเมตร

3.3 ไนเตรต

ทำการวัดปริมาณไนเตรตด้วยเทคนิคสเปคโตรโฟโตเมตรี (Thompson et al., 1979) ในทุกวัน เพื่อตรวจสอบการทำงานของแบคทีเรียไนตริฟายอิงในการบำบัดไนไตรต์ในกระบวนการไนตริฟิเคชัน โดยนำตัวอย่างที่เก็บได้มาทำการเจือจางด้วยน้ำกลั่นก่อนนำไปทำการวัดที่ค่าการดูดกลืนแสง 220 นาโนเมตร และ 275 นาโนเมตร จากนั้นนำค่าที่ได้ทั้งสองค่ามาทำการลบกัน ซึ่งในการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 220 นาโมเมตรจะได้ค่าของไนเตรตที่มีการสะสมอยู่ ส่วนค่าการดูดกลืนแสงที่ 275 นาโนเมตรจะเป็นค่าของสารอินทรีย์ที่ปะปนอยู่ในค่าไนเตรต จึงต้องทำการวัดเพื่อลบค่าสารอินทรีย์ที่ปะปนอยู่ให้ได้ค่าไนเตรตที่ต้องการ

4. ปริมาณกลุ่มประชากรแบคทีเรียกลุ่ม AOB และ NOB ด้วยเทคนิค quantitative PCR (qPCR)

4.1 การเก็บตัวอย่าง

ทำการเก็บตัวอย่างกลุ่มประชากรแบคทีเรีย โดยการเก็บไบโอบอลและน้ำในถังที่ทำการทดลอง ให้ได้ปริมาตร 50 มิลลิลตร (ไบโอบอล 10 ชิ้น และน้ำ 40 มิลลิลิตร) โดยใช้ค่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย ไนไตรต์ และไนเตรตที่เกิดการเปลี่ยนแปลงในถังทดลองเป็นเกณฑ์ในการเก็บตัวอย่าง ซึ่งจะเริ่มเก็บตัวอย่างในวันที่เริ่มต้นทำการทดลอง และในวันที่มีการลดลองของปริมาณแอมโมเนีย ในวันที่ไนไตรต์ในระบบมีการลดลงเหลือ 0 mg/L และในทุกวันที่มีการเปลี่ยนแปลงความเค็ม จากนั้นทำการเก็บรักษาตัวอย่างไว้ที่ 4 องศาเซลเซียส จนกระทั่งนำตัวอย่างมาทำการสกัดสารพันธุกรรม

4.2 การสกัดสารพันธุกรรรม

ในกระบวนการสกัดสารพันธุกรรม จะทำการรวบรวมตะกอนจุลินทรีย์จากตัวอย่างไบโอบอลที่ได้ โดยการทำไปทำการปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) ที่ความเร็ว 12,000 rpm เป็นเวลา 15 นาที ทิ้งส่วนใสด้านบนและเก็บตะกอนที่ได้ไว้ จากนั้นนำตะกอนที่ได้มาทำการสกัดสารพันธุกรรมด้วยชุดสกัดสารพันธุกรรม

(FastPure Cell/Tissue DNA Isolation Mini Kit ของบริษัท Vazyme) โดยทำตามขั้นตอนที่ระบุไว้ในคู่มือชุดสกัดสารพันธุกรรมดังกล่าว จากนั้นทำการตรวจวัดปริมาณของ DNA ด้วย nanodrop และตรวจวัดคุณภาพของ DNA ด้วย gel electrophoresis

4.3 การทำ qPCR

คัดเลือกยีนที่กำหนดในการตรวจหากลุ่มแบคทีเรียในกลุ่มไนตริฟายอิงแบคทีเรียจำนวน 2 ยีน ได้แก่ *amoA* และ *nrxB* โดยใช้ไพรเมอร์ที่มีความจำเพาะต่อทั้ง 2 ยีน (ตารางที่ 1) เตรียมองค์ประกอบของปฏิกิริยา qPCR ปริมาตร 10 ไมโครลิตร จากนั้นนำไปเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรมด้วยเครื่อง qPCR รุ่น CFX96^{TM} Real-Time System ของ BIO-RAD โดยมีขั้นตอนการทำปฏิกิริยา qPCR ของยีน amoA และยีน nrxB ตามขั้นตอนในตาราง ที่ 2 จากนั้นนำค่า Ct ที่ได้ไปคำนวณ เพื่อหาปริมาณประชากรแบคทีเรีย ซึ่งสร้างกราฟมาตรฐาน (standard curve) ของแต่ละยีนเป้าหมายจาก copies number DNA ของ 10^1 ถึง 10^7 copies number (3 ซ้ำ) ด้วย KAPA SYBR® FAST โดยเครื่อง qPCR รุ่น CFX96^{TM} Real-Time System ของ BIO-RAD โดยประเมินจากความชัน (slope) ของกราฟมาตรฐาน ยอมรับเฉพาะปฏิกิริยาที่มีค่าประสิทธิภาพอยู่ในช่วง 90–110% และมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ไม่น้อยกว่า 0.99 ผลการวิเคราะห์จะแสดงเป็นจำนวนสำเนายีนต่อปริมาณตัวอย่าง

ตารางที่ 1 ไพรเมอร์ของยีนที่ใช้ในกระบวนการ qPCR

Gene name	Primer name	Sequence (5’ to 3’)	Product size (bp)	Reference
amoA	*amoA1F*	GGGGTTTCTACTGGTGGT	491	Rotthauwe et al. (1997)
	amoA1R	CCCCTCKGSAAAGCCTTCTTC		
nrxB	*Ntspa-cynSF*	TSATCGGHGTSTAYGGMGA	470	Jiang et al. (2020)
	Ntspa-cynSR	CCGTTCARSGTRATCTTGCA		

ตารางที่ 2 ตารางแสดง real-time PCR PCR profile

Gene name	Primer	Thermal profile	Efficiency	R^2
amoA	0.25 uM	95.0°C for 3:00 followed by 40 cycles of 95.0°C for 0:30, 63.0°C for 0:30 and 72.0°C for 0:30 Melt Curve 65.0°C to 95.0°C: Increment 0.5°C 0:05	97.3%	0.996
nrxB	0.25 uM	95.0°C for 3:00 followed by 40 cycles of 95.0°C for 0:30, 60.0°C for 0:30 and 72.0°C for 0:30 Melt Curve 65.0°C to 95.0°C: Increment 0.5°C 0:05	106.5%	0.992

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลของความเข้มข้นแอมโมเนีย ไนไตรต์ และไนเตรต โดยการนำค่าทำการเก็บข้อมูลในทุกวันมาทำการสร้างกราฟ ด้วย Excel เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นที่เกิดขึ้นในการทดลอง และดูผลความแตกต่างของค่าความเข้มข้นแอมโมเนีย ไนไตรต์ และไนเตรต จากการเปลี่ยนแปลงของความเค็มในแต่ละชุดการทดลอง โดยพิจารณาจากผลของสถิติโดยการคำนวณด้วย T-test เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างก่อนและหลังการเพิ่มความเค็มของแต่ละชุดการทดลอง ผ่านโปรแกรม R โดยพิจารณาข้อมูล ณ วันที่ 13 ของการทดลอง เนื่องจากระบบไนตริฟิเคชันทำงานได้สมบูรณ์โดยสังเกตได้จากค่าแอมโมเนียและค่าไนไตรต์ที่ลดลงจนอยู่ในระดับต่ำสุด (≈ 0 mg-N/L) จนถึงวันที่ 19 ของการทดลอง ซึ่งเป็นข้อมูลของก่อนการเพิ่มความเค็ม และข้อมูล ณ วันที่ 20 ของการทดลองจนถึงวันที่ 31 ของการทดลอง ซึ่งเป็นข้อมูลของหลังการเพิ่มความเค็ม และในการคำนวณความแตกต่างของปริมาณแบคทีเรียในกลุ่ม AOB และ NOB ที่มีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละชุดการทดลอง ทำการคำนวณด้วยการนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ในขั้นตอน qPCR มาใช้ในการเปรียบเทียบ T-test เพื่อเปรียบเทียบปริมาณประชากรแบคทีเรียในกลุ่มของ AOB และ NOB ที่มีการเปลี่ยนแปลงไปก่อนและหลังการเพิ่มความเค็มผ่านโปรแกรม R

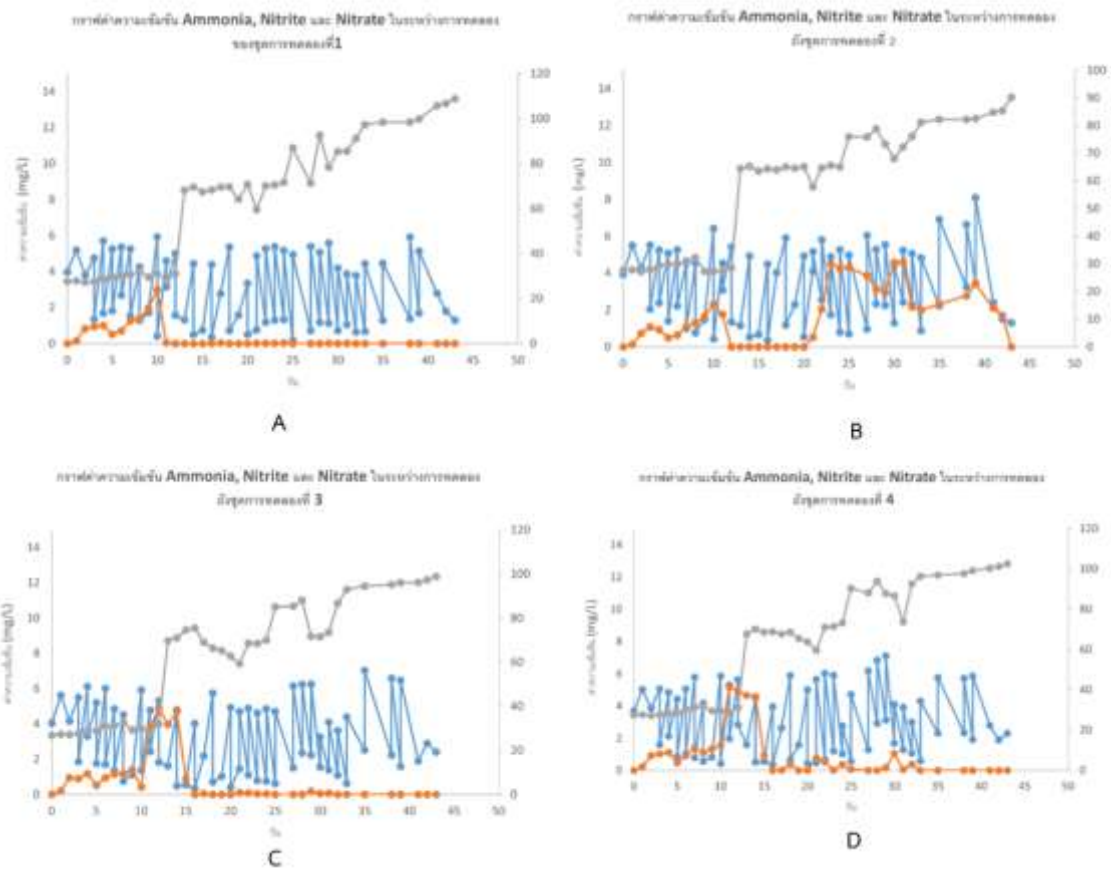
ผลการวิจัย

ผลการศึกษาพบว่า ระบบเข้าสู่สภาวะสมดุลของกระบวนการไนตริฟิเคชันอย่างสมบูรณ์ในช่วงระหว่างวันที่ 12 ถึง 16 ของการทดลอง โดยพิจารณาจากดัชนีทางเคมีของน้ำ ซึ่งพบว่าความเข้มข้นของแอมโมเนียและไนไตรต์ลดลงจนอยู่ในระดับต่ำสุด (≈ 0 mg-N/L) ในขณะที่ความเข้มข้นของไนเตรตมีการสะสมเพิ่มขึ้นในทุกชุดการทดลอง ทั้งนี้ ชุดการทดลองที่เริ่มต้นจากสภาวะน้ำจืด 0 ppt (ชุดที่ 1 และ 2) เข้าสู่สภาวะสมดุลในวันที่ 12 และ 13 ตามลำดับ ส่วนชุดการทดลองที่เริ่มต้นที่ความเค็ม 3 ppt (ชุดที่ 3 และ 4) เข้าสู่สภาวะสมดุลในวันที่ 16 และ 17 ของการทดลอง เมื่อระบบบำบัดน้ำมีเสถียรภาพโดยสมบูรณ์แล้ว จึงเริ่มดำเนินการปรับเปลี่ยนระดับความเค็มในวันที่ 20 ของการทดลองเพื่อประเมินผลกระทบต่อไป

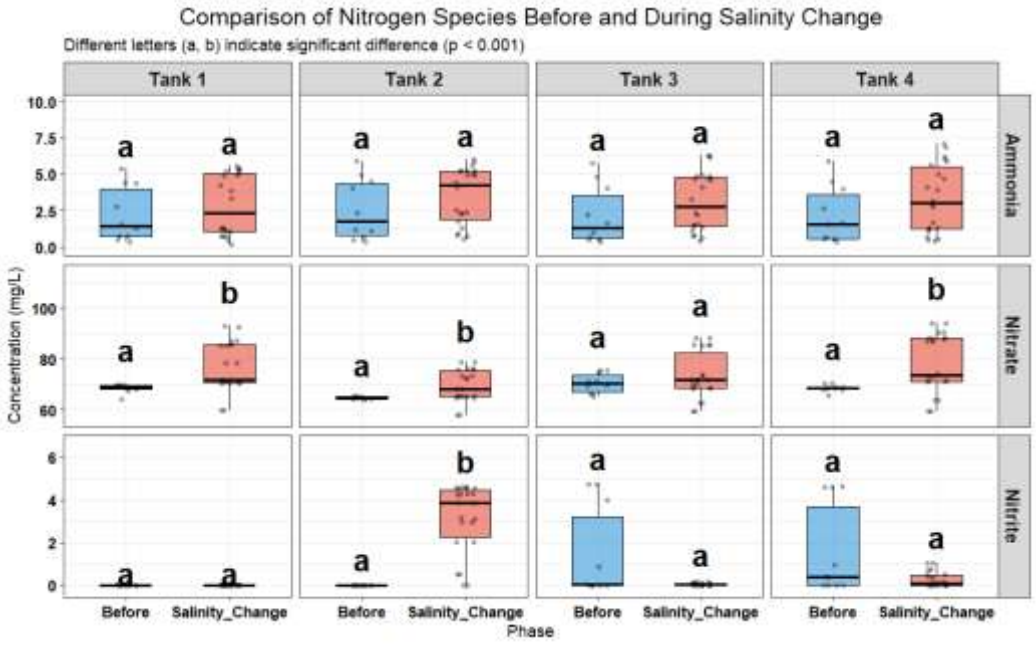
จากการศึกษาอิทธิพลของรูปแบบการปรับความเค็มต่อประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำ พบว่าในชุดการทดลองที่ 1 และ 3 ซึ่งมีการเพิ่มความเค็มแบบต่อเนื่อง ด้วยการเพิ่มความเค็มครั้งละ 2.5 ppt จนถึงระดับ 15 ppt ระบบสามารถรักษาเสถียรภาพการบำบัดได้ โดยความเข้มข้นของแอมโมเนียและไนไตรต์ลดลงจนอยู่ในระดับต่ำสุด (≈ 0 mg-N/L) ในขณะที่ไนเตรตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (รูปที่ 1A และ 1C) ซึ่งความสอดคล้องเชิงกับการเพิ่มขึ้นของประชากรแบคทีเรียกลุ่ม AOB และ NOB ตลอดช่วงการทดลอง

ในทางตรงกันข้าม ชุดการทดลองที่ 2 ซึ่งมีการปรับความเค็มอย่างเฉียบพลันจาก 0 เป็น 15 ppt ในวันที่ 20 ของการทดลอง พบว่าในวันที่ 21 ของการทดลอง เกิดการสะสมของไนไตรต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) โดยค่าเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นจาก 0.67 mg/L เป็น 3.16 mg/L (รูปที่ 2) ขณะที่อัตราการลดลงของแอมโมเนียและการเพิ่มขึ้นของไนเตรตเป็นไปอย่างล่าช้า สอดคล้องกับการลดลงของประชากร NOB อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.01$) (รูปที่ 3) ทั้งนี้ ระบบในชุดการทดลองนี้ต้องใช้ระยะเวลาฟื้นฟู มากกว่า 20 วัน เพื่อให้กระบวนการไนตริฟิเคชันกลับเข้าสู่สภาวะสมดุลอีกครั้ง (รูปที่ 1B)

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาชุดการทดลองที่ 4 ซึ่งเริ่มต้นที่ความเค็ม 3 ppt แล้วปรับเพิ่มเป็น 15 ppt อย่างเฉียบพลันในวันที่ 20 ของการทดลอง พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของไนไตรต์เพียงเล็กน้อย โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ปรับความเค็มแบบต่อเนื่อง (รูปที่ 1D) แม้ว่าปริมาณประชากร NOB จะมีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.01$) (รูปที่ 3) แต่ระบบใช้เวลาเพียง 1 วันในการปรับตัวเพื่อให้ค่าไนไตรต์ลดลงและกลับเข้าสู่สภาวะสมดุลอีกครั้ง ข้อมูลนี้ชี้ให้เห็นว่าการเริ่มต้นระบบในสภาวะที่มีความเค็มต่ำ (3 ppt) ช่วยให้ระบบสามารถรักษาสมดุลของกระบวนการไนตริฟิเคชันได้ดีเมื่อมีการเพิ่มความเค็มเฉียบพลัน



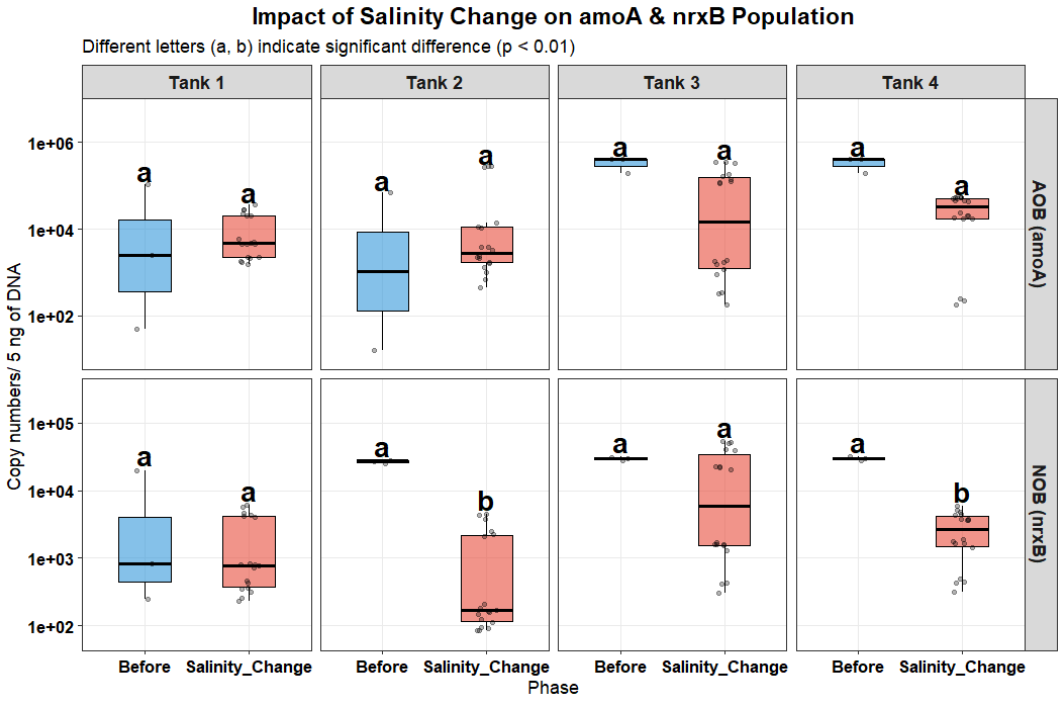
รูปที่ 1 กราฟค่าความเข้มข้น Ammonia, Nitrite และ Nitrate ในระหว่างการทดลองของชุดการทดลองที่ 1 (A), ชุดการทดลองที่ 2 (B), ชุดการทดลองที่ 3 (C) และชุดการทดลองที่ 4 (D)



รูปที่ 2 การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของค่าแอมโมเนีย ไนไตรต์และไนเตรต ก่อนและหลังเปลี่ยนแปลงความเค็ม

*หากค่า **P-value < 0.001**: ให้กลุ่มหนึ่งเป็น **a** และอีกกลุ่มเป็น **b** (แสดงว่าต่างกัน)

หากค่า **P-value >= 0.001**: ให้ทั้งสองกลุ่มเป็น **a** เหมือนกัน (แสดงว่าไม่ต่างกัน)



รูปที่ 3 การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของ AOB และ NOB ก่อนและหลังเปลี่ยนแปลงความเค็ม

*หากค่า **P-value < 0.01**: ให้กลุ่มหนึ่งเป็น **a** และอีกกลุ่มเป็น **b** (แสดงว่าต่างกัน)
หากค่า **P-value >= 0.01**: ให้ทั้งสองกลุ่มเป็น **a** เหมือนกัน (แสดงว่าไม่ต่างกัน)

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาพบว่ารูปแบบการปรับเพิ่มความเค็มที่แตกต่างกันส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อเสถียรภาพของระบบบำบัดทางชีวภาพในระบบ RAS โดยเฉพาะในชุดการทดลองที่ 2 ซึ่งมีการเพิ่มความเค็มอย่างเฉียบพลันจาก 0 ppt เป็น 15 ppt พบการสะสมของความเข้มข้นไนไตรต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) โดยค่าเฉลี่ยพุ่งสูงขึ้นจาก 0.67 mg/L เป็น 3.16 mg/L สอดคล้องกับการลดลงของปริมาณประชากรแบคทีเรียกลุ่ม Nitrite-oxidizing bacteria (NOB) อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.01$) ซึ่งลดลงของแบคทีเรียกลุ่มนี้ สามารถอธิบายได้ด้วยกลไกทางสรีรวิทยาของไนตริฟายอิงแบคทีเรีย ที่จำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการสังเคราะห์และสะสมสารประคับประคองออสโมไลต์ (Compatible solutes) เช่น *glycine betaine* หรือ *ectoine* เพื่อรักษาสมดุลแรงดันออสโมติกภายในเซลล์ (Chen et al., 2006) นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงความเค็มที่สูงเกินกว่า 5 ppt ต่อวัน ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ebeling & Timmons (2010) ที่ระบุว่าสภาวะดังกล่าวจะยับยั้งกิจกรรมของจุลินทรีย์ เนื่องจากการดูดซึมที่ผิดปกติเข้าไปขัดขวางการทำงานของเอนไซม์สำคัญในกระบวนการไนตริฟิเคชัน ทั้ง *Ammonia Monooxygenase* (AMO) และ *Nitrite Oxidoreductase* (NXR) (Daims et al., 2011)

ในทางตรงกันข้าม ชุดการทดลองที่ 1 และ 3 ที่มีการเพิ่มความเค็มแบบต่อเนื่อง สามารถรักษาประสิทธิภาพการบำบัดได้อย่างสมบูรณ์ โดยค่าแอมโมเนียและไนไตรต์ลดต่ำลงจนเข้าใกล้ศูนย์ (≈ 0 mg-N/L) สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของประชากรไนตริฟายอิงแบคทีเรียอย่างต่อเนื่อง สำหรับชุดการทดลองที่ 4 แม้จะมีการเพิ่มความเค็มแบบเฉียบพลันแต่เนื่องจากเริ่มต้นที่ระดับความเค็ม 3 ppt พบว่าเกิดการสะสมของไนไตรต์เพียงเล็กน้อย ซึ่งไม่มีความแตกต่างจากชุดการทดลองที่ 1 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้มีความเป็นไปได้ที่การใช้ความความเค็มเริ่มต้นที่ 3 ppt ในชุดการทดลองที่ 4 อาจส่งผลให้กลุ่มของไนตริฟายอิงแบคทีเรียมีความแตกต่างไปจากกลุ่มไนตริฟายอิงแบคทีเรียในชุดการทดลองที่ 2 ที่เริ่มต้นด้วยความเค็ม 0 ppt ซึ่งแบคทีเรียในชุดการทดลองที่ 4 สามารถปรับตัวในความเค็มที่เพิ่มขึ้นได้ และรักษาสมดุลของกระบวนการไนตริฟิเคชันได้ดีกว่า

เมื่อพิจารณาปริมาณของประชากรแบคทีเรีย ผลการศึกษายืนยันว่า Ammonia-oxidizing bacteria (AOB) มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มได้ดีกว่ากลุ่ม NOB เนื่องจากปริมาณประชากร AOB มีการลดลงที่น้อยกว่าและสามารถฟื้นฟูจำนวนประชากรได้เร็วกว่าในวันถัดไป ส่งผลให้การบำบัดแอมโมเนียดำเนินไปได้อย่างสมบูรณ์ ในขณะที่กลุ่ม NOB ใช้เวลาในการฟื้นตัวช้ากว่า ทำให้เกิดการสะสมของไนไตรต์ชั่วคราว (Nitrite accumulation) ในระบบ RAS ชุดทดลองที่ 2 และ 4 จากผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า NOB คือกลุ่มแบคทีเรียที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มในระบบหมุนเวียนเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (Daims et al., 2011)

ข้อมูลจากการศึกษานี้เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการบริหารจัดการระบบ RAS เชิงพาณิชย์ โดยเฉพาะเมื่อต้องการปรับระดับความเค็มเพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะ เช่น การกระตุ้นการสะสมกรดอะมิโนในกุ้งกุลาดำ (Koyama et al., 2018) หรือการลดความเครียดในปลานิล (El-Leithy et al., 2019) โดยมีแนวทางปฏิบัติที่สำคัญ คือ ควรเพิ่มความเค็มแบบต่อเนื่อง โดยควบคุมอัตราการเปลี่ยนแปลงไม่ให้เกิน 2.5 ppt ต่อรอบการปรับ เพื่อป้องกันความเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำและช่วยให้จุลินทรีย์ปรับตัวเชิงสรีรวิทยาได้อย่างเหมาะสม ส่วนในกรณีที่ต้องการปรับแบบเฉียบพลัน ควรเริ่มต้นระบบ RAS ในภาวะน้ำความเค็มต่ำ (อย่างน้อย 3 ppt) เพื่อให้เกิดการปรับสภาพเซลล์ของไนตริฟายอิงแบคทีเรีย ซึ่งจะช่วยให้ระบบบำบัดของเสียยังคงทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและรักษาเสถียรภาพของระบบนิเวศในน้ำได้อย่างยั่งยืน

สรุปผลการวิจัย

1. การเพิ่มความเค็มที่เหมาะสมต่อการทำงานของระบบไนตริฟิเคชัน ควรเป็นเพิ่มความเค็มแบบต่อเนื่องไม่เกิน 2.5 ppt ต่อรอบการปรับเพื่อประสิทธิภาพสูงสุดในการจัดการระบบ RAS ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. การเพิ่มความเค็มแบบเฉียบพลัน ควรใช้การเริ่มต้นที่ความเค็มต่ำ อย่างน้อย 3 ppt เพื่อให้เกิดการปรับสภาพเซลล์ของไนตริฟายอิงแบคทีเรีย ซึ่งจะช่วยให้ระบบบำบัดของเสียยังคงทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและรักษาเสถียรภาพของระบบนิเวศในน้ำได้อย่างยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยเรื่องผลของการเปลี่ยนแปลงความเค็มต่อปริมาณแอมโมเนียรวมไนโตรเจนในระบบหมุนเวียนน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (RAS) ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและความสนับสนุนอย่างยิ่งจากภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเล ที่ได้กรุณาสนับสนุนทุนส่งเสริมและสนับสนุนกลุ่มวิจัย (ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเล) ขอกราบขอบพระคุณ ดร.สรวิศ เผ่าทองศุข และคุณปรียาภรณ์ พรกุลวัฒน์ ที่ได้กรุณาสละเวลาให้คำปรึกษา ตลอดจนถ่ายทอดองค์ความรู้เชิงลึกเกี่ยวกับระบบ RAS และจุลินทรีย์กลุ่มไนตริฟายอิง อันเป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์และอภิปรายผลการทดลองในครั้งนี้ สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณในความมุ่งมั่นและความอุตสาหะของตนเองตลอดระยะเวลาการดำเนินงาน ที่ทำให้งานวิจัยชิ้นนี้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ทุกประการ

เอกสารอ้างอิง

กมลรัตน์ ยงเจริญ. (2561). *ผลของการเสริมไคโตซานในอาหารกุ้งต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย การลอกคราบและการสนองตอบต่อภูมิคุ้มกันกุ้งขาวแวนนาไม (Litopenaeus vannamei) ที่ความเค็มน้ำ 3 ระดับ*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยบูรพา.

นิวุฒิ หวังชัย, ทิพสุคนธ์ พิมพ์พิมล และบัญชา ทองมี. (2567). *คู่มือนวัตกรรมการเลี้ยงสัตว์น้ำระบบปิดเพื่อการผลิตสัตว์น้ำแบบปลอดภัยและคุณภาพสูง*. สืบค้นจาก https://kb.mju.ac.th/assets/img/articleFile/25640216b0fe30bec4784089847e92f93daf97da.pdf

ศิริลักษณ์ นามวงษ์. (2566). *ศักยภาพของแบคทีเรียทนเค็มและแบคทีเรียชอบเค็มปานกลางทางเทโนโลยีชีวภาพ: Potential of halotolerant and moderate halophilic bacteria for biotechnology*. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 15(2), 122-132.

สิรินันท์ ศรีดำ, สมพงศ์ โอทอง, สุภฎา คีรีรัตน์นิคม, และ นุกูล อินทระสังขา. (2555). *การหาสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดไนเตรทของแบคทีเรียดีไนตริไฟอิงด้วยเทคนิคพื้นผิวตอบสนอง*. ASEAN Journal of Scientific and Technological Reports, 15(3), 73-81.

Bower, C. E., & Holm-Hansen, T. (1980). A salicylate–hypochlorite method for determining ammonia in seawater. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37(5), 794-798. https://doi.org/10.1139/f80-106

Burgess, J. E., Parsons, S. A., & Stuetz, R. M. (2001). Developments in odour control and waste gas treatment biotechnology: A review. *Biotechnology Advances*, 19(1), 35-63. https://doi.org/10.1016/S0734-9750(00)00058-6

Chen, S., Ling, J., & Blancheton, J.-P. (2006). Nitrification kinetics of biofilm as affected by water quality factors. *Aquacultural Engineering*, 34(3), 179-197. https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2005.03.002

Daims, H., Lücker, S., Paslier, D. L., & Wagner, M. (2011). Diversity, environmental genomics, and ecophysiology of nitrite-oxidizing bacteria. *In Nitrification* (pp. 295-322). https://doi.org/10.1128/9781555817145.ch12

Ebeling, J. M., & Timmons, M. B. (2010). *Recirculating Aquaculture*. Cayuga Aqua Ventures.

El-Leithy, A. A., Hemeda, S. A., El Naby, W. S. A., El Nahas, A. F., Hassan, S. A., Awad, S.T., El-Deeb, S. I., & Helmy, Z. A. (2019). Optimum salinity for Nile tilapia (Oreochromis niloticus) growth and mRNA transcripts of ion-regulation, inflammatory, stress-and immune-related genes. *Fish Physiology and Biochemistry*, 45, 1217-1232. https://doi.org/10.1007/s10695-019-00640-x

Hargreaves, J. A. (1998). Nitrogen biogeochemistry of aquaculture ponds. *Aquaculture*, 166(3-4), 181-212. https://doi.org/10.1016/S0044-8486(98)00298-X

Huang, Z., Wan, R., Song, X., Liu, Y., Hallerman, E., Dong, D., Zhai, J., Zhang, H., & Sun, L. (2016). Metagenomic analysis shows diverse, distinct bacterial communities in biofilters among different marine recirculating aquaculture systems. *Aquaculture International*, 24, 1393-1408. https://doi.org/10.1007/s10499-016-0003-y

Jiang, R., Wang, J., Zhu, T., Zou, B., Wang, D., Rhee, S., An, D., Ji, Z., & Quan, Z. (2020). *Use of*

newly designed primers for quantification of complete Ammonia-Oxidizing (Comammox) bacterial clades and strict nitrite oxidizers in the genus Nitrospira. Applied and Environmental Microbiology, 86(20). https://doi.org/10.1128/aem.01775-20

Klindworth, A., Pruesse, E., Schweer, T., Peplies, J., Quast, C., Horn, M., & Glöckner, F. O. (2012). Evaluation of general 16S ribosomal RNA gene PCR primers for classical and next-generation sequencing-based diversity studies. *Nucleic Acids Research*, 41(1), e1-e1. https://doi.org/10.1093/nar/gks1008

Koyama, H., Mizusawa, N., Hoashi, M., Tan, E., Yasumoto, K., Jimbo, M., Ikeda, D., Yokoyama, T., Asakawa, S., & Piyapattanakorn, S. (2018). Changes in free amino acid concentrations and associated gene expression profiles in the abdominal muscle of kuruma shrimp (Marsupenaeus japonicus) acclimated at different salinities. *Journal of Experimental Biology*, 221(11), jeb168997. https://doi.org/10.1242/jeb.168997

Rotthauwe, J. H., Witzel, K. P., & Liesack, W. (1997). The ammonia monooxygenase structural gene amoA as a functional marker: molecular fine-scale analysis of natural ammonia-oxidizing populations. *Applied and Environmental Microbiology*, *63*(12), 4704–4712. https://doi.org/10.1128/aem.63.12.4704-4712.1997

Thompson, J. M., & Yadav, S. (1979). Chemical analyses of waters from geysers, hot springs, and pools in Yellowstone National Park, *Wyoming from 1974 to 1978*. U.S. Geological Survey Open-File Report.

Van Rijn, J., Tal, Y., & Schreier, H. J. (2006). Denitrification in recirculating systems: Theory and applications. *Aquacultural Engineering*, 34(3), 364-376. https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2005.04.004

เครื่องมือวัดความสุกแก่ข้าวเปลือกจากปัจจัยบ่งชี้ตามหลักวิชาการ

Instruments for assessing paddy rice maturity using scientifically recognized indicators.

วัชรพงษ์ ตามไธสง[1,*], ศักดิ์ชัย อาษาวัง[1], กลวัชร ทิมินกุล[1], เวียง อากรชี[1], ยุทธนา เครือหาญชาญพงศ์[2], นายจิรวัสส์ เจียตระกูล[2], เอกภาพ ป้านภูมิ[1] และ ทิวากร กาลจักร[1]

Watcharapong Tamthaisong[1,*], Sakchai Arsawang[1], Kolawat Timinkul[1], Weang Arekornchee[1], Yuttana Kreuhanchanpong[2], Jirawat Chiatrakul[2], Ekaphap Panpoom[1] and Tiwakorn kalajuk[1]

[1]ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น, ขอนแก่น, 40000

[2]สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม, กรุงเทพมหานคร, 10900

[1]Khonkaen Agricultural Engineering Research Center, Khonkaen, 40000

[2] Agricultural Engineering Research Institute, Bangkok, 10900

*Corresponding author: Watcharapong Tamthaisong, e-mail address: b4809319@hotmail.com Tel: +66-9-5958-5122, Fax: +66-43-255-038

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความสุกแก่ของเมล็ดข้าวเปลือก และพัฒนาเครื่องมือสำหรับประเมินเปอร์เซ็นต์ความสุกแก่ของเมล็ดข้าวโดยอาศัยหลักการทางวิชาการ โดยทำการทดลองกับข้าวเปลือก 3 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ข้าวหอมสุพรรณบุรี และข้าวหอมมะลิ 105 ปัจจัยที่นำมาศึกษาประกอบด้วย ความชื้น มวลต่อปริมาตร ค่าสีของเมล็ดข้าว และข้อมูลข้าวแกะเมล็ด จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression) เพื่อสร้างสมการทำนายเปอร์เซ็นต์ความสุกแก่ของเมล็ดข้าวเปลือกในแต่ละพันธุ์

ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อความสุกแก่ของเมล็ดข้าวเปลือกแตกต่างกันตามพันธุ์ข้าว โดยข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 มีปัจจัยสำคัญ ได้แก่ ความชื้น มวลต่อปริมาตร และค่าสีในแกน a* ข้าวหอมสุพรรณบุรีมีปัจจัยเพิ่มเติมคือ จำนวนข้าวแกะต่อ 100 เมล็ด ขณะที่ข้าวหอมมะลิ 105 มีปัจจัยเฉพาะ ได้แก่ ความชื้นของข้าวแกะเมล็ด และค่าสีในแกน L* สมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้ทำนายเปอร์เซ็นต์ความสุกแก่ของเมล็ดข้าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เมื่อนำสมการที่ได้ไปพัฒนาเป็นเครื่องวัดความสุกแก่ของเมล็ดข้าวเปลือกโดยใช้ระบบราสป์เบอร์รีพาย (Raspberry Pi) และโปรแกรมภาษาไพทอน (Python) พบว่าเครื่องมือสามารถแสดงผลเปอร์เซ็นต์ความสุกแก่ได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานทั้งในภาคสนามและเชิงพาณิชย์

คำสำคัญ : ความสุกแก่ของเมล็ดข้าวเปลือก, เครื่องเกี่ยวนวดข้าว, เครื่องมือวัด, เมล็ดข้าวเปลือก

Abstract

This research aimed to investigate the factors affecting the maturity of paddy rice grains and to develop a scientific-based device for estimating the percentage of grain maturity. The study was conducted on three rice varieties: Pathum Thani 1, Suphanburi Hom, and Hom Mali 105. The investigated factors included moisture content, bulk density, grain color values, and parameters related to dehusked rice grains. The collected data were analyzed using multiple linear regression to develop maturity prediction models specific to each rice variety.

The results indicated that the factors influencing paddy grain maturity varied among rice varieties. For Pathum Thani 1, significant factors included moisture content, bulk density, and the a* color value. Suphanburi Hom rice was influenced by additional factors, particularly the number of dehusked grains per 100 grains. For Hom Mali 105, specific influential factors included the moisture content of dehusked rice and the L* color value. The developed multiple linear regression models were effective in predicting the percentage of paddy grain maturity.

The regression equations were subsequently implemented into a paddy grain maturity measurement device developed using a Raspberry Pi platform and Python programming. The device enables rapid and convenient estimation of grain maturity percentage and is suitable for field and commercial applications.

Keywords : maturity of paddy grains, rice combine harvester, measuring instruments, paddy

บทนำ

เครื่องเกี่ยวนวดข้าวเป็นเครื่องจักรกลทางการเกษตรที่มีความสำคัญต่อวิถีชีวิตชาวนาไทยมาอย่างยาวนาน และมีบริษัทผู้ผลิตจำหน่ายทั้งในประเทศและต่างประเทศหลายบริษัทด้วยกัน แต่ยังขาดหน่วยงานที่จะทำการทดสอบและรับรองมาตรฐานเครื่องเกี่ยวนวดข้าว ซึ่งเป็นที่ยอมรับของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) รวมทั้งจากนโยบายของ พล.อ.ประยุทธ์ จันทร์โอชา นายกรัฐมนตรีและรัฐมนตรีว่าการกระทรวงกลาโหม ที่ต้องการยกระดับเครื่องจักรกลทางการเกษตรของไทยให้มีมาตรฐานเป็นที่ยอมรับทั้งในและต่างประเทศ อีกหนึ่งภารกิจของกรมวิชาการเกษตร นอกจากงานวิจัยและพัฒนาด้านพันธุ์พืชแล้ว ยังมีภารกิจด้านงานวิจัย ค้นคว้าและพัฒนาเครื่องจักรกลการเกษตรที่เหมาะสมกับการผลิตพืชเศรษฐกิจต่าง ๆ รวมทั้งยังมีหน้าที่ให้การสนับสนุนด้านวิชาการแก่ผู้ผลิตในการปรับปรุงคุณภาพและมาตรฐานการผลิตเครื่องจักรกลการเกษตรด้วยสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร**[1]** จึงได้เริ่มดำเนินการก่อตั้งห้องปฏิบัติการทดสอบเครื่องเกี่ยวนวดข้าว ภายใต้มาตรฐาน มอก. 1480-2560 ณ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรม

ขอนแก่น โดยเริ่มดำเนินการตั้งแต่ปี 2562 และเข้าสู่กระบวนการขอเป็นห้องปฏิบัติการทดสอบของ สมอ. มาจนถึงปี 2563 ซึ่งปัจจุบันประสบความสำเร็จได้รับการรับรองให้เป็นห้องปฏิบัติการทดสอบเครื่องเกี่ยวนวดข้าว มาตรฐาน มอก. แห่งแรกของประเทศไทย โดยมี ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร เป็นผู้ตรวจสอบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ประเภท เครื่องเกี่ยวนวดข้าว มอก. 1428-2560 ตามประกาศสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ฉบับที่ 7 (พ.ศ. 2564) **[2]** ห้องปฏิบัติการทดสอบเครื่องเกี่ยวนวดข้าว มาตรฐาน มอก.1428-2560 ได้กำหนดรายละเอียดข้าวที่จะใช้ทดสอบต้องมีความสุกแก่ที่เหมาะสม แต่ในทางปฏิบัติเป็นการยากที่จะระบุได้ว่าข้าวที่ใช้ในการทดสอบนั้นสุกแก่เหมาะสมหรือไม่ ซึ่งจะมีผลโดยตรงต่อผลการร่วงของเมล็ดข้าวเปลือก โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าวที่สุกแก่ไม่ถึงระยะที่เหมาะสมเมล็ดจะค่อนข้างเหนียวทำให้ผลการร่วงลดลง ทำให้การประเมินเปอร์เซ็นต์สูญเสียจากการเกี่ยวนวดมีค่าน้อยกว่ามาตรฐาน**[3]** ส่งผลดีต่อบริษัทผู้ผลิต แต่ไม่เป็นผลดีต่อผู้บริโภค ซึ่งข้าวที่ใช้ในการทดสอบต้องเป็นข้าวพันธุ์ที่นิยมปลูก เช่น ขาวดอกมะลิ 105 กข 15 กข 47 ชัยนาท 1 สุพรรณบุรี 1 พิษณุโลก 2 และมีอายุสุกแก่เหมาะสมต่อการเกี่ยวนวด ซึ่งปัจจุบันการกำหนดวันเก็บเกี่ยว เมื่อข้าวเริ่มออกดอก ทั้งแปลงออกดอกประมาณ 80% ถือเป็นวันออกดอก**[4]**

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่บ่งชี้เกี่ยวกับความสุกแก่ของเมล็ดข้าวเปลือก

1. ศึกษาข้อมูล ทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ในเรื่องการเจริญเติบโตของต้นข้าวโดยเฉพาะช่วงเวลาในการเริ่มออกดอกจนถึงการสุกแก่ของเมล็ดข้าวเปลือกที่ยังติดอยู่บนรวงข้าว ซึ่งจะทำการศึกษาข้าว 3 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 ข้าวพันธุ์หอมสุพรรณบุรี และ ข้าวหอมมะลิ105

2. ทำการเก็บข้อมูลต่าง ๆ ที่คาดว่าจะมีผลให้สามารถพิจารณาได้ถึงอายุความสุกแก่ของเมล็ดข้าวเปลือกติดรวง ได้แก่ การวัดสีของเมล็ดข้าวเปลือก ความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือก การหาอะไมโลส ของเมล็ดข้าวเปลือก

การหามวลต่อปริมาตร น้ำหนักต่อ 100 เมล็ด การสะท้อนของคลื่น NIR น้ำหนักข้าวแกะเปลือกต่อ 100 เมล็ด

และความชื้นของข้าวแกะเมล็ด

3. วางแผนการทดลองเพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลตามปัจจัยที่เกี่ยวข้อง โดยนำแต่ละปัจจัยมาเทียบกับ ความสุกแก่ของเมล็ดข้าวในแปลงเป็นเปอร์เซ็นต์ความสุกแก่ตามวันอายุหลังการออกดอกจากนักวิชาการด้านข้าว

4. นำข้อมูลที่ได้จากค่าปัจจัยต่าง ๆ มาเปรียบเทียบทางสถิติว่ามีความน่าเชื่อถือหรือแตกต่างกันทางสถิติหรือไม่ในแต่ละปัจจัย โดยโปรแกรมทางสถิติ เป็นสมการเชิงเส้นที่มีตัวแปรอิสระหรือตัวแปร X คือปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความสุกแก่และกำหนดตัวแปรตามหรือค่า Y เป็นตัวแปรตามคือความสุกแก่ของเมล็ดข้าว ที่เปอร์เซ็นต์ความสุกแก่ โดยการชี้บ่งจากนักวิชาการด้านข้าวแล้วทำการคัดเลือกปัจจัยที่ค่าของแต่ละปัจจัยไม่แตกต่างกันมากในทางสถิติเพื่อนำไปหาสมการ Multiple Linear Regression $y=\beta_0+\beta_1x_1+\beta_2x_2+...+\beta_ix_i+\epsilon$

5. นำค่าคุณสมบัติต่างๆ ที่ได้จากการวัดมาทำการเขียนความสัมพันธ์ของสมการในรูปแบบกราฟในช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวรวงข้าวที่มีอายุนับแต่หลังการดอกบานตามหลักวิชาการของข้าวแต่ละพันธุ์ที่นำมาทดสอบและนำความสัมพันธ์ที่ได้มาเขียนโปรแกรมเพื่อสร้างเครื่อง

6. ออกแบบสร้างเครื่องให้สามารถวัดหรือบ่งชี้ความสุกแก่ของเมล็ดข้าวเปลือกที่ใช้ง่ายและมีความแม่นยำ

7. สร้างเครื่องมือวัดความสุกแก่เมล็ดข้าวเปลือก ตามที่ออกแบบ

8. ทดสอบเครื่องมือวัดที่ทำการสร้างขึ้นมาเทียบกับค่าของเมล็ดข้าวเปลือกติดรวงในช่วงความสุกแก่ที่เหมาะสมจากการนับวันหลังการออกดอก โดยเครื่องมือจะวัดปัจจัยที่ได้ว่าเป็นตัวบ่งชี้ความสุกแก่ได้ถูกต้องจากข้อสรุปของกิจกรรมที่1 และนำทดสอบวัดกับข้าว 3 พันธุ์ ได้แก่ ปทุมธานี1 หอมสุพรรณบุรีและ หอมมะลิ 105 ที่ปลูกไว้เป็นตัวอย่างเปรียบเทียบ เพื่อสรุปในเรื่องของความถูกต้องของเครื่องมือที่ออกแบบสร้างขึ้น

9. สรุปผลการทดลอง

ผลการวิจัย (TH SarabunPSK 16 pt. หนา ชิดซ้าย)

***1* ทำการเก็บปัจจัยต่างๆ โดยออกแบบการทดลองที่ใช้ในการศึกษาเพื่อหาความสัมพันธ์**

ทำการเก็บปัจจัยต่างๆ โดยออกแบบการทดลองที่ใช้ในการศึกษาเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ

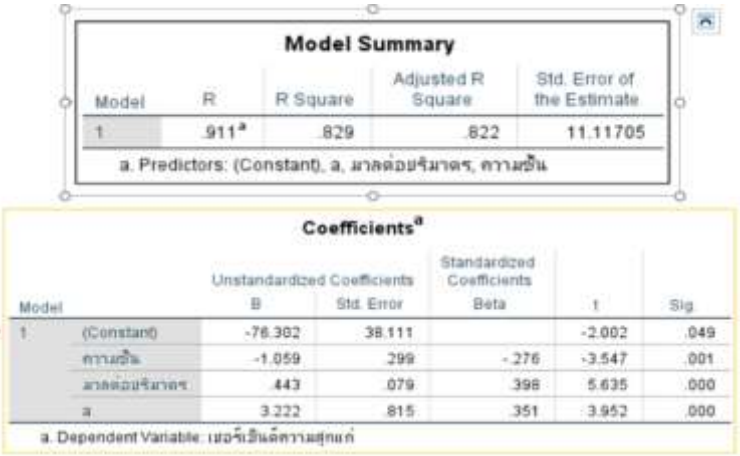


Figure 1 showing the collection of paddy samples

ทำการเก็บข้อมูลต่างของข้าวทำการเก็บข้อมูลต่าง ๆ ที่คาดว่าจะมีผลให้สามารถพิจารณาได้ถึงอายุความสุกแก่ของเมล็ดข้าวเปลือกติดรวง ได้แก่ พันธุ์ปทุมธานี*1,*หอมสุพรรณบุรี,ข้าวหอมมะลิ105 ซึ่งผลการหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความสุกแก่ของข้าวเปลือกทั้งสามพันธุ์เป็นดังนี้

1.พันธุ์ปทุมธานี*1*

ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องทำการคัดเลือกปัจจัยที่มีผลต่อความสุกแก่ที่ค่าของแต่ละปัจจัยไม่แตกต่างกันมากในทางสถิติเพื่อนำไปหาสมการ *Multiple Linear Regression*



Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.911[a]	.829	.822	11.11705

a. Predictors: (Constant), a, มวลต่อปริมาตร, ความชื้น

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients B	Unstandardized Coefficients Std. Error	Standardized Coefficients Beta	t	Sig.
1	(Constant)	-76.302	38.111		-2.002	.049
	ความชื้น	-1.059	.299	-.276	-3.547	.001
	มวลต่อปริมาตร	.443	.079	.398	5.635	.000
	a	3.222	.815	.351	3.952	.000

a. Dependent Variable: เปอร์เซ็นต์ความสุกแก่

Figure 2 *Factors and coefficients related to the ripening of paddy grains of Pathum Thani* 1 *rice variety*

ค่าสมการ *Multiple Linear Regression* การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณดังนั้นสมการ *Multiple Linear Regression* ที่ได้คือ *Y* (เปอร์เซ็นต์ความสุกแก่ของเมล็ดข้าว) = $-76.302-1.059X_1+0.443X_2+3.222X_3$ ของข้าวพันธุ์ ปทุมธานี*1* และมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องคือ

*1.*ความชื้น(X_1)

*2.*มวลต่อปริมาตร(X_2)

*3.*ค่าของสีในแกนของ $a^*(X_3)$

และได้ผลการเก็บข้อมูลของปัจจัยต่างๆ แสดงในรูปแบบกราฟของแต่ละปัจจัยที่ได้ทำการหาค่า ดัง ***Figure* 3**

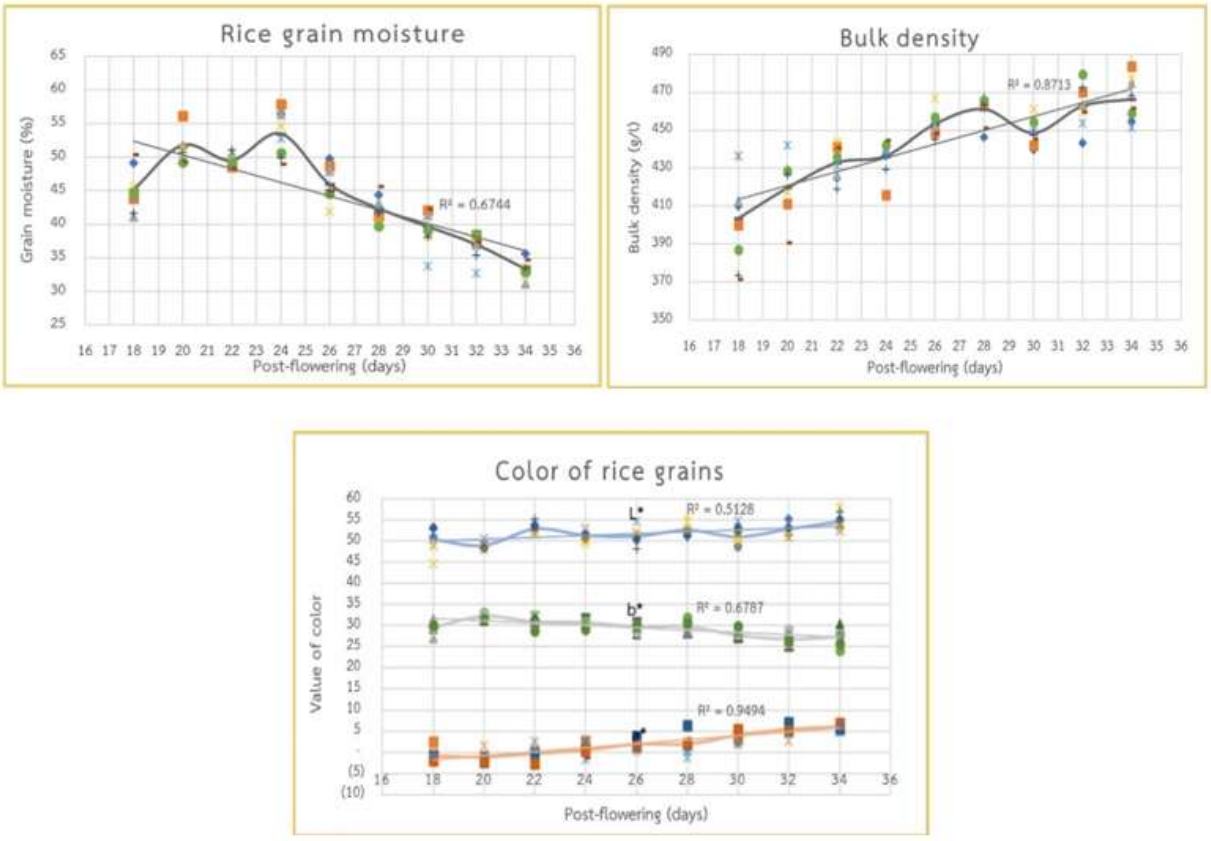


Figure *3* Graph showing relationship between rice maturity factors and days after flowering of Pathum Thani 1



Figure 4 Finding the factors affecting rice grain maturity

***2.* หอมสุพรรณบุรี**

ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องนำข้อมูลที่ได้จากค่าปัจจัยต่าง ๆ มาเปรียบเทียบทางสถิติว่ามีความน่าเชื่อถือหรือแตกต่างกันทางสถิติหรือไม่ในแต่ละปัจจัย โดยโปรแกรมทางสถิติ **ดัง *Figure 5***

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.965[a]	.931	.925	4.72322

a. Predictors: (Constant), ข้าวแกะต่อ100เมล็ด, มวลต่อปริมาตร, สีของเมล็ดล, ความชื้น

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients B	Unstandardized Coefficients Std. Error	Standardized Coefficients Beta	t	Sig.
1	(Constant)	122.817	42.076		2.919	.006
	ความชื้น	-5.271	.713	-.579	-7.394	.000
	มวลต่อปริมาตร	.242	.084	.219	2.873	.006
	สีของเมล็ดล	2.192	.765	.208	2.864	.006
	ข้าวแกะต่อ100เมล็ด	-13.822	4.792	-.124	-2.884	.006

a. Dependent Variable: ความสุกแก่

Figure 5 Factors related to the ripening of paddy grains of Suphanburi Hom rice variety

ทำการคัดเลือกปัจจัยที่มีผลต่อความสุกแก่ที่ค่าของแต่ละปัจจัยไม่แตกต่างกันมากในทางสถิติเพื่อนำไปหาสมการ *Multiple Linear Regression* ค่าสมการ *Multiple Linear Regression* การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณดังนั้น สมการ *Multiple Linear Regression* ที่ได้คือ *Y* (เปอร์เซ็นต์ความสุกแก่ของเมล็ดข้าว) = *122.817-5.271X1+0.242X2+2.192X3-13.822X4*

ของข้าวพันธุ์ ข้าวหอมสุพรรณบุรี และมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องคือ

*1.*ความชื้น (X_1)

*2.*มวลต่อปริมาตร(X_2)

*3.*ค่าของสีในแกนของ *a**(X_3)

*4.*ข้าวแกะต่อ*100*เมล็ด(X_4)

และได้ผลการเก็บข้อมูลของปัจจัยต่างๆ แสดงในรูปแบบกราฟของแต่ละปัจจัยที่ได้ทำการหาค่า ดัง ***Figure 6***

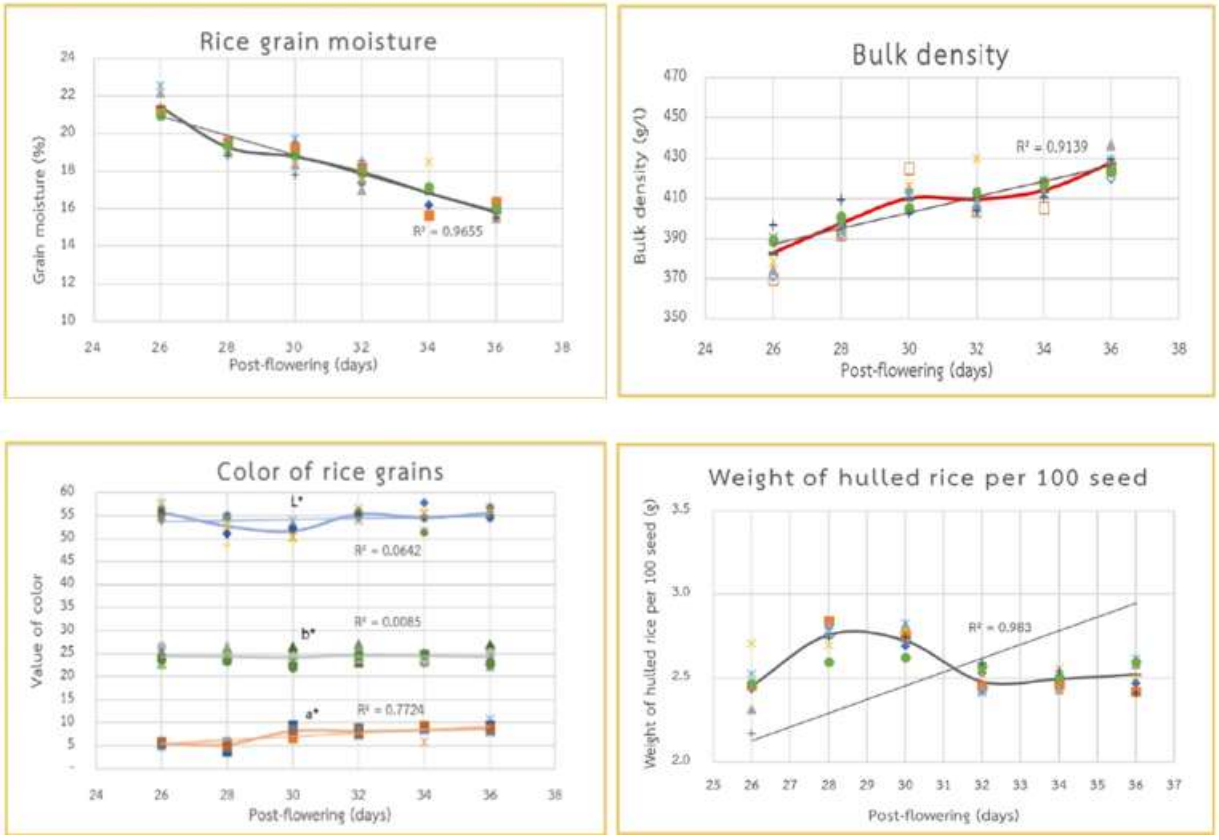


Figure 6 Graph showing relationship between rice maturity factors and days after flowering of Suphanburi Hom

3. ข้าวหอมมะลิ *105*

ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องนำข้อมูลที่ได้จากค่าปัจจัยต่าง ๆ มาเปรียบเทียบทางสถิติว่ามีความน่าเชื่อถือหรือแตกต่างกันทางสถิติหรือไม่ในแต่ละปัจจัย โดยโปรแกรมทางสถิติ ดัง ***Figure 7***



Figure 7 factors and coefficients related to the ripening of paddy grains of Hom Mali 105 rice variety

ทำการคัดเลือกปัจจัยที่มีผลต่อความสุกแก่ที่ค่าของแต่ละปัจจัยไม่แตกต่างกันมากในทางสถิติเพื่อนำไปหาสมการ *Multiple Linear Regression* ค่าสมการ *Multiple Linear Regression* การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณดังนั้น สมการ *Multiple Linear Regression* ที่ได้คือ *Y* (เปอร์เซ็นต์ความสุกแก่ของเมล็ดข้าว) = *381.350-3.646X1-2.940X5-0.171X2-1.004X6+1.311X3*

ของข้าวพันธุ์ ข้าวหอมมะลิ105 และมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องคือ

*1.*ความชื้น (X_1)

*2.*มวลต่อปริมาตร(X_2)

*3.*ค่าของสีในแกนของ *a**(X_3)

*4.*ความชื้นข้าวแกะเมล็ด(X_5)

*5.*ค่าของสีในแกนของ *L**(X_6)

และได้ผลการเก็บข้อมูลของปัจจัยต่างๆ แสดงในรูปแบบกราฟของแต่ละปัจจัยที่ได้ทำการหาค่า ดัง ***Figure 8***

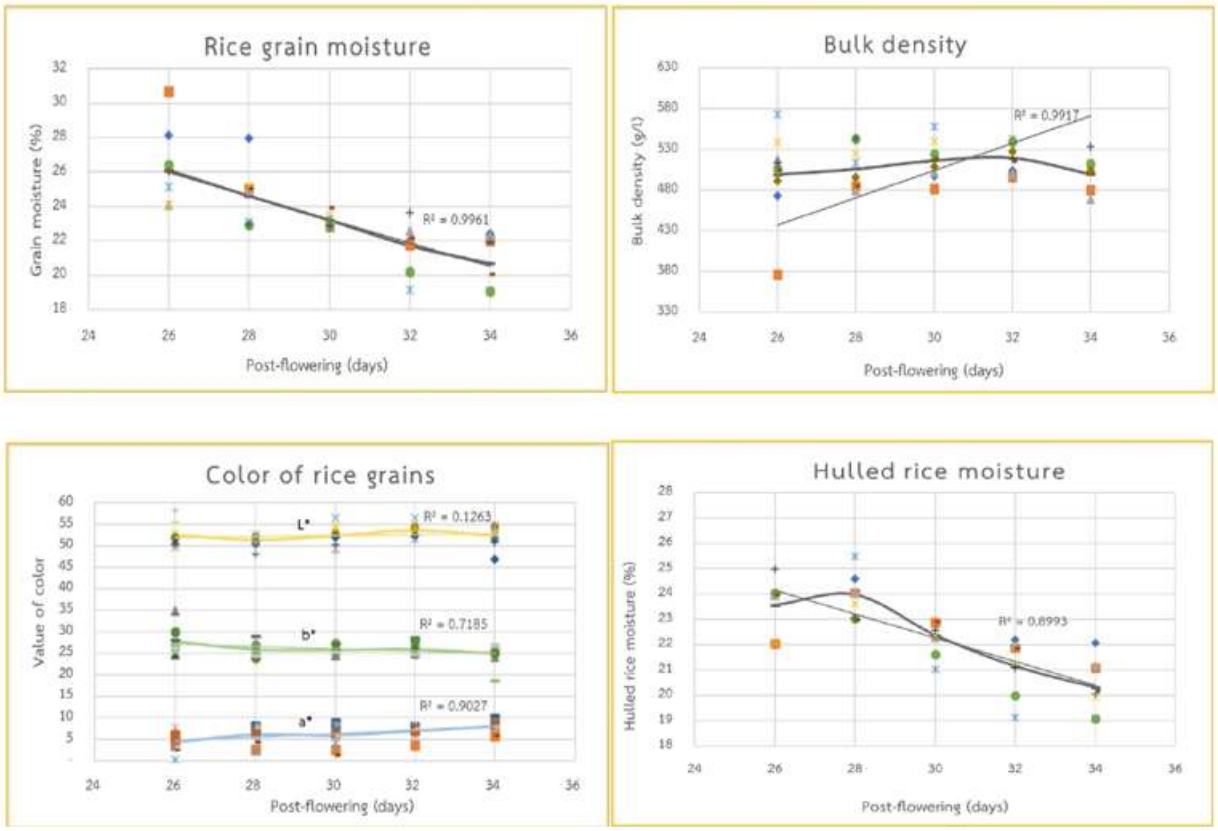


Figure 8 Graph showing relationship between rice maturity factors and days after flowering of Hom Mali 105

นำสมการความสุขแก่ของข้าวทั้ง3 พันธุ์มาสร้างไดอแกรมการทำงานและเขียนโปรแกรมเพื่อนำไปสร้างเครื่องวัดความสุขแก่

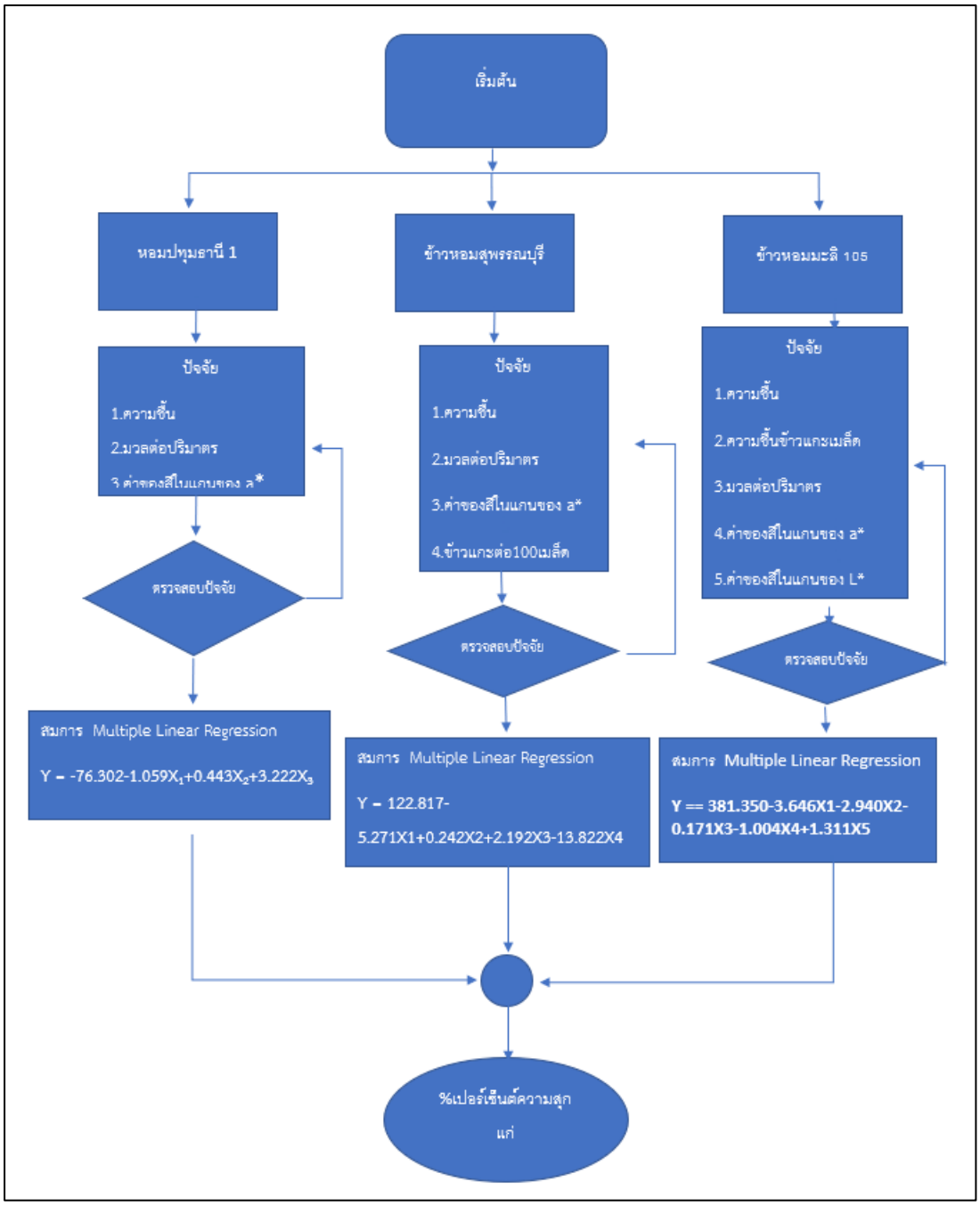


Figure 9 *ภาพผังแสดงการทำงานของโปรแกรม*

นำผังการทำงานดังกล่าวมาสร้างเครื่องมือ

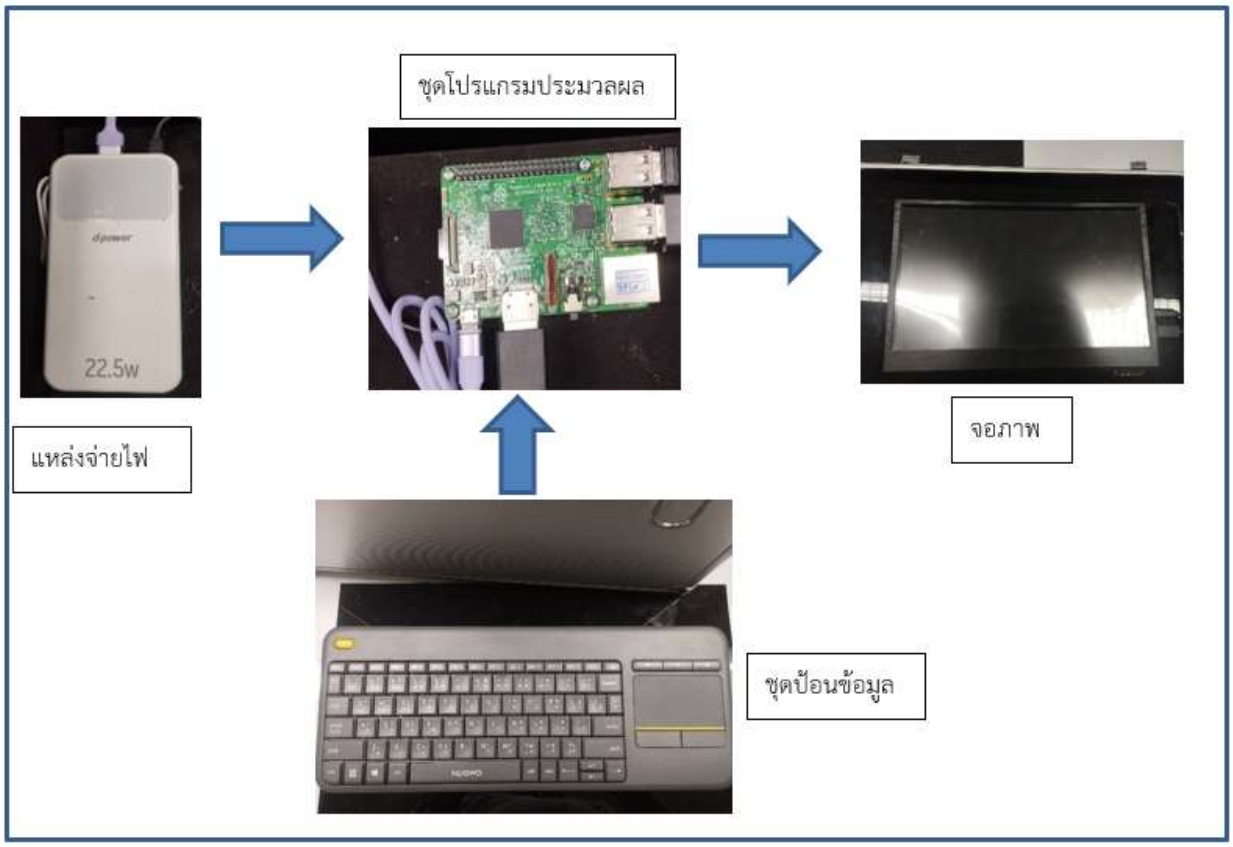


Figure 10 *ภาพผังแสดงส่วนประกอบของเครื่อง*

ขั้นตอนการสร้างเครื่องตามผังการทำงาน

อุปกรณ์

1. *Raspberry Pi (*รุ่นที่รองรับ *HDMI* และ *USB* เช่น *Raspberry Pi 3* หรือ *Raspberry Pi 4)*
2. คีย์บอร์ด *USB*
3. จอภาพ *HDMI (*เชื่อมต่อผ่านพอร์ต *HDMI)*
4. แหล่งจ่ายไฟ *(*ใช้ *Micro-USB* หรือ *USB-C* ขึ้นอยู่กับรุ่นของ *Raspberry Pi)*
5. สาย *HDMI (*สำหรับเชื่อมต่อ *Raspberry Pi* กับจอภาพ)
6. การ์ด *microSD (*สำหรับติดตั้งระบบปฏิบัติการ *Raspberry Pi OS)*

ขั้นตอนการเชื่อมต่อและตั้งค่า

1. ติดตั้ง *Raspberry Pi* ใส่การ์ด *microSD* ที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการแล้วเข้าไปใน *Raspberry Pi*
2. ทำการการเชื่อมต่อคีย์บอร์ด *USB* เสียบ คีย์บอร์ด *USB* เข้าไปในพอร์ต *USB* ของ *Raspberry Pi*
3. การเชื่อมต่อจอภาพด้วย *HDMI* จอภาพ *HDMI* กับ พอร์ต *HDMI* ของ *Raspberry Pi* โดยใช้ สาย *HDMI*
4. การเชื่อมต่อแหล่งจ่ายไฟ เชื่อมต่อ เข้ากับ *Raspberry Pi* เพื่อจ่ายไฟให้กับระบบและเชื่อมต่อ เข้ากับจอแสดงผล

5. เปิด *Raspberry Pi*เมื่อเชื่อมต่อทุกอย่างเรียบร้อยแล้ว ให้เปิด *Raspberry Pi* โดยการเสียบปลั๊กไฟ *Raspberry Pi* จะบูตและแสดงผลบนจอภาพ
6. ตั้งค่าเบื้องต้นเมื่อ *Raspberry Pi* บูตเสร็จแล้ว จะเข้าสู่ระบบ *Raspberry Pi OS* ซึ่งสามารถตั้งค่าภาษา, เครือข่าย *Wi-Fi,* การตั้งค่าอื่นๆ ได้ ใช้คีย์บอร์ด *USB* เพื่อพิมพ์ข้อความหรือทำงานกับ *Raspberry Pi*
7. ใช้ภาษา *Python* ในการเขียน เพื่อรับข้อมูลจากคีย์บอร์ดและแสดงผลบนจอภาพ โปรแกรมนี้จะรับข้อมูลจากคีย์บอร์ดและแสดงผลบนจอภาพที่เชื่อมต่อกับ *Raspberry Pi*



Figure 11 ภาพแสดงเครื่องมือวัดความสุกแก่ของข้าวเปลือกจากปัจจัยบ่งชี้ตามหลักวิชาการ

การใช้งานเครื่อง

1.ทำการรันเครื่องและเปิดโปรแกรม

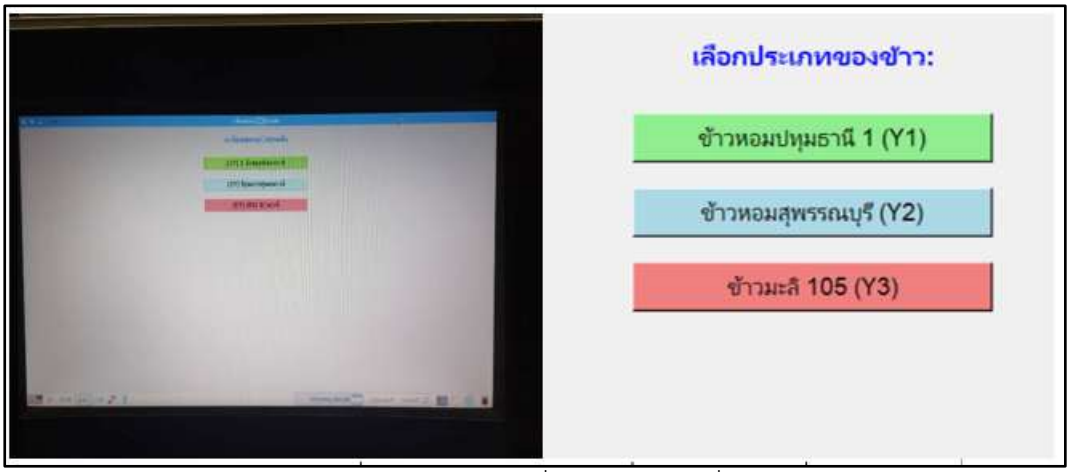


Figure 12 ภาพแสดงหน้าจอเพื่อเลือกพันข้าวที่จะต้องการวัด

2.โปรแกรมจะขึ้นให้เลือกพันข้าวที่จะต้องการวัดค่ามีให้เลือกทั้งหมดสามพันธ์ถ้าต้องการวัดพันธุ์ข้าวพันธุ์ก็เลือกได้เลยดัง ***Figure*** **12**

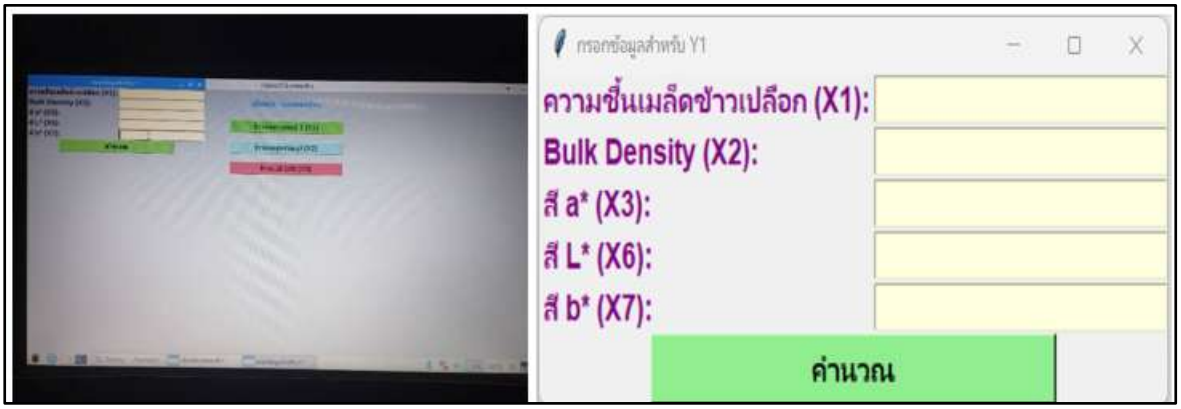


Figure 13 ภาพแสดงหน้าจอเพื่อป้อนปัจจัยของแต่ละพันธุ์

3.โปรแกรมจะขึ้นมาให้กรองปัจจัยที่มีผลกับข้าวพันนั้นนั้นดัง ***Figure*** *13*

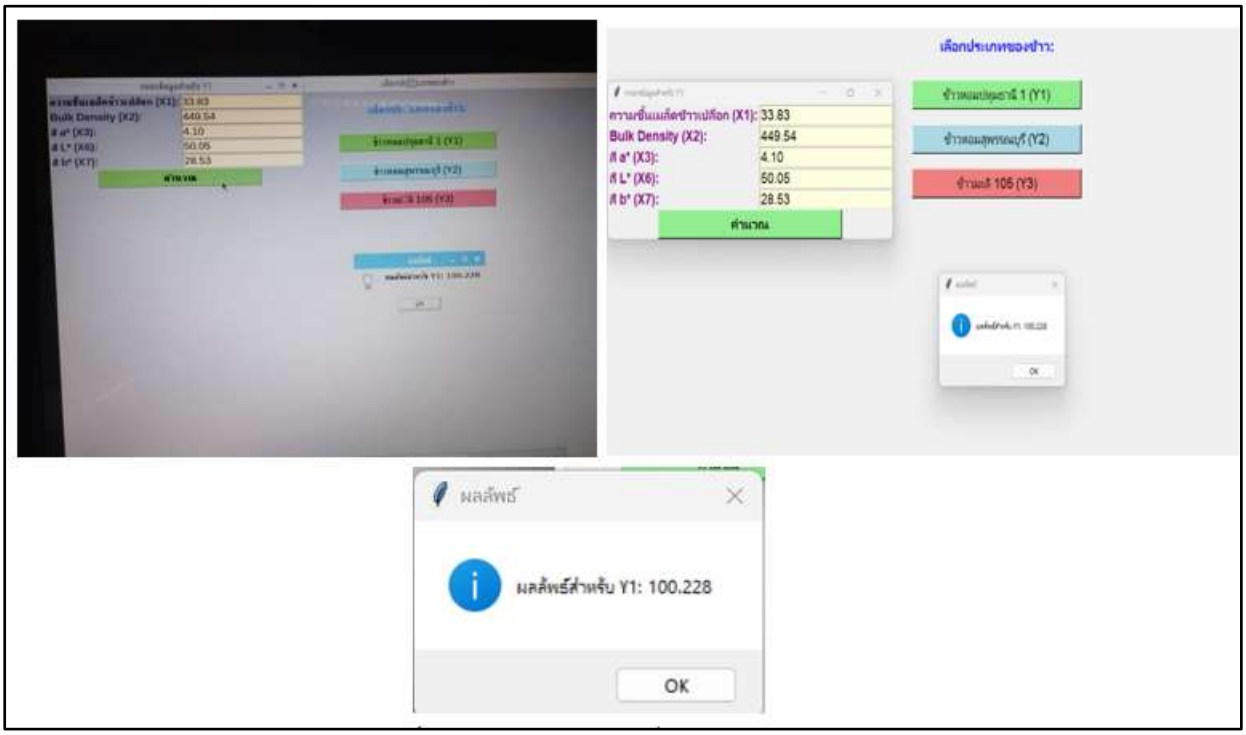


Figure 14 ภาพแสดงหน้าจอแสดง%ความสุกแก่

4.จากภาพก็จะเห็น%ความสุขแก่ที่เครื่องทำนายมาไว้ให้ดัง ***Figure*** **14**

เครื่องวัดความสุกแก่เมล็ดข้าวเปลือกโดยอาศัยปัจจัยบ่งชี้ตามหลักวิชาการ เครื่องมือประกอบด้วยกล่องพกพา แผ่นรองหน้าจอ จอแสดงผลแบบ เอชดีเอ็มไอ (*HDMI)* คีย์บอร์ดสำหรับป้อนข้อมูล ชุดประมวลผล ราสป์เบอร์รี

พาย (*Raspberry Pi)*แบตเตอรี่ขนาดเล็ก และช่องชาร์จแบตเตอรี่ ระบบทำงานโดยผู้ใช้ป้อนค่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความสุกแก่ของข้าวแต่ละพันธุ์ผ่านคีย์บอร์ด ข้อมูลจะถูกประมวลผลด้วยโปรแกรมภาษา ไพทอน (*Python)*บน ราสป์เบอร์รีพาย (*Raspberry Pi)*ซึ่งใช้สมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (*Multiple Linear Regression)*ที่พัฒนาขึ้นเฉพาะสำหรับข้าว 3 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวปทุมธานี 1 ข้าวหอมสุพรรณบุรี และข้าวหอมมะลิ 105 โดยพิจารณาปัจจัย เช่น ความชื้น มวลต่อปริมาตร ค่าสี และข้อมูลข้าวแกะเมล็ด จากนั้นผลการคำนวณจะแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ความสุกแก่ของเมล็ดข้าวบนหน้าจอ เครื่องมือนี้ช่วยให้สามารถประเมินความสุกแก่ของข้าวได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และเหมาะสมต่อการใช้งานภาคสนามหรือเชิงพาณิชย์

วิจารณ์ผลการวิจัย (*TH SarabunPSK 16 pt.* หนา ชิดซ้าย)

จะเห็นได้ว่าปัจจัยที่มีผลต่อความสุกแก่ของเมล็ดข้าวในแต่ละพันธุ์นั้นหาได้โดยใช้ข้อมูลของปัจจัยต่างๆ ที่มีผล เช่น ความชื้น, มวลต่อปริมาตร, และค่าของสีต่างๆ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในกระบวนการวัดความสุกแก่ของเมล็ดข้าวได้ปัจจัยที่มีผล:ในแต่ละสมการจะมีปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความสุกแก่ของเมล็ดข้าว ซึ่งมีการใช้ตัวแปรที่ต่างกัน เช่น ความชื้น (X_1), มวลต่อปริมาตร (X_2), ค่าของสีในแกน a^* (X_3), และปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องในแต่ละพันธุ์ข้าว ในส่วนของสมการสมการ *Multiple Linear Regression* แต่ละพันธุ์ ขึ้นอยู่กับค่าของค่าสัมประสิทธิ์ (*coefficients)* ว่าจะเพิ่มหรือลดผลกระทบต่อความสุกแก่ของเมล็ดข้าวถ้าค่าสัมประสิทธิ์เป็นลบ (เช่น X_1, X_4) จะหมายถึงว่าปัจจัยนั้นๆ จะลดเปอร์เซ็นต์ความสุกแก่เมื่อเพิ่มขึ้นถ้าค่าสัมประสิทธิ์เป็นบวก (เช่น X_2, X_3) จะหมายถึงว่าปัจจัยนั้นๆ จะเพิ่มเปอร์เซ็นต์ความสุกแก่เมื่อเพิ่มขึ้น

วิจารณ์ผล

จะเห็นได้ว่าปัจจัยที่มีผลต่อความสุกแก่ของเมล็ดข้าวในแต่ละพันธุ์นั้นหาได้โดยใช้ข้อมูลของปัจจัยต่างๆ ที่มีผล เช่น ความชื้น, มวลต่อปริมาตร, และค่าของสีต่างๆ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในกระบวนการวัดความสุกแก่ของเมล็ดข้าวได้ปัจจัยที่มีผล:ในแต่ละสมการจะมีปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความสุกแก่ของเมล็ดข้าว ซึ่งมีการใช้ตัวแปรที่ต่างกัน เช่น ความชื้น (X_1), มวลต่อปริมาตร (X_2), ค่าของสีในแกน a^* (X_3), และปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องในแต่ละพันธุ์ข้าว ในส่วนของสมการสมการ Multiple Linear Regression แต่ละพันธุ์ ขึ้นอยู่กับค่าของค่าสัมประสิทธิ์ (coefficients) ว่าจะเพิ่มหรือลดผลกระทบต่อความสุกแก่ของเมล็ดข้าวถ้าค่าสัมประสิทธิ์เป็นลบ (เช่น X_1, X_4) จะหมายถึงว่าปัจจัยนั้นๆ จะลดเปอร์เซ็นต์ความสุกแก่เมื่อเพิ่มขึ้นถ้าค่าสัมประสิทธิ์เป็นบวก (เช่น X_2, X_3) จะหมายถึงว่าปัจจัยนั้นๆ จะเพิ่มเปอร์เซ็นต์ความสุกแก่เมื่อเพิ่มขึ้น

สรุปผล (TH SarabunPSK 16 pt. หนา ชิดซ้าย)

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความสุกแก่ของเมล็ดข้าวเปลือก และพัฒนาเครื่องมือสำหรับประเมินเปอร์เซ็นต์ความสุกแก่ของเมล็ดข้าวโดยอาศัยหลักการทางวิชาการ จากการทดลองกับข้าวเปลือก 3 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ข้าวหอมสุพรรณบุรี และข้าวหอมมะลิ 105 พบว่าแต่ละพันธุ์มีปัจจัยที่ส่งผลต่อความสุกแก่แตกต่างกัน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression) แสดงให้เห็นว่าปัจจัยด้านความชื้น มวลต่อปริมาตร และค่าสีของเมล็ดข้าว เป็นปัจจัยหลักที่มีความสัมพันธ์กับความสุกแก่ของเมล็ดข้าวเปลือกในทุกพันธุ์ โดยข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 มีปัจจัยสำคัญ 3 ปัจจัย ได้แก่ ความชื้น มวลต่อปริมาตร และค่าสีในแกน a* ขณะที่ข้าวหอมสุพรรณบุรีได้รับอิทธิพลจากปัจจัยเพิ่มเติมคือ จำนวนข้าวแกะต่อ 100 เมล็ด และข้าวหอมมะลิ 105 มีปัจจัยเฉพาะเพิ่มเติม ได้แก่ ความชื้นของข้าวแกะเมล็ด และค่าสีในแกน L*

สมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณที่พัฒนาขึ้นสำหรับข้าวแต่ละพันธุ์สามารถนำมาใช้ในการทำนายเปอร์เซ็นต์ความสุกแก่ของเมล็ดข้าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อนำสมการดังกล่าวไปพัฒนาเป็นโปรแกรมบนระบบราสป์เบอร์รีพาย (Raspberry Pi) และสร้างเป็นเครื่องมือวัดความสุกแก่ของเมล็ดข้าวเปลือก พบว่าเครื่องมือสามารถคำนวณและแสดงผลเปอร์เซ็นต์ความสุกแก่ได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และใช้งานง่าย

ดังนั้น แสดงให้เห็นว่าเครื่องวัดความสุกแก่ของเมล็ดข้าวเปลือกที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้เป็นเครื่องมือช่วยประเมินความสุกแก่ของข้าวได้อย่างเป็นระบบ ลดการพึ่งพาการประเมินด้วยสายตา และมีศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้ในภาคสนามและเชิงพาณิชย์ได้ในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่ให้ทุนสนับสนุนในการวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ที่สนับสนุน เจ้าหน้าที่ สถานที่ในการสร้างต้นแบบและทดสอบเก็บข้อมูลเบื้องต้น ขอขอบคุณกรมการข้าว ที่สนับสนุน เจ้าหน้าที่ สถานที่ในการเก็บข้อมูลรวมทั้งแปลงที่ใช้เก็บข้อมูล

เอกสารอ้างอิง (TH SarabunPSK 16 pt. หนา ชิดซ้าย)

กรมวิชาการเกษตร 2553. สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2560. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. เครื่องเกี่ยวนวดข้าว มอก. 1428-2560. เอกสารสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. ราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 136 ตอนพิเศษ 185 ง (24 ก.ค.62) หน้า 77

วินิต ชินสุวรรณ, พินัย ทองสวัสดิ์วงศ์, อนุชิต ฉ่ำสิงห์ และ ชนะธัช หยกอุบล, 2542. การประเมินความสูญเสียจากเครื่องเกี่ยวนวดข้าว เพื่อจัดทาข้อเสนอแนะเชิงนโยบายในการบริหารจัดการและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต

ธัชวีร์ ขวัญแก้ว,2558 การพัฒนาและการสุกแก่ของเมล็ดพันธุ์และตำแหน่งรวงต่อคุณภาพ

การศึกษาการใช้รังสียูวีซีเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของด้วงงวงข้าวในข้าวสังข์หยด จังหวัดพัทลุง

Application of UVC Radiation to Inhibit the Growth of Sitophilus oryzae in Sangyod Rice from Phatthalung Province

เศรษฐวัฒน์ ถนิมกาญจน์[1] ,นศพร ธรรมโชติ[2*] และชโลธร ศักดิ์มาศ[3]

Setthawat Thanimkarn[1] ,Nasaporn Thammachot[2*] and Chalotron Sakmas[3]

[1] คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช 109 หมู่ที่ 2 ตำบลถ้ำใหญ่ อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80110

[2] คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย 2/1 ถ.ราชดำเนินนอก ตำบลบ่อยาง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

[3] วิทยาลัยการอาชีพคลองท่อม 90 ตำบล คลองท่อมใต้ อำเภอคลองท่อม จังหวัดกระบี่ 81120

*Corresponding author E-mail: nasaporn.t@rmutsv.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องฉายรังสีอัลตราไวโอเลตซี (UVC) ขนาดห้องปฏิบัติการ และศึกษาประสิทธิภาพของรังสี UVC ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของด้วงงวงข้าว (Sitophilus oryzae) ในข้าวสังข์หยดจากจังหวัดพัทลุง โดยเครื่องที่พัฒนาขึ้นใช้หลอดรังสี UVC ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ติดตั้งภายในโครงสร้างสแตนเลสเกรดอาหาร มีระบบป้องกันอันตรายจากรังสี การทดลองทำโดยบรรจุข้าวสังข์หยดที่มีความหนาชั้นข้าวสาร 3 ระดับ ได้แก่ 2, 4 และ 6 มิลลิเมตร และฉายรังสี UVC เป็นเวลา 10, 20 และ 30 นาที จากนั้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 เดือน พร้อมทั้งเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการฉายรังสี ผลการทดลองพบว่าการฉายรังสี UVC สามารถยับยั้งการเพิ่มจำนวนของด้วงงวงข้าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยชั้นข้าวสารที่มีความหนาน้อยและระยะเวลาการฉายรังสีนานส่งผลให้จำนวนด้วงงวงข้าวที่มีชีวิตคงเหลือลดลงอย่างชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่พบว่าจำนวนด้วงงวงข้าวเพิ่มขึ้น งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของรังสี UVC ในการประยุกต์ใช้เป็นวิธีควบคุมด้วงงวงข้าวในระบบการเก็บรักษาข้าวอินทรีย์ที่ไม่ใช้สารเคมี

คำสำคัญ : รังสี UVC ด้วงงวงข้าว ข้าวสังข์หยด

Abstract

This research aimed to design and develop a laboratory-scale ultraviolet C (UVC) irradiation device and to investigate the effectiveness of UVC radiation in inhibiting the growth of the rice weevil (*Sitophilus oryzae*) in Sangyod rice from Phatthalung Province. The developed device was equipped with a UVC lamp operating at a wavelength of 254 nm, installed within a food-grade stainless steel structure and incorporated with radiation safety protection. The experiment was conducted by placing Sangyod rice at three grain-layer thicknesses (2, 4, and 6 mm) and exposing them to UVC radiation for 10, 20, and 30 minutes. After irradiation, the samples were stored at room temperature for two months and compared with a non-irradiated control group. The results demonstrated that UVC irradiation effectively inhibited the population growth of *S. oryzae*. Thinner rice layers and longer irradiation times significantly reduced the number of surviving rice weevils compared with the control, in which the weevil population increased during storage. These findings indicate that UVC radiation has strong potential as an alternative, non-chemical method for controlling rice weevils during the storage of organic rice.

Keywords : UVC radiation, *Sitophilus oryzae*, Sangyod rice

บทนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจหลักที่มีความสำคัญอย่างยิ่งของประเทศไทย ซึ่งนอกจากจะเป็นอาหารหลักของประชากรในประเทศแล้ว ยังมีบทบาทสำคัญในด้านการส่งออก โดยในปี พ.ศ. 2560 ข้าวเป็นสินค้าส่งออกที่มีมูลค่าสูงเป็นอันดับที่สองรองจากยางพารา (การค้าไทย, 2561) จังหวัดพัทลุงนับเป็นหนึ่งในพื้นที่เพาะปลูกข้าวที่สำคัญของภาคใต้ เนื่องจากมีลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่มติดแม่น้ำ ซึ่งเอื้อต่อการเพาะปลูกข้าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งพันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์ทั่วไปที่นิยมปลูกกันในเชิงการค้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าวสังข์หยด ซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวพื้นเมืองที่มีเอกลักษณ์ทางรสชาติและคุณค่าทางโภชนาการ ได้รับการยอมรับจากสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ ว่าเป็นข้าวที่มีรสดีและทรงเสวยมาโดยตลอด ทั้งยังมีพระราชดำริให้มีการฟื้นฟูการปลูกข้าวสังข์หยดเมื่อปี พ.ศ. 2546 โดยหน่วยงานภาครัฐและท้องถิ่นได้ร่วมกันสนับสนุนและส่งเสริมการปลูกข้าวชนิดนี้อย่างต่อเนื่อง และในวันที่ 23 มิถุนายน พ.ศ. 2549 ข้าวสังข์หยดจากจังหวัดพัทลุงได้รับการขึ้นทะเบียนเป็น สินค้าบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (Geographical Indication: GI) ภายใต้ชื่อ “ข้าวสังข์หยดเมืองพัทลุง” หรือ “ข้าวสังข์หยด GI” (กรมทรัพย์สินทางปัญญา, 2561) ซึ่งกำหนดให้เกษตรกรต้องรวมกลุ่มกันผลิตในพื้นที่ของจังหวัดพัทลุงเท่านั้น และต้องปฏิบัติตามระบบการจัดการคุณภาพ (GAP) รวมถึงได้รับการรับรองก่อนเริ่มการผลิต

ในกระบวนการผลิตข้าวอินทรีย์ ซึ่งเป็นระบบการผลิตที่ไม่ใช้สารเคมีทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็นปุ๋ยเคมี สารควบคุมวัชพืช สารกำจัดแมลง และสารที่ใช้ในการรมฆ่าแมลงในโรงเก็บนั้น มีข้อจำกัดที่สำคัญคือ การระบาดของแมลงศัตรูข้าวในระหว่างการเก็บรักษาข้าวสาร ตั้งแต่เกษตรกรไปจนถึงโรงสี ซึ่งแมลงศัตรูที่พบบ่อย ได้แก่ มอดหัวป้อม มอดสยาม ผีเสื้อข้าวเปลือก และ ด้วงงวงข้าว (Sitophilus oryzae) (วิทยา อินทร์สอน, 2555) ปัญหานี้ส่งผลให้มีการใช้สารเคมีเพื่อควบคุมแมลงศัตรูมากขึ้น เนื่องจากสามารถใช้งานได้สะดวกและมีประสิทธิภาพรวดเร็ว อย่างไรก็ตามการใช้สารเคมีอาจก่อให้เกิดปัญหาสารตกค้างในผลิตภัณฑ์ ซึ่งกระทบต่อมาตรฐานการส่งออกและขัดต่อหลักการผลิตข้าวอินทรีย์

ด้วงงวงข้าว มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Sitophilus oryzae L. จัดอยู่ในวงศ์ Curculionidae อันดับ Coleoptera เป็นแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวที่สำคัญที่สุดชนิดหนึ่ง ซึ่งทำความเสียหายต่อข้าวสารและข้าวเปลือกในประเทศไทย (ดวงเดือน และ ณฐพงศ์, 2563) ลักษณะตัวเต็มวัยเพศเมียของด้วงงวงข้าวจะใช้งวงเล็มเมล็ดข้าวให้เป็นรูเพื่อวางไข่ (ประมาณ 3-5 ฟองต่อเมล็ด) ไข่จะใช้เวลา 3-5 วันในการฟักเป็นตัวหนอน จากนั้นตัวหนอนจะกัดกินเนื้อเมล็ดข้าวจากภายในนาน 25-28 วัน และเข้าสู่ระยะดักแด้อีก 5-7 วัน ก่อนจะฟักเป็นตัวเต็มวัยออกสู่ภายนอก (สุภาพร และคณะ, 2566) การที่ตัวหนอนกัดกินอยู่ภายในทำให้เมล็ดข้าวกลวงและสูญเสียน้ำหนัก มีรายงานว่าด้วงงวงข้าวทำให้ข้าวสูญเสียน้ำหนักได้ถึงร้อยละ 4.5 เมื่อเก็บรักษานาน 9 เดือน (ประดิษฐ และคณะ, 2555) และอาจสูงถึงร้อยละ 5.47 ภายใน 6 เดือน (ดวงเดือน และ ณฐพงศ์, 2563) อุณหภูมิและความชื้นเป็นปัจจัยสำคัญ โดยอุณหภูมิที่เหมาะต่อการเจริญเติบโตอยู่ในช่วง 25-35 องศาเซลเซียส และความชื้นของเมล็ดข้าวที่สูงกว่าร้อยละ 14 จะทำให้แมลงเจริญเติบโตได้ง่ายขึ้น (สุภาพร และคณะ, 2566; ประดิษฐ และคณะ, 2555) ปัจจุบันพบว่ามีการควบคุมด้วงงวงข้าวหลายวิธี โดยมีข้อดีและข้อจำกัดที่แตกต่างกัน ได้แก่ การใช้สารเคมี การใช้รังสีอินฟราเรด การใช้พลาสมาเย็น หรือแม้แต่สารสกัดจากพืช ดังตารางที่ 1 ซึ่งการยับยั้งการขยายพันธุ์โดยพบว่าหากสามารถขัดขวางวงจรชีวิตในระยะไข่หรือตัวอ่อนได้ จะช่วยลดปริมาณแมลงในระยะยาวระหว่างการเก็บรักษา (ดวงเดือน และ ณฐพงศ์, 2563; ประดิษฐ และคณะ, 2555) แต่จากการสำรวจงานวิจัยยังไม่พบการนำรังสีอัลตราไวโอเลตซี (UV-C) มาใช้ในการกำจัดด้วงรวงข้าว และทางผู้วิจัยคิดว่ามีความเป็นไปได้เนื่องจาก รังสี UVC โดยเฉพาะช่วง 245 - 285 นาโนเมตร มีความสามารถในการทำลายโครงสร้างหลักของกรดนิวคลิอิก ทั้ง DNA และ RNA (จารุวรรณ และคณะ, 2568) พลังงานจากรังสีจะถูกดูดซับโดยพันธะคู่ของเบสไพริมิดีน (Pyrimidine dimer) ทำให้เกิดความผิดปกติในการจับคู่ของเบส (ยุพากร และ สมปอง, 2551) ส่งผลให้เกิดการยับยั้งการทำงานและการแบ่งตัวของเซลล์ ทำให้สิ่งมีชีวิตไม่สามารถเจริญเติบโตหรือขยายพันธุ์ได้ และมีผลให้เกิดการกลายพันธุ์ เนื่องจากรังสี UVC สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม ซึ่งในพืชพบว่าส่งผลต่อลักษณะทางสัณฐานวิทยาและความอุดมสมบูรณ์ของเกสร (ยุพากร และ สมปอง, 2551) ซึ่งอาจประยุกต์ใช้เพื่อทำให้ด้วงงวงข้าวเป็นหมันหรือลดความสามารถในการวางไข่ จึงเป็นที่มาของงานวิจัยเรื่องการศึกษาการใช้รังสียูวีซีเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของด้วงงวงข้าวในข้าวสังข์หยด จังหวัดพัทลุง

ตารางที่ 1 สรุปวิธีการความคุม ข้อดี และข้อจำกัดของด้วงงวงข้าว

วิธีการควบคุม	กลไกการทำงาน	ผลลัพธ์และข้อจำกัด
สารเคมี (รมสาร)	ใช้เมทิลโบรไมด์ หรือฟอสฟีน (ดวงเดือน และ ณฐพงศ์, 2563)	เป็นที่นิยม แต่พบปัญหาแมลงสร้างความต้านทาน และมีสารพิษตกค้างในสิ่งแวดล้อม (สุภาพร และคณะ, 2566)
รังสีอินฟราเรด	ให้ความร้อนสูง (180-200℃) นาน 4-5 วินาที (ประดิษฐ และคณะ, 2555)	ฆ่าตัวเต็มวัยได้ร้อยละ 100 ทันที แต่อาจมีผลต่อคุณภาพการสีถ้าอุณหภูมิไม่เหมาะสม
พลาสมาเย็น	ใช้ก๊าซอาร์กอนหรือฮีเลียมที่ถูกไอออไนซ์ (สุภาพร และคณะ, 2566)	ฆ่าแมลงได้ร้อยละ 100 ในระยะห่าง 4 ซม. เมื่อไม่มีข้าวสาร แต่ประสิทธิภาพลดลงเมื่อมีข้าวบัง
สารสกัดจากพืช	ใช้สารสกัดจากเครือตดหมูตดหมา (ดวงเดือน และ ณฐพงศ์, 2563)	ความเข้มข้นร้อยละ 8 สามารถยับยั้งการออกลูกหลานได้ถึงร้อยละ 98.84 และยืดระยะเวลาการเจริญเติบโต

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การออกแบบและสร้างเครื่องฉายรังสีอัลตราไวโอเลตขนาดห้องปฏิบัติการ

การออกแบบและสร้างเครื่องฉายรังสีอัลตราไวโอเลตซีเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของด้วงงวงข้าว มุ่งเน้นให้เครื่องมีโครงสร้างและกลไกการทำงานที่ไม่ซับซ้อน ใช้งานได้สะดวก มีขนาดเหมาะสมสำหรับการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ สามารถเคลื่อนย้าย ซ่อมแซม และบำรุงรักษาได้ง่าย รวมถึงมีความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน เครื่องฉายรังสีประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก ดังนี้

1) โครงสร้างของเครื่อง ผลิตจากสแตนเลสเกรดอาหาร มีขนาดความกว้าง 455 มิลลิเมตร ความยาว 554 มิลลิเมตร และความสูง 355 มิลลิเมตร ภายในออกแบบให้เป็นระบบปิดเพื่อลดความเสี่ยงจากการสัมผัสรังสีอัลตราไวโอเลตของผู้ปฏิบัติงาน

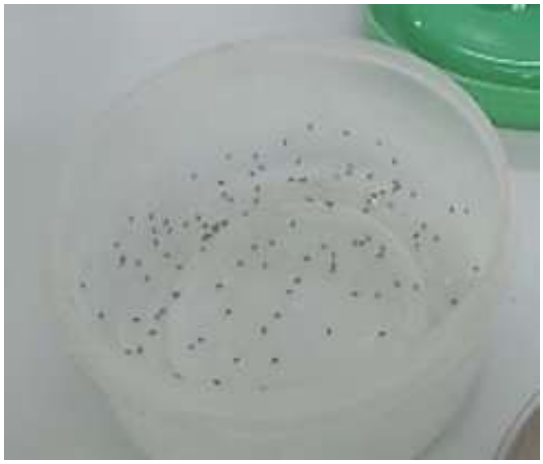
2) แหล่งกำเนิดรังสีอัลตราไวโอเลตซี ติดตั้งหลอดรังสี UVC ภายในโครงสร้างเครื่องเหนือชั้นวางถาดทดลองในระยะห่าง 15 เซนติเมตร โดยใช้หลอดรังสีที่มีความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร จำนวน 1 หลอด ทำงานที่อุณหภูมิประมาณ 30 องศาเซลเซียส และใช้แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์

2. การเตรียมตัวอย่าง

2.1) การเตรียมข้าวสังข์หยด ใช้ข้าวสารพันธุ์ข้าวสังข์หยดจากจังหวัดพัทลุงที่มีความชื้นอยู่ในช่วง 13–14% (ฐานเปียก) เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของแมลงศัตรูพืช ข้าวสารถูกนำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ –20°C เป็นระยะเวลา

5 วัน หลังจากนั้นนำออกมาพักให้มีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้องก่อนนำไปใช้ในการทดลอง

2.2) การเตรียมด้วงงวงข้าว เก็บและคัดแยกด้วงงวงข้าว (Sitophilus oryzae) ระยะตัวเต็มวัยโดยใช้ลักษณะขนาดลำตัวเป็นเกณฑ์ในการแยกเพศ จากนั้นนำด้วงงวงข้าวเพศผู้และเพศเมียจำนวน 100 คู่ ผสมกับข้าวสารปริมาณ 2 กิโลกรัม บรรจุในกล่องพลาสติกที่มีฝาปิดลวดตาข่าย และเลี้ยงไว้ที่อุณหภูมิ 27–30°C เป็นระยะเวลา 5 วัน เพื่อให้เกิดการผสมพันธุ์และการวางไข่ เมื่อครบกำหนดจึงแยกด้วงงวงข้าวระยะตัวเต็มวัยออก และนำข้าวสารที่มีไข่ไปเลี้ยงต่อจนกระทั่งฟักเป็นตัวเต็มวัย ใช้ระยะเวลาประมาณ 50 วัน ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ด้วงงวงข้าวที่ใช้ทดลอง

3. การทดลองการยับยั้งการเจริญเติบโตของด้วงงวงข้าวด้วยรังสี UVC

การทดลองการยับยั้งการเจริญเติบโตของด้วงงวงข้าวด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตซี (UVC) ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) บรรจุข้าวสารพันธุ์ข้าวสังข์หยดลงในถาดทดลอง โดยกำหนดความหนาของชั้นข้าวสารเป็น 3 ระดับ ได้แก่ 2, 4 และ 6 มิลลิเมตร เพื่อศึกษาผลของความหนาชั้นวัสดุต่อประสิทธิภาพของรังสี UVC

2) นำด้วงงวงข้าว (*Sitophilus oryzae*) ระยะตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียจำนวน 20 คู่ ปล่อยลงในถาดทดลองที่เตรียมไว้ จากนั้นปิดถาดด้วยแผ่นกระจกใสเพื่อป้องกันการหลบหนีของแมลงและควบคุมสภาพการทดลอง

3) วางถาดทดลองในตำแหน่งกึ่งกลางของเครื่องฉายรังสีอัลตราไวโอเลตซี และทำการฉายรังสีโดยกำหนดระยะเวลาในการฉาย 3 ระดับ ได้แก่ 10, 20 และ 30 นาที

4) หลังจากการฉายรังสี นำตัวอย่างข้าวสารแต่ละชุดบรรจุลงในถุงซิปล็อค และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องในช่วง 27–30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 เดือน เพื่อสังเกตผลของรังสี UVC ต่อการเจริญเติบโตและการเพิ่มจำนวนของด้วงงวงข้าว

5) จัดเตรียมชุดควบคุมโดยบรรจุข้าวสารพร้อมด้วงงวงข้าวระยะตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียจำนวน 20 คู่ ภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน แต่ไม่ผ่านการฉายรังสี UVC จำนวน 3 ชุด เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบผลการทดลอง

6) ตรวจนับจำนวนด้วงงวงข้าวระยะตัวเต็มวัยที่เกิดขึ้นในแต่ละชุดการทดลองทุก ๆ 1 สัปดาห์ ทั้งในกลุ่มที่ผ่านการฉายรังสีและกลุ่มควบคุมที่ไม่ผ่านการฉายรังสี

7) บันทึกผลการตรวจนับจำนวนด้วงงวงข้าว และนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตของด้วงงวงข้าวตามสมการที่ (1)

$$\text{ร้อยละการมีชีวิตของด้วงงวงข้าว} = (N)/N_0) \times 100 \quad (1)$$

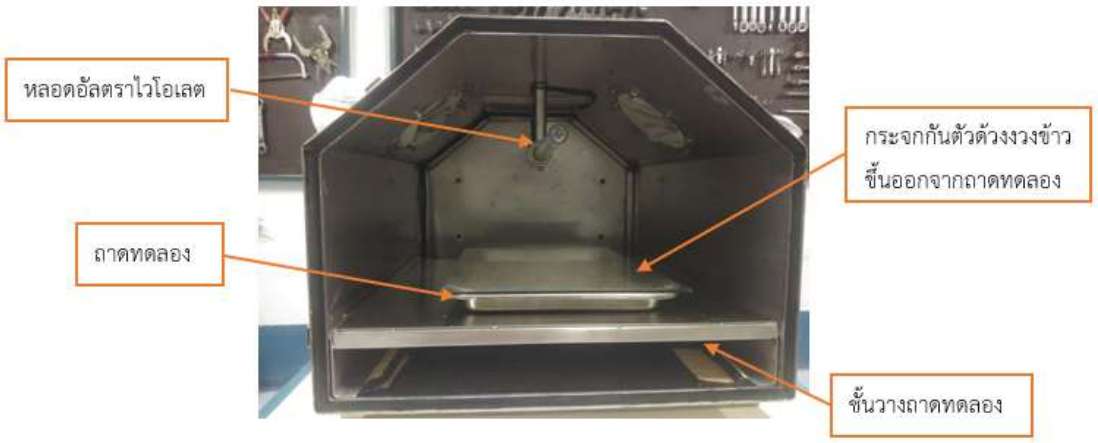
เมื่อ N_0 คือ จำนวนด้วงงวงข้าวเริ่มต้น (ตัว)

N คือ จำนวนด้วงงวงข้าวที่มีชีวิตรอด (ตัว)

ผลการวิจัย

1. ผลการสร้างเครื่องฉายรังสีอัลตราไวโอเลตขนาดห้องปฏิบัติการ

ผลการสร้างเครื่องฉายรังสีอัลตราไวโอเลตขนาดห้องปฏิบัติการมีโครงสร้างของเครื่องทำจากสแตนเลสเกรด 304 ซึ่งเป็นสแตนเลสที่ใช้กับอาหาร โดยมีขนาดความกว้าง 455 มิลลิเมตร ความยาว 554 มิลลิเมตร และความสูง 355 มิลลิเมตร มีระบบป้องกันการสัมผัสกับระบบรังสีอัลตราไวโอเลส โดยภายในเครื่องถูกติดตั้งหลอดรังสียูวีซี ไว้เหนือชั้นวางถาดทดลองในระยะห่าง 15 เซนติเมตร โดยใช้หลอดที่มีความยาวของคลื่นที่ 254 นาโนเมตร จำนวน 1 หลอด ทำงานที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และใช้แรงดันไฟฟ้า 220 และมีแผ่นกระจบสำหรับวางบนถาดทดลองเพื่อป้องกันไม่ให้ด้วงออกจากภาชนะ แสดงภายในของเครื่องดังภาพที่ 2 และภายนอกเครื่องดังภาพที่ 3



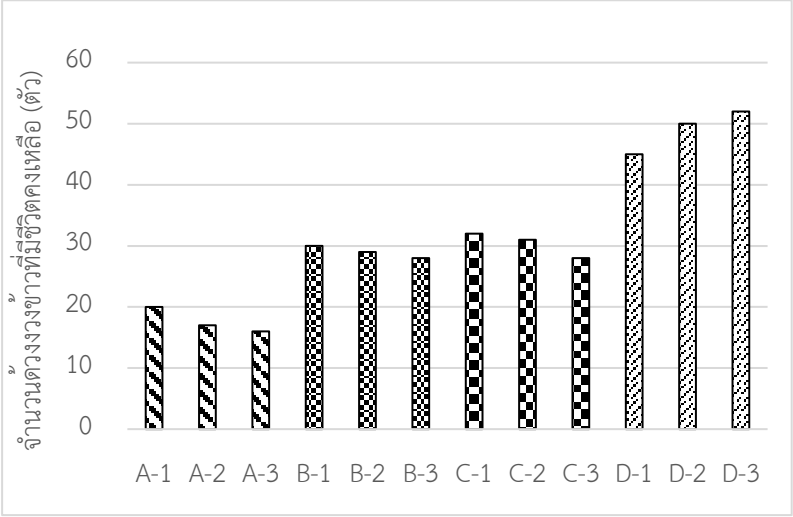
ภาพที่ 2 ชิ้นส่วนภายในเครื่องฉายรังสีอัลตราไวโอเลตขนาดห้องปฏิบัติการ



ภาพที่ 3 ภายนอกเครื่องฉายรังสีอัลตราไวโอเลตขนาดห้องปฏิบัติการ

2. ศึกษาการใช้รังสียูวีซียับยั้งการเจริญเติบโตของด้วงงวงข้าวในข้าวสังข์หยด

จากผลการเก็บข้อมูลทุกสัปดาห์ เป็นเวลา 2 เดือน พบว่าการใช้รังสียูวีซีมีความสามารถในการช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของด้วงงวงข้าวในข้าวสังข์หยดได้ โดยที่การทดลองความหนาของชั้นข้าวสาร 2 มิลลิเมตร มีจำนวนด้วงงวงข้าวมีชีวิตคงเหลือ น้อยกว่า ความหนาของข้าวสาร 4 มิลลิเมตร และ 6 มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วนเวลาในการฉายรังสีก็มีผลต่อการรอดชีวิตของด้วงงวงข้าว โดยที่ใช้เวลา 10 นาที มีผลต่อการรอดชีวิตของด้วงงวงข้าว มากกว่า การใช้เวลา 20 นาที และ 30 นาที่ ตามลำดับ ส่วนการทดลองในสภาวะปกติ (ไม่ฉายรังสี) พบว่ามีจำนวนด้วงงวงข้าวเพิ่มขึ้น 10- 30 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 2 และกราฟภาพที่ 4



ภาพที่ 4 กราฟแท่งแสดงจำนวนด้วงงวงข้าวที่มีชีวิตคงเหลือ

ตารางที่ 2 ตารางแสดงจำนวนด้วงงวงข้าวที่มีชีวิตคงเหลือ

สัญลักษณ์	ความหนาข้าวสาร (มม)	เวลา (นาที)	จำนวนตัวด้วงเริ่มต้น (ตัว)	จำนวนด้วงงวงข้าวที่มีชีวิต (ตัว)								จน.ด้วงที่มีชีวิตคงเหลือ (ตัว)	% ที่มีชีวิต
				สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่7	สัปดาห์ที่ 8		
A-1	2	10	40	40	39	36	35	30	27	24	20	20	50
A-2	2	20	40	39	37	35	32	29	26	22	17	17	42.5
A-3	2	30	40	39	36	34	30	26	24	20	16	16	40
B-1	4	10	40	40	39	37	35	35	33	32	30	30	75
B-2	4	20	40	40	38	36	34	33	31	30	29	29	72.5
B-3	4	30	40	40	39	36	35	32	31	29	28	28	70
C-1	6	10	40	40	39	38	36	35	33	32	32	32	80
C-2	6	20	40	40	38	37	37	35	34	32	31	31	77.5
C-3	6	30	40	40	37	35	34	31	30	29	28	28	70
D-1	ไม่ผ่านการฉายรังสี		40	40	40	40	40	45	47	47	45	45	112.5
D-2			40	40	40	40	42	47	50	52	50	50	125
D-3			40	40	40	40	45	48	51	54	52	52	130

วิจารณ์ผล

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่ารังสีอัลตราไวโอเลตซีมีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตและการเพิ่มจำนวนของด้วงงวงข้าวในข้าวสังข์หยดอย่างชัดเจน โดยพบว่าความหนาของชั้นข้าวสารและระยะเวลาการฉายรังสีเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการควบคุมแมลง ชั้นข้าวสารที่มีความหนา 2 มิลลิเมตรให้ผลในการลดจำนวนด้วงงวงข้าวได้ดีกว่าชั้นข้าวสารที่มีความหนา 4 และ 6 มิลลิเมตร ซึ่งสอดคล้องกับหลักการที่ว่ารังสี UVC มีความสามารถในการทะลุผ่านวัตถุได้จำกัด เมื่อชั้นข้าวหนามากขึ้นจะทำให้แมลงบางส่วนได้รับรังสีไม่เพียงพอ

นอกจากนี้ ระยะเวลาการฉายรังสีที่เพิ่มขึ้นจาก 10 เป็น 20 และ 30 นาที ส่งผลให้จำนวนด้วงงวงข้าวที่มีชีวิตคงเหลือลดลงอย่างต่อเนื่อง แสดงให้เห็นว่าปริมาณรังสีสะสมมีผลต่อการทำลายโครงสร้างสารพันธุกรรมของแมลง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานที่ระบุว่ารังสี UVC สามารถทำลาย DNA และยับยั้งการแบ่งเซลล์ของสิ่งมีชีวิตได้ (ยุพากร และ สมปอง, 2551) อย่างไรก็ตาม จากผลการทดลองยังพบว่าการใช้รังสี UVC ไม่ได้ทำให้ด้วงงวงข้าวตายทันทีทั้งหมด แต่มีผลในลักษณะการยับยั้งการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์มากกว่า ซึ่งอาจเป็นผลจากการที่รังสีส่งผลต่อระยะไข่หรือตัวอ่อนภายในเมล็ดข้าว

เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการฉายรังสี พบว่าจำนวนด้วงงวงข้าวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แสดงให้เห็นถึงความจำเป็นในการควบคุมแมลงศัตรูข้าวหลังการเก็บเกี่ยว โดยเฉพาะในระบบการผลิตข้าวอินทรีย์ งานวิจัยนี้จึงเป็นแนวทางทางเลือกที่ช่วยลดการพึ่งพาสารเคมี อย่างไรก็ตาม การทดลองยังเป็นระดับห้องปฏิบัติการ จึงควรมีการศึกษาผลกระทบต่อคุณภาพเมล็ดข้าว เช่น คุณค่าทางโภชนาการ สี และการงอก รวมถึงการทดสอบในระดับกึ่งอุตสาหกรรมเพื่อประเมินความเหมาะสมในการใช้งานจริง

สรุปผล

การศึกษานี้สามารถออกแบบและสร้างเครื่องฉายรังสีอัลตราไวโอเลตซีขนาดห้องปฏิบัติการที่มีความปลอดภัยและเหมาะสมต่อการใช้งานได้ และผลการทดลองยืนยันว่าการฉายรังสี UVC ที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตและการเพิ่มจำนวนของด้วงงวงข้าวในข้าวสังข์หยดได้ โดยประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับความหนาของชั้นข้าวสารและระยะเวลาการฉายรังสี ชั้นข้าวสารที่บางและการฉายรังสีเป็นเวลานานให้ผลในการลดจำนวนด้วงงวงข้าวได้ดีกว่า งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่ารังสี UVC มีศักยภาพในการเป็นเทคโนโลยีทางเลือกสำหรับการควบคุมด้วงงวงข้าวในระบบการเก็บรักษาข้าวอินทรีย์ โดยไม่ใช้สารเคมี และสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเพื่อการใช้งานในระดับที่เหมาะสมกับภาคการเกษตรและอุตสาหกรรมข้าวในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี พ.ศ. 2562

เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพย์สินทางปัญญา. 2550. การขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ข้าวหอมมะลิทุ่งกุลาร้อง (ทะเบียนเลขที่ สช 50100022). ประกาศกรมทรัพย์สินทางปัญญา, วันที่ 24 ตุลาคม 2550.

จารุวรรณ จันทร์กอง, ศศิประภา แสงทับทิม, และ คงพันธุ์ อิศรานนท์ชัย. 2568. การพัฒนาตู้อบทำลายเชื้อไวรัสโคโรนาด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตซี. วารสารแพทย์นาวี 52(1): 35–47.

ดวงเดือน วัฏฏานุรักษ์, และ ณฐพงศ์ เมธินธรังสรรค์. 2563. ผลของสารสกัดจากเครือตดหมูตดหมาในการควบคุมด้วงงวงข้าว. วารสารเกษตร 36(2): 225–233.

ประดิษฐ รามัชฌิมา, ธวัชชัย ทิวาวรรณวงศ์, สมโภชน์ สุดาจันทร์, และ ชัยยันต์ จันทร์ศิริ. 2555. ผลของการให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับตะแกรงสั่นต่อการกำจัดด้วงงวงข้าวในการเก็บรักษาข้าวเปลือก. วารสารเกษตร 28(3): 295–302.

วิทยา อินทร์สอน. 2555. การพัฒนาใช้รังสีอินฟราเรดเพื่อกำจัดแมลงในข้าวขาวดอกมะลิอินทรีย์ 105.

วิทยานิพนธ์ ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิตอุบลราชธานี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. อุบลราชธานี.

ยุพากรณ์ ศิริโสม, และ สมปอง เตชะโต. 2551. ผลของรังสีอัลตราไวโอเลตซี (UV-C) ต่อการกลายพันธุ์ของกล็อกซิเนีย. วารสารเกษตร 24(2): 141–151.

สุภาพร มอญจันทร์, ทินนากรณ์ หล่ำชู, จิรพงศ์ ศรศักดานุภาพ, และ เอกอาทิตย์ ฤทธิเดชยิ่ง. 2566. ผลของพลาสมาเย็นต่อการตายของด้วงงวงข้าว (*Sitophilus oryzae*) ในระยะตัวเต็มวัย. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 41(1): 62–69.

ผลของการเสริมแร่ธาตุต่ออัตรารอด การเจริญเติบโต และการรักษาสมดุลเกลือแร่ของกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ในน้ำจืดด้วยระบบน้ำหมุนเวียน

Effects of Mineral Supplementation on Survival, Growth, and Osmoregulation of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Cultured in Freshwater with Recirculating Aquaculture System

กรรณิกา คงวัฒนานนท์[1*] ณรงค์ศักดิ์ พวงลาภ[2] สุรเชษฐ์ บุรุษอาชาไนย[2] และกรณ์รวี เอี่ยมสมบูรณ์[3]

Kannika Kongwattananon[1*], Narongsak Puanglarp[2], Surachet Burut-archanai[2] and Kornrawee Aiemsomboon[3]

[1]หลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

[2]ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ปทุมธานี 12120

[3]ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

[1]Program in Biotechnology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok, 10330 Thailand

[2]National Center for Genetic Engineering and Biotechnology (BIOTEC), National Science and Technology Development Agency (NSTDA), Pathum Thani 12120, Thailand

[3]Department of Marine Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok, 10330 Thailand

*Corresponding author E-mail: Kannika.kwtn@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการเสริมแร่ธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียมต่ออัตรารอด การเจริญเติบโต และการรักษาสมดุลเกลือแร่ของกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ในน้ำจืดด้วยระบบน้ำหมุนเวียนแบบปิด โดยแบ่งชุดการทดลองออกเป็น 4 ชุด ได้แก่ ชุดควบคุม (น้ำทะเลความเค็ม 5 ppt), ชุดทดลองที่ 1 (น้ำจืดไม่เสริมแร่ธาตุ), ชุดทดลองที่ 2 (น้ำจืดเสริมแร่ธาตุระดับต่ำ) และชุดทดลองที่ 3 (น้ำจืดเสริมแร่ธาตุระดับสูง) เลี้ยงเป็นระยะเวลา 56 วัน พบว่าชุดการทดลองที่ 2 กุ้งมีอัตรารอดสูดที่สุด (ร้อยละ 16.67±11.55) มากว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กล่าวว่าชุดทดลองที่ 2 กุ้งขาวมีกลไกการรักษาสมดุลเกลือแร่เป็นแบบ Hyper-osmoregulation โดยควบคุมความเข้มข้นออสโมลาลิตี้ภายในเลือด (235.00±18.73 mOsm/kg) ให้สูงกว่าน้ำภายนอก (37.80±1.11 mOsm/kg) การปรับตัวทางสรีระเคมีที่ดีส่งผลให้กุ้งมีอัตรารอดดีกว่าชุดการทดลองอื่น ซึ่งกุ้งจะต้องใช้พลังงานในการพยายามรักษาสมดุลเกลือแร่เกินขีดจำกัดจนร่างกายอ่อนเพลียและตายในที่สุด สรุปได้ว่าการเลี้ยงกุ้งขาวในน้ำจืดจำเป็นต้องควบคุมทั้งปริมาณและอัตราส่วนแร่ธาตุให้เหมาะสม ควบคู่ไปกับการป้องกันการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นอย่างฉับพลันเพื่อลดความเครียดทางสรีรวิทยาของกุ้ง

คำสำคัญ: กุ้งขาว, เสริมแร่ธาตุ, ออสโมลาลิตี้, ระบบรักษาสมดุลเกลือแร่, ระบบน้ำหมุนเวียน

Abstract

This study investigated the effects of calcium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), and potassium (K^{+}) supplementation on the survival, growth, and osmoregulation of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) reared in a closed recirculating freshwater system. The experiment consisted of four treatments: a control group (5 ppt seawater), Treatment 1 (unsupplemented freshwater), Treatment 2 (low-level mineral supplementation), and Treatment 3 (high-level mineral supplementation), with a culture period of 56 days. The results revealed that Treatment 2 achieved the highest survival rate (16.67 ± 11.55%), which was significantly higher than the other groups ($P < 0.05$). Shrimp in Treatment 2 exhibited a hyper-osmoregulation mechanism, maintaining a hemolymph osmolality of 235.00±18.73 mOsm/kg, which was substantially higher than the external medium 37.80±1.11 mOsm/kg. This physiological adaptation contributed to better survival compared to other groups, where shrimp likely exhausted their energy reserves attempting to maintain ionic balance beyond their physiological limits, leading to mortality. In conclusion, the cultivation of *L. vannamei* in freshwater requires precise management of both the concentration and ratios of essential minerals. Additionally, preventing sudden fluctuations in mineral levels is crucial to minimizing physiological stress and enhancing shrimp viability.

Keywords: *Litopenaeus vannamei*, Mineral supplementation, Osmolality, Osmoregulation, Recirculating Aquaculture System (RAS)

บทนำ

กุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) เป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย การเลี้ยงกุ้งขาวในพื้นที่ชายฝั่งหรือในน้ำเค็มแบบดั้งเดิมกำลังเผชิญกับข้อจำกัดหลายประการ ทั้งปัญหาโรคระบาด ความเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติ และข้อจำกัดด้านพื้นที่เลี้ยง ส่งผลให้เกษตรกรปรับเปลี่ยนไปเลี้ยงกุ้งในพื้นที่น้ำจืดหรือพื้นที่ความเค็มต่ำ โดยเป็นการนำน้ำเค็มมาผสมเพื่อใช้เลี้ยงกุ้งในพื้นที่น้ำจืดทำให้ต้นทุนเพิ่มสูงขึ้นและยังคงก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมเมื่อมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำหรือเลี้ยงระบบเปิด การเลี้ยงกุ้งในน้ำจืดควบคู่กับระบบน้ำหมุนเวียนแบบปิด (Recirculating Aquaculture System) เป็นแนวทางที่น่าสนใจเนื่องจากสามารถควบคุมคุณภาพน้ำและป้องกันการเกิดเชื้อโรคในระบบเลี้ยงได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่กุ้งขาวที่เลียงจะต้องมีการปรับตัวทางสรีระเคมี (Osmoregulation) แม้กุ้งชนิดนี้มีความสามารถทนต่อความเค็มได้กว้าง (Euryhaline) การนำมา

เลี้ยงในน้ำจืดที่มีความดันออสโมติกต่ำกว่าในเลือดกุ้งมาก ส่งผลให้กุ้งเกิดความเครียด สูญเสียสมดุลแร่ธาตุ และส่งผลกระทบโดยตรงต่ออัตราการรอดและการเจริญเติบโต (Atwood et al., 2003) การสร้างระบบเลี้ยงกุ้งขาวในน้ำจืดที่มีแร่ธาตุเพียงพอต่อการรักษาสมดุลแร่ธาตุ ไม่รบกวนการเจริญเติบโตของกุ้งขาว และลดปัญหาด้านการเกษตร จึงเป็นความท้าทายและแนวโน้มการเลี้ยงกุ้งขาวในอนาคต

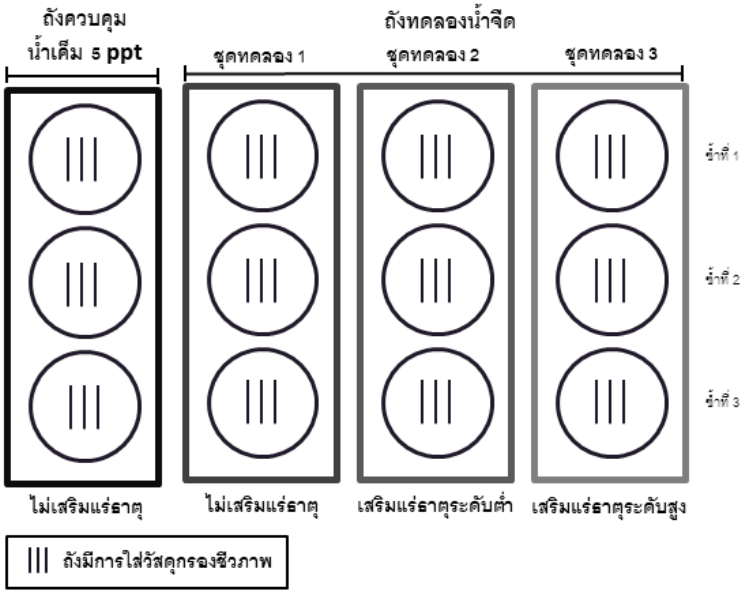
ในการปรับตัวเพื่อดำรงชีวิตในสภาวะน้ำจืดหรือน้ำที่มีความเค็มต่ำ กุ้งขาวจำเป็นต้องมีการปรับตัวทางสรีระเคมีเพื่อรักษาความสมดุลของน้ำและไอออนในร่างกาย โดยกุ้งจัดเป็นพวก Hyper-osmoregulators ที่ต้องพยายามรักษาค่าความเข้มข้นของของเหลวในร่างกายหรือออสโมลาลิตี้ (Osmolality) ให้สูงกว่าสภาพแวดล้อมภายนอกเสมอ ประสิทธิภาพในการปรับตัวนี้สามารถประเมินได้จากค่า Osmoregulatory Capacity (OC) ซึ่งเป็นค่าความต่างระหว่างออสโมลาลิตี้ในกระแสเลือด (Hemolymph) และในน้ำที่เลี้ยง เพื่อวิเคราะห์ว่ากุ้งอยู่ในสภาวะเครียดจากการเปลี่ยนแปลงความเค็มหรือไม่ หากค่า OC ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ จะบ่งชี้ว่ากุ้งเริ่มสูญเสียความสามารถในการควบคุมสมดุลแร่ธาตุ (Lignot et al., 2000)

โดยทั่วไปในน้ำจืดมีสัดส่วนของโซเดียมเพียงพอเมื่อเทียบกับแร่ธาตุอื่น ๆ ที่เป็นปัจจัยจำกัด (Limiting factors) บทบาทของแร่ธาตุและความสมดุลของเกลือแร่ในการเลี้ยงกุ้งคือ น้ำจืดมีปริมาณแร่ธาตุต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำทะเล แร่ธาตุสำคัญได้แก่ แคลเซียม (Calcium; Ca^{2+}) จำเป็นต่อการสร้างเปลือกและการลอกคราบ, แมกนีเซียม (Magnesium; Mg^{2+}) เกี่ยวข้องกับการทำงานของเอนไซม์และระบบกล้ามเนื้อ และโพแทสเซียม (Potassium; K^{+}) มีความสำคัญต่อการรักษาสมดุลเกลือแร่ Sodium-Potassium pump (Na^{+}/K^{+}-ATPase) ในเหงือกกุ้ง (Boyd and Tucker, 1998; Li et al., 2017; Davis et al., 1992) ในพื้นที่ภาคกลางเกษตรกรมักเลี้ยงกุ้งขาวในน้ำความเค็มต่ำเฉลี่ยในช่วง 4 – 10 ppt ซึ่งเป็นระดับความเค็มที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งขาวให้เติบโต และอัตรารอดดีในน้ำความเค็มต่ำ (Flaherty et al., 2000; Laokiatsophon et al., 2006) แต่ยังประสบปัญหาการขาดแร่ธาตุ Ca^{2+}, Mg^{2+} และ K^{+} หากมีการจัดการไม่เหมาะสม ในการศึกษาครั้งนี้จึงมีการเสริมแร่ธาตุหลัก Ca^{2+}, Mg^{2+} และ K^{+} ในชุดการทดลอง เพื่อศึกษาระบบการรักษาสมดุลเกลือแร่ของกุ้งขาวในน้ำจืดในอัตราส่วน 1:3:1 อ้างอิงจากสัดส่วนใกล้เคียงน้ำทะเลธรรมชาติที่ทำให้กุ้งสามารถเจริญเติบโตได้อย่างเหมาะสม (Boyd, 2020; De Oliveira et al., 2022) ชุดทดลองน้ำจืดที่มีการเสริมแร่ธาตุระดับต่ำ มีการเติมแร่ธาตุโดยคำนวณความเข้มข้นแร่ธาตุเปรียบเทียบกับน้ำทะเลความเค็ม 5 ppt เพื่อเปรียบเทียบการปรับตัวทางสรีระเคมีของกุ้งขาวในน้ำจืดเสริมแร่ธาตุกับน้ำเค็มระดับเดียวกัน ขณะที่ชุดทดลองน้ำจืดที่มีการเสริมแร่ธาตุระดับสูง คำนวณความเข้มข้นแร่ธาตุที่เติมเปรียบเทียบกับน้ำทะเลความเค็ม 15 ppt เพื่อหาระดับความเค็มที่เหมาะสม (Optimum) ต่อการเจริญเติบโต และให้ประสิทธิภาพสูงสุด

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะศึกษาการเจริญเติบโตและอัตรารอดของกุ้งขาว เมื่อเลี้ยงในน้ำจืดเสริมแร่ธาตุ (Ca^{2+}, Mg^{2+} และ K^{+}) ในอัตราส่วนและความถี่ของการเติมที่เหมาะสม ภายใต้ระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดที่มีการติดตั้งเส้นใยกรองชีวภาพภายในบ่อ โดยจะศึกษาทางสรีระเคมี ได้แก่ ออสโมลาลิตี้ ความสามารถในการควบคุมสมดุลเกลือแร่ และความเข้มข้นของแร่ธาตุในเลือดและน้ำเลี้ยง เพื่อประเมินความสามารถในการปรับตัวของกุ้งขาวเมื่อเลี้ยงเป็นระยะเวลาต่อเนื่องในน้ำจืด เป็นข้อมูลแนวทางการปรับใช้ในการเลี้ยงกุ้งขาวในน้ำจืดด้วยระบบน้ำหมุนเวียนได้

วิธีการดำเนินการวิจัย

การทดลองแบ่งออกเป็น 4 ชุด ชุดละ 3 ซ้ำ ประกอบด้วย ชุดควบคุม (Control): เลี้ยงกุ้งขาวในน้ำทะเลความเค็ม 5 ppt, ชุดทดลองที่ 1 (T1): เลี้ยงกุ้งขาวในน้ำจืด ไม่มีการเสริมแร่ธาตุ, ชุดทดลองที่ 2 (T2): เลี้ยงกุ้งขาวในน้ำจืด มีการเสริมแร่ธาตุระดับความเข้มข้นต่ำ, และ ชุดทดลองที่ 3 (T3): เลี้ยงกุ้งขาวในน้ำจืด มีการเสริมแร่ธาตุระดับความเข้มข้นสูง ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ (56 วัน) ณ สถานีวิจัยสัตว์ทะเลอ่างศิลา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จังหวัดชลบุรี



ภาพที่ 1 แผนผังแสดงชุดการทดลองทั้ง 4 ชุด

1. เตรียมระบบเลี้ยงกุ้งขาว

ชุดควบคุม: เตรียมถังพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 เมตร สูง 0.5 เมตร เติมน้ำความเค็ม 5 ppt ที่ผ่านการฆ่าเชื้อและบำบัดแล้ว ปริมาตร 200 ลิตร ติดตั้งระบบให้อากาศและวัสดุกรองชีวภาพแบบเส้นใย (Biocord™) ความยาวรวม 4 เมตรต่อบ่อ (พื้นที่ผิวรวม 11.2 ตารางเมตร) ดัดแปลงจาก Satanwat et al.

(2020) เป็นระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด ควบคุมคุณภาพน้ำให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้งขาว (Suwoyo and Hendrajat, 2021) และมีการดูดตะกอนของเสียออกจากบ่อ

ชุดทดลอง: เตรียมถังพลาสติกความจุและมีจัดการถังเหมือนกับชุดควบคุม เติมน้ำจืดที่ผ่านการบำบัดแล้ว เสริมแร่ธาตุในรูปของ $CaCl_2$, $MgCl_2$ และ KCl ในอัตราส่วน 1:3:1 ตามลำดับ อ้างอิงจากอัตราส่วนแร่ธาตุในน้ำทะเล (De Oliveira et al., 2022) ชุดการทดลองที่ 2 มีการเสริมแร่ธาตุระดับความเข้มข้นต่ำ โดยคำนวณเปรียบเทียบกับปริมาณไอออนของ Ca^{2+}, Mg^{2+} และ K^{+} ที่น้ำทะเลความเค็ม 5 ppt และชุดการทดลองที่ 3 การเสริมแร่ธาตุระดับความเข้มข้นสูง คำนวณเปรียบเทียบปริมาณไอออนที่น้ำทะเลความเค็ม 15 ppt (Boyd, 2020) มีการควบคุมความเข้มข้นแร่ธาตุในชุดทดลองเสริมแร่ธาตุตลอดการทดลอง

2. เตรียมระบบตัวกรองชีวภาพ

เตรียมตัวกรองชีวภาพโดยใช้เส้นใย Biocord™ ให้พร้อมใช้งาน โดยการบ่มในถังขนาด 1,000 L กำหนดคุณภาพน้ำและการเติมแร่ธาตุตามชุดการทดลองที่มีความเข้มข้นของแอมโมเนีย 5 mg N/L ค่า alkalinity 100-150 mg/L ตลอดการบ่มเป็นเวลา 6-8 สัปดาห์ และให้อาหารกุ้งอบแห้งใส่ลงในบ่อบ่ม เริ่มต้น 16 mg/L (Burut-Archanai et al., 2021) เมื่อตัวกรองพร้อมแล้วนำไปติดตั้งในถังทดลอง

3. เตรียมตัวอย่างกุ้งขาว

นำกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) จากฟาร์มกุ้ง จังหวัดปทุมธานี มาพักในบ่อพักใช้น้ำทะเลความเค็ม 5 ppt เป็นเวลา 2 สัปดาห์ จากนั้นนำกุ้งใส่บ่อทดลองความหนาแน่น 50 ตัว/ลูกบาศก์เมตร โดยกุ้งที่ใช้มีอายุหนึ่งเดือน น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 3.57±0.16 กรัม ความยาวลำตัวเริ่มต้นเฉลี่ย 8.02±0.13 เซนติเมตร ให้อาหาร 3% ของน้ำหนักตัว ทุกวัน ๆ ละ 3 มื้อ

4. วิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของตัวกุ้งและคุณภาพน้ำ

ตรวจนับอัตรารอดของกุ้ง ชั่งน้ำหนัก และวัดความยาวลำตัวกุ้งทุกตัว ทุก 2 สัปดาห์ รวมถึงวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงทุก 2 วัน ตลอดการทดลองเลี้ยง ปัจจัยคุณภาพน้ำที่วิเคราะห์ ได้แก่ อุณหภูมิ, ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำด้วยเครื่อง YSI 550A meter, ความเป็นกรด-ด่างด้วยเครื่อง YSI pH100, ความเค็มด้วย Refractometer, ความกระด้าง (Total Hardness) และความเป็นด่าง (Total Alkalinity) ด้วยวิธีไทเทรต, แอมโมเนียรวมและไนไตรท์ ด้วย Spectrophotometer และติดตามความเข้มข้นของแร่ธาตุในน้ำด้วย Ion Selective Electrode

5. วิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุ และค่าออสโมลาลิตี้

ทำการเก็บตัวอย่างกุ้ง จำนวน 2 ตัว และเก็บเลือดกุ้ง (Hemolymph) ทุก 2 สัปดาห์ ด้วยเข็มขนาด 22G เก็บที่รักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิ -20 °C ทำการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของแร่ธาตุในเลือดกุ้งและในน้ำเลี้ยง

กุ้งโดยใช้เครื่อง Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES) วิเคราะห์ค่าออสโมลาลิตี้ ด้วยเครื่อง Advanced Instruments 3250 Osmometer freezing point depression (FPD)

คำนวณค่า Osmoregulation Capacity (OC) อ้างอิงจาก Lignot et al. (2000) ดังนี้

$$OC = | \text{Osmolality}_{\text{hemolymph}} - \text{Osmolality}_{\text{medium}} |$$

เมื่อ $\text{Osmolality}_{\text{hemolymph}}$: ค่าความเข้มข้นออสโมลาลิตี้ของเลือดกุ้ง (หน่วย: mOsm/kg)

$\text{Osmolality}_{\text{medium}}$: ค่าความเข้มข้นออสโมลาลิตี้ของน้ำที่ใช้เลี้ยง (หน่วย: mOsm/kg)

6. วิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วยวิธี One-way ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลอัตรารอด การเจริญเติบโต และคุณภาพน้ำของกุ้งขาวในน้ำจืดเสริมแร่ธาตุด้วยระบบหมุนเวียนน้ำ

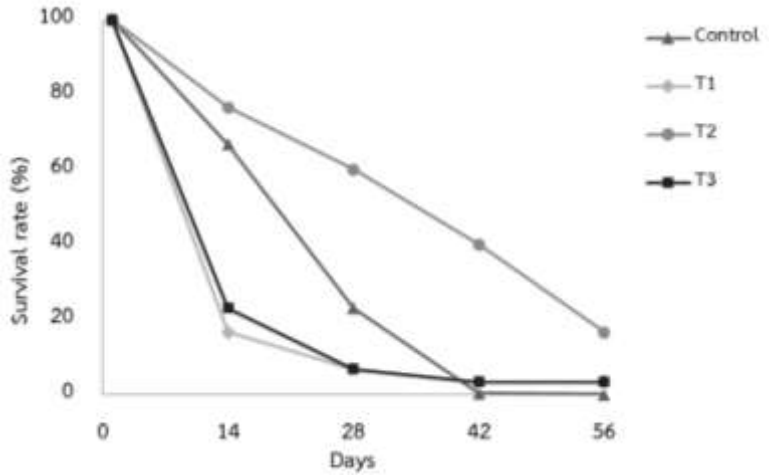
ผลการศึกษาอัตรารอดและการเจริญเติบโตของกุ้งขาวที่เลี้ยงในน้ำจืดเสริมแร่ธาตุด้วยระบบหมุนเวียนน้ำเป็นเวลา 56 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่ากุ้งขาวในชุดทดลองที่ 2 มีอัตรารอด (Survival rate) ร้อยละ 16.67±11.55 ซึ่งสูงกว่าชุดทดลองที่ 1 และ 3 (ร้อยละ 3.33±5.77) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ขณะที่ชุดควบคุมไม่พบอัตรารอด แสดงดังตารางที่ 1

การเจริญเติบโต พบว่าน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย (Final weight), ความยาวลำตัวเฉลี่ยสุดท้าย (Final length), อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate) และ อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (Average daily growth) ของกุ้งในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยชุดทดลองที่ 2 มีค่าการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุด (ร้อยละ 1.90±0.33 ต่อวัน) ตามด้วยชุดทดลองที่ 3 และ 1 (ร้อยละ 0.86±1.50 และ 0.74±0.86 ต่อวัน) ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ผลการเจริญเติบโตและอัตรารอดของกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) (Mean±SD)

	Control	Treatment 1	Treatment 2	Treatment 3
Final weight (g)	-	4.27±0.50^{a}	11.42±2.95^{a}	7.75±4.34^{a}
Final length (cm)	-	8.70±0.44^{a}	12.19±1.05^{a}	10.00±3.30^{a}
Specific growth rate (SGR; %/days)	-	0.74±0.86^{a}	1.90±0.33^{a}	0.86±1.50^{a}
Average daily growth (ADG; g/days)	-	0.03±0.02^{a}	0.13±0.05^{a}	0.07±0.12^{a}
Survival rate (%)	0.00±0.00^{a}	3.33±5.77^{ab}	16.67±11.55^{b}	3.33±5.77^{ab}

*ตัวอักษรกำกับที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)



ภาพที่ 2 กราฟการเปลี่ยนแปลงอัตรารอดของกุ้งขาวตลอดการทดลอง

ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำตลอดระยะเวลาการทดลอง พบว่าค่าดัชนีคุณภาพน้ำเบื้องต้นในทุกชุดการทดลองอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของกุ้งขาว โดยความเค็มของชุดควบคุมน้ำทะเล 5 ppt, ชุดการทดลองที่ 1 น้ำจืด, ชุดทดลองที่ 2 น้ำจืดเสริมแร่ธาตุระดับต่ำ และชุดทดลองที่ 3 น้ำจืดเสริมแร่ธาตุระดับสูง มีค่าเฉลี่ย 5.56±0.10, 0.00±0.00, 0.45±0.00 และ 3.16±0.70 ppt ตามลำดับ ค่าความกระด้างของน้ำ (Total Hardness) มีค่าแตกต่างกันในแต่ละชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แสดงให้เห็นถึงปริมาณรวมของแร่ธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมที่แตกต่างกันในแต่ละชุดการทดลอง นอกจากนี้มีปริมาณแอมโมเนียรวมเฉลี่ย 0.13–0.18 mg-N/L และไนไตรท์เฉลี่ย 0.03–0.05 mg-N/L ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ

ตารางที่ 2 คุณภาพน้ำในการเลี้ยงกุ้งขาวตลอดระยะเวลาการทดลอง

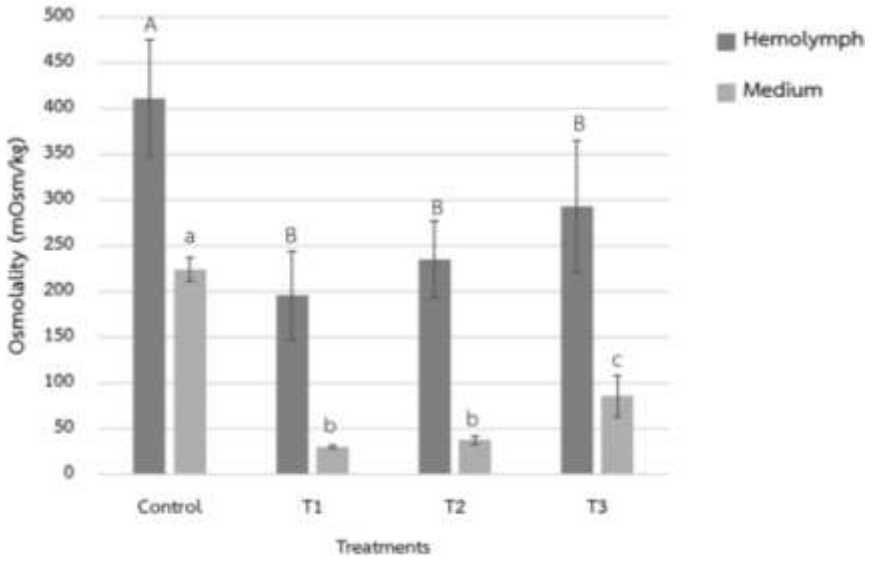
	Control	Treatment 1	Treatment 2	Treatment 3
Salinity (ppt)	5.56±0.10^{c}	0.00±0.00^{a}	0.45±0.00^{a}	3.16±0.70^{b}
pH	7.70±0.09^{a}	8.31±0.25^{b}	8.08±0.03^{b}	7.66±0.14^{a}
Dissolved oxygen (mg/L)	6.22±0.12^{a}	6.30±0.00^{a}	6.25±0.13^{a}	6.11±0.13^{a}
Temperature (°C)	29.02±0.87^{a}	28.48±0.69^{a}	28.86±0.65^{a}	29.23±0.78^{a}
Total alkalinity (mg/L as $CaCO_3$)	138.26±4.11^{a}	138.29±6.83^{a}	136.88±3.82^{a}	147.95±14.94^{a}
Total hardness (mg/L)	1,584.18±224.64^{c}	331.43±95.90^{a}	999.30±14.37^{b}	2,656.89±13.50^{d}
Total ammonia (mg-N/L)	0.15±0.02^{ab}	0.16±0.01^{ab}	0.13±0.01^{a}	0.18±0.04^{b}
Nitrite (mg-N/L)	0.03±0.01^{a}	0.05±0.02^{a}	0.03±0.01^{a}	0.04±0.02^{a}

*ตัวอักษรกำกับที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

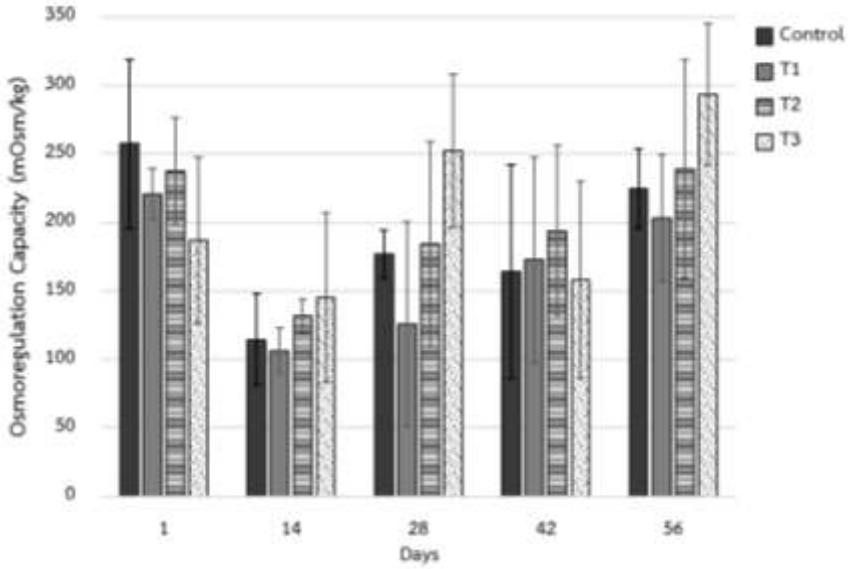
ค่าออสโมลาลิตี้ และความสามารถในการควบคุมสมดุลเกลือแร่ของกุ้งขาว

ผลการตรวจวัดค่าออสโมลาลิตี้ (Osmolality) ในเลือดกุ้งขาว (Hemolymph) เทียบกับน้ำที่ใช้เลี้ยง (ภาพที่ 3) พบว่ากุ้งขาวในทุกชุดการทดลองมีสภาวะเป็น Hyper-osmoregulation มีค่าออสโมลาลิตี้ในเลือดสูงกว่าในน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตลอดการทดลอง อย่างไรก็ตามค่าออสโมลาลิตี้ของเลือดกุ้งชุดควบคุมมีค่าเฉลี่ยสูงสุดตลอดการทดลอง (412.89±12.17 mOsm/kg) ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเปรียบเทียบกับกลุ่มชุดทดลองด้วยน้ำจืด ($P < 0.05$) เช่นเดียวกับค่าออสโมลาลิตี้ของน้ำภายนอก

ความสามารถในการควบคุมสมดุลเกลือแร่ของกุ้งขาวพิจารณาจากค่า Osmoregulation Capacity (OC) แสดงให้เห็นว่ากุ้งขาวมีความพยายามในการรักษาสมดุลเกลือแร่ ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการทำงานของเซลล์ โดยค่า OC เฉลี่ยในชุดควบคุม, ชุดทดลองที่ 1, ชุดทดลองที่ 2 และชุดทดลองที่ 3 มีค่า OC เฉลี่ย 187.37±43.88, 165.67±46.26, 197.20±53.70 และ 207.07±60.33 mOsm/kg ตามลำดับ ไม่พบความแตกต่างในแต่ละชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) แสดงว่ากุ้งขาวมีความสามารถในการควบคุมสมดุลเกลือแร่เมื่ออยู่ในน้ำที่มีความเข้มข้นของเลือดสูงกว่าในน้ำ แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 3 กราฟแสดงค่าออสโมลาลิตี้เลือดกุ้งขาว (Hemolymph) กับน้ำภายนอก (Medium) ระหว่างชุดการทดลอง



ภาพที่ 4 กราฟแสดงค่า Osmoregulation Capacity ระหว่างชุดการทดลองตลอดระยะเวลาการทดลอง

ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแร่ธาตุในเลือดกุ้งขาวและน้ำเลี้ยงระหว่างชุดการทดลอง

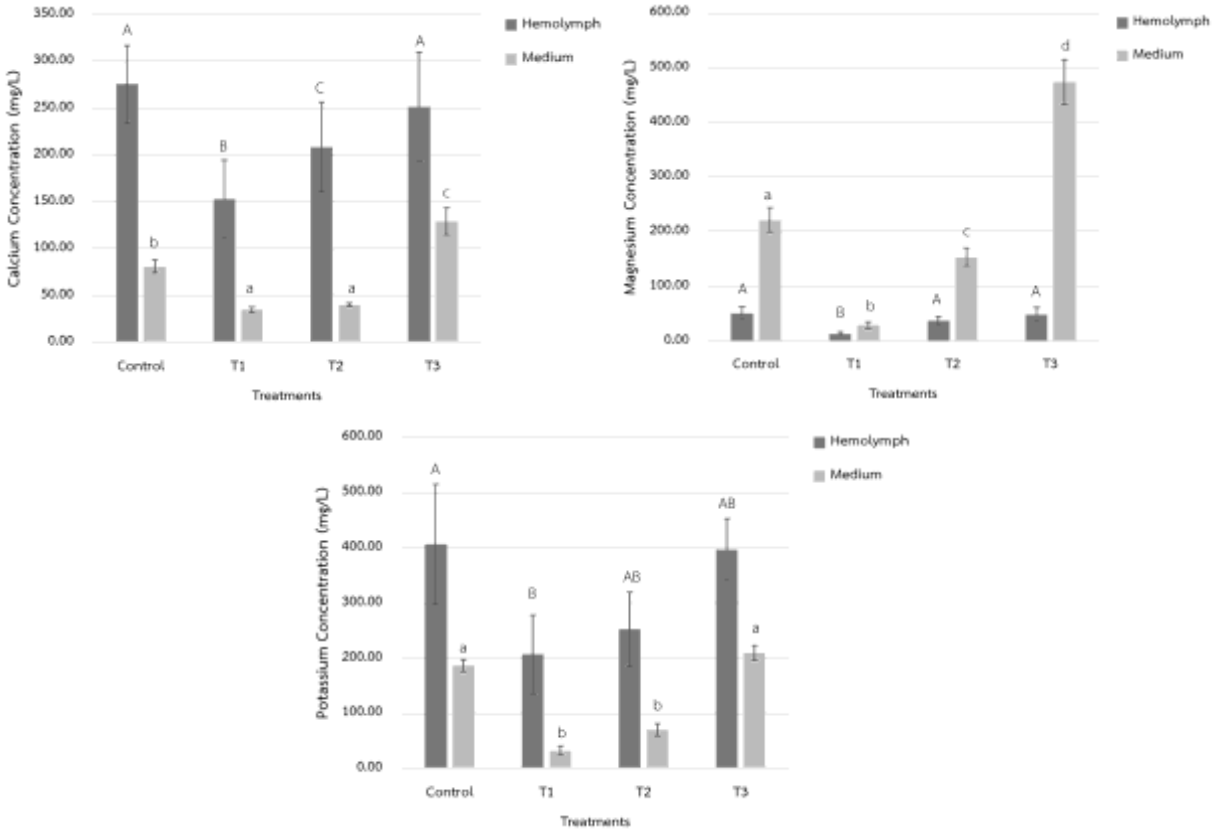
จากการวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุของน้ำภายนอก (ตารางที่ 3) พบว่าชุดทดลองที่ 3 เสริมแร่ธาตุระดับสูง มีความเข้มข้นของแคลเซียม แมกนีเซียมและโพแทสเซียม 127.56±1.53, 475.58±10.19 และ 210.95±7.85 ตามลำดับ ซึ่งเป็นชุดทดลองที่มีปริมาณแร่ธาตุสูงที่สุดในทุกชุดการทดลอง รองลงมาคือชุดควบคุมน้ำทะเล 5 ppt, ชุดทดลองที่ 2 เสริมแร่ธาตุระดับต่ำ และชุดทดลองที่ 1 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาความเข้มข้นของแร่ธาตุภายในเลือดกุ้ง พบว่าชุดควบคุมมีความเข้มข้นของแคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียมสูงที่สุด 270.67±12.47, 50.18±8.67 และ 423.36±5.61 ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ความเข้มข้นแร่ธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียมภายในเลือดกุ้ง (Hemolymph) และน้ำภายนอก (Medium) (Mean±SD)

	Control		Treatment 1		Treatment 2		Treatment 3	
	Hemolymph	Medium	Hemolymph	Medium	Hemolymph	Medium	Hemolymph	Medium
Calcium (Ca^{2+}; mg/L)	270.67± 12.47^{A}	82.19± 11.64^{b}	154.96± 4.81^{B}	34.61± 3.48^{a}	208.58± 8.51^{C}	40.12± 0.83^{a}	266.57± 48.87^{A}	127.56± 1.53^{c}
Magnesium (Mg^{2+}; mg/L)	50.18± 8.67^{A}	223.22± 37.04^{a}	14.51± 4.30^{B}	28.34± 11.21^{b}	37.00± 6.07^{A}	153.84± 14.20^{c}	43.10± 17.11^{A}	475.58± 10.19^{d}
Potassium (K^{+}; mg/L)	423.36± 5.61^{A}	184.01± 40.50^{a}	209.69± 28.50^{B}	31.97± 7.65^{b}	252.07± 29.05^{AB}	70.30± 7.34^{b}	333.97± 181.50^{AB}	210.95± 7.85^{a}
Ca:Mg:K Ratio (1:3:1)		1 : 2.7 : 2		1 : 0.8 : 0.9		1 : 3.8 : 1.7		1 : 3.7 : 1.6

*ตัวอักษรกำกับที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ระหว่างตัวอย่างเลือดกุ้ง (A, B, C) และน้ำภายนอก (a, b, c)

จากกราฟแสดงค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นแคลเซียมและโพแทสเซียม ภายในเลือดกุ้งขาวกับน้ำภายนอก พบว่ากุ้งขาวมีความสามารถในการสะสมความเข้มข้นของแร่ธาตุแคลเซียม และโพแทสเซียมภายในเลือดให้สูงกว่าความเข้มข้นน้ำภายนอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ขณะที่ความเข้มข้นของแมกนีเซียมของเลือดกุ้ง มีระดับความเข้มข้นต่ำกว่าความเข้มข้นน้ำภายนอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 กราฟความเข้มข้นแคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียม ภายในเลือดกุ้งขาว (Hemolymph) กับน้ำภายนอก (Medium) ระหว่างชุดการทดลอง

วิจารณ์ผล

การศึกษาผลของการเสริมแร่ธาตุ ต่ออัตรารอด การเจริญเติบโต และการรักษาสมดุลเกลือแร่ของกุ้งขาวในน้ำจืดด้วยระบบน้ำหมุนเวียน พบว่าปัจจัยความเข้มข้นของแร่ธาตุส่งผลโดยตรงต่อกระบวนการทางสรีระเคมีค่าออสโมลาลิตี้ในเลือดของกุ้งขาวมีค่าสูงกว่าน้ำภายนอกในทุกชุดการทดลอง กุ้งขาวมีพฤติกรรมแบบ Hyper-osmoregulation เพื่อรักษาแรงดันออสโมติกในเลือดให้สูงกว่าสภาพแวดล้อม (Pequeux, 1995) เมื่อพิจารณาค่าออสโมลาลิตี้ระหว่างชุดการทดลองพบว่าชุดควบคุมมีค่าออสโมลาลิตี้ในเลือดและน้ำสูงที่สุด แตกต่างจากชุดการทดลองด้วยน้ำจืดอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าในชุดควบคุม 5 ppt มีปริมาณความเข้มข้นของแร่ธาตุรวม

สูงแปรผันตรงกับความเค็มของน้ำ (Millero and Leung, 1976) เมื่อวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของแร่ธาตุ พบว่ากุ้งขาวมีการควบคุมระดับ Ca^{2+} และ K^{+} ในเลือด สอดคล้องกับการศึกษาของบุณรัตน์ ประทุมชาติ และสว่างพงษ์ สมมาตร (2553) ในกุ้งขาว เนื่องจากในสภาวะความเค็มต่ำ กุ้งขาวจำเป็นต้องรักษาระดับ Ca^{2+} และ K^{+} ในเลือดให้สูงกว่าน้ำภายนอก โดยหากระดับ K^{+} ในน้ำไม่เพียงพอจะส่งผลกระทบโดยตรงต่อการทำงานของเอนไซม์ Na^{+}/K^{+}-ATPase ในขณะที่ Ca^{2+} สำคัญต่อกระบวนการแข็งตัวของเปลือกหลังการลอกคราบ (Greenaway, 1985) กุ้งมีการควบคุมความเข้มข้นของ Mg^{2+} ในเลือดให้มีค่าต่ำกว่าน้ำภายนอก เนื่องจาก Mg^{2+} ทำหน้าที่เป็นตัวยับยั้งการส่งกระแสประสาทที่จุดเชื่อมต่อระหว่างประสาทและกล้ามเนื้อ (Robertson, 1953; Mantel and Farmer, 1983) การเสริมแร่ธาตุ Ca^{2+}, Mg^{2+} และ K^{+} จึงจำเป็นต่อการเลี้ยงกุ้งขาวในน้ำจืดด้วยระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด ที่ไม่มีการแลกเปลี่ยนแร่ธาตุอื่น ๆ เข้ามาภายในระบบ

ผลการศึกษาของชุดทดลองที่ 2 (น้ำจืดเสริมแร่ธาตุระดับต่ำ) กุ้งขาวมีอัตรารอด (ร้อยละ 16.67±11.55) และการเจริญเติบโตจำเพาะ (ร้อยละ 1.90±0.33 ต่อวัน) สูงที่สุด ในสภาวะที่มีระดับความเข้มข้นของแร่ธาตุภายในเลือดและน้ำภายนอกต่างกัน มีค่า Osmoregulation capacity (OC) 197.20±53.70 mOsm/kg บ่งบอกว่ากุ้งยังมีความสามารถในการรักษาสมดุลเกลือแร่โดยจากการทำงานทางกลไกสรีรวิทยา Na^{+}/K^{+}-ATPase ที่ช่วยในการดึงแร่ธาตุจากน้ำเข้าสู่ร่างกายตลอดเวลา นอกจากนี้อัตราส่วนของแร่ธาตุยังช่วยสนับสนุนผลอัตรารอดและการเติบโตของชุดทดลองที่ 2 ที่มีอัตราส่วนของแร่ธาตุ Ca:Mg:K (1:3.8:1.7) ตามลำดับ ซึ่งแร่ธาตุเหล่านี้เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำที่มีส่วนช่วยในการสนับสนุนการทำงานของ Na^{+}/K^{+}-ATPase และช่องทางรับส่งแร่ธาตุของกุ้ง (Ion channels/transporters) หากเกิดการไม่สมดุลหรืออัตราส่วนผิดเพี้ยนไป (Ionic Imbalance) กุ้งจะไม่สามารถดูดซึมหรือดึงไอออนนั้นไปใช้ในกระบวนการทางสรีรวิทยาได้ และต้องมีการเผาพลาญพลังงานเพื่อรักษาสมดุลมากขึ้น เป็นภาวะการสะสมความเครียดในการรักษาสมดุลเกลือแร่ (Osmoregulatory Stress) ขึ้นได้ (Boyd and Thunjai, 2003; Roy et al., 2007; Zhu et al., 2006) กรณีของชุดควบคุมในน้ำทะเล 5 ppt ที่มีความเข้มข้นของแร่ธาตุในน้ำสูงกว่าชุดทดลองที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อสิ้นสุดการทดลองกลับมีอัตรารอดเป็นศูนย์ หากพิจารณาจากกราฟการเปลี่ยนแปลงของอัตรารอดกุ้งขาว (ภาพที่ 2) ในชุดควบคุมอัตรารอดของกุ้งลดลงเป็นศูนย์ในช่วงวันที่ 42 ซึ่งเป็นช่วงท้ายของการทดลอง และเมื่อคำนวณการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยในระยะเวลา 42 วัน มีค่าร้อยละ 2.29± 0.16 ต่อวัน มีค่า OC เฉลี่ย 187.37±43.88 mOsm/kg แสดงให้เห็นว่ากุ้งขาวยังมีความสามารถในการรักษาสมดุลเกลือแร่ในช่วงแรกของการทดลอง มีการดึงแร่ธาตุจากน้ำเข้าสู่ร่างกายเพื่อใช้ในการรักษาสมดุลและใช้ในกระบวนการทางสรีรวิทยาอย่างต่อเนื่อง การดึงแร่ธาตุในระบบไปใช้แต่ไม่มีการเติมแร่ธาตุชดเชยในระบบปิด การลดลงของความเข้มข้นแร่ธาตุ (Ion Depletion) อย่าง Ca^{2+}, Mg^{2+} และ K^{+} จะส่งผลให้กุ้งต้องปรับเปลี่ยนการจัดสรรพลังงาน โดยนำพลังงานไปใช้ในการรักษาสมดุลเกลือแร่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้

อัตราการเจริญเติบโตลดลง (Zhu et al., 2006) และเมื่อระดับแร่ธาตุลดต่ำกว่าขีดจำกัดทางสรีรวิทยา จะนำไปสู่ความล้มเหลวในการลอกคราบและการตายในที่สุด เนื่องจากความผิดปกติของระบบขนส่งไอออนที่เหงือก (Boyd and Thunjai, 2003; Roy et al., 2007)

ชุดการทดลองน้ำจืดที่ไม่มีการเสริมแร่ธาตุ ชุดทดลองที่ 1 พบว่าปริมาณความเข้มข้นของแร่ธาตุภายในเลือดและน้ำ มีค่าต่ำกว่าชุดการทดลองน้ำจืดที่มีการเสริมแร่ธาตุและชุดควบคุม โดยชุดทดลองที่ 1 กุ้งมีอัตรารอดลดลงครึ่งหนึ่งภายในระยะเวลา 14 วัน ของการทดลอง เมื่อพิจารณาระดับความเข้มข้นของ K^+ ในน้ำเฉลี่ย 31.97±7.65 mg/L งานวิจัยพบว่าระดับดังกล่าวอาจไม่เพียงพอต่อการดำรงชีพ (Davis and Boyd, 2002) โดย Roy et al. (2007) รายงานว่าระดับโพแทสเซียมที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานส่งผลกระทบโดยตรงต่ออัตรารอด เนื่องจากโพแทสเซียมเป็นไอออนวิกฤตสำหรับการทำงานของเอนไซม์ Na^+/K^+-ATPase และระบบประสาทควบคุมหัวใจ (Pequeux, 1995) ดังนั้น ในทางปฏิบัติจึงแนะนำให้รักษาระดับโพแทสเซียมขั้นต่ำไว้ที่ประมาณ 50 mg/L เพื่อป้องกันภาวะหัวใจล้มเหลวและกล้ามเนื้ออ่อนแรงในกุ้ง สำหรับอัตราส่วนแร่ธาตุของน้ำเมื่อสิ้นสุดการทดลองเป็น 1:0.8:0.9 ชุดทดลองที่ 1 จึงมีความเข้มข้นของแร่ธาตุต่ำกว่าความต้องการของกุ้ง มีอัตราส่วนแร่ธาตุไม่สมดุล นำไปสู่ภาวะที่กุ้งช็อคและเกิดการล้มเหลวฉับพลันของระบบรักษาสมดุลเกลือแร่ (Osmotic Shock) มีอัตรารอดต่ำและไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งขาวในน้ำจืด ในขณะที่ชุดทดลองที่ 3 เลี้ยงกุ้งในน้ำจืดเสริมแร่ธาตุระดับสูง มีความเข้มข้นของแร่ธาตุ Ca^{2+}, Mg^{2+} และ K^+ ในน้ำสูงกว่าชุดอื่นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเริ่มต้นการทดลองพบว่ากุ้งมีอัตรารอดลดลงต่ำกว่าครึ่งนึงภายในระยะเวลา 14 วัน อัตรารอดตายที่ต่ำของกุ้งไม่ได้เกิดจากปริมาณแร่ธาตุของน้ำไม่เพียงพอหรือความไม่สมดุลของแร่ธาตุ แต่เกิดจากภาวะความเครียดสะสมในการรักษาสมดุลเกลือแร่ จากการค่อย ๆ ปรับสภาพกุ้งเพื่อเข้าสู่ชุดการทดลอง ที่กุ้งต้องใช้พลังงานส่วนมากในการปรับเปลี่ยนโครงสร้างและการทำงานของเอนไซม์ Na^+/K^+-ATPase ที่เหงือกเพื่อเพิ่มการทำงานของกลไกปั๊มไอออนเข้า การใช้พลังงานที่สูงเกินขีดจำกัดในการพยายามปรับตัวเมื่ออยู่ในสภาวะที่น้ำมีความเข้มข้นของแร่ธาตุแตกต่างจากภายในร่างกายนี้ ส่งผลให้กุ้งเกิดภาวะอ่อนเพลียและตายในที่สุด (Zhu et al. 2006)

สรุปผล

การศึกษาพบว่าปัจจัยความเข้มข้นและอัตราส่วนของแร่ธาตุของน้ำส่งผลโดยตรงต่ออัตรารอดและการเจริญเติบโตของกุ้งขาว โดยชุดการทดลองที่ 2 (น้ำจืดเสริมแร่ธาตุระดับต่ำ) มีอัตรารอดและอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด เนื่องจากเป็นสภาวะที่กุ้งสามารถดึงแร่ธาตุเข้าสู่ร่างกายได้อย่างมีประสิทธิภาพ กล่าวได้ว่าการเลี้ยงกุ้งขาวด้วยน้ำจืดเสริมแร่ธาตุ Ca^{2+}, Mg^{2+} และ K^+ ในระบบน้ำหมุนเวียนแบบปิดจะประสบความสำเร็จได้นั้น ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของกลไกทางสรีระเคมีในการรักษาความสมดุลระหว่างสภาพแวดล้อมและร่างกาย มีหัวใจสำคัญคือ

การควบคุมความเข้มข้นและอัตราส่วนแร่ธาตุที่สมดุล ผ่านการตรวจวัดคุณภาพน้ำอย่างสม่ำเสมอและการเติมแร่ธาตุด้วยความถี่ที่เหมาะสม เพื่อป้องกันการลดลงของไอออนที่จำเป็นในระหว่างการเลี้ยง ช่วยให้กุ้งสามารถรักษาค่าออสโมลาลิตี้ ในเลือดและความเข้มข้นของแร่ธาตุภายในร่างกายให้คงที่ ส่งผลให้กุ้งมีความสามารถในการควบคุมสมดุลเกลือแร่ที่มีประสิทธิภาพ แม้จะต้องอาศัยอยู่ในสภาวะน้ำจืดเป็นระยะเวลานาน การที่กุ้งไม่ต้องเผชิญกับสภาวะเครียดจากการขาดแร่ธาตุ ทำให้ร่างกายสามารถจัดสรรพลังงานไปใช้ในการเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่ ข้อมูลเชิงสรีรวิทยาเหล่านี้จึงเป็นเครื่องยืนยันว่าการบริหารจัดการแร่ธาตุอย่างเป็นระบบ เป็นข้อมูลแนวทางการปรับใช้ในการเลี้ยงกุ้งขาวในน้ำจืดด้วยระบบน้ำหมุนเวียน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช และศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

บุญรัตน์ ประทุมชาติ และ สว่างพงษ์ สมมาตร. 2553. ผลของความเค็มต่อกระบวนการสะสมแร่ธาตุของกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) วัยรุ่น. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 48: 73–82.

Atwood, H., Young, S., Tomasso, J., and Browdy, C. 2003. Survival and growth of Pacific white shrimp vannamei postlarvae in low-salinity and mixed-salt environments. Journal of the World Aquaculture Society. 34: 518–523.

Boyd, C.E., and Tucker, C.S. 1998. Pond Aquaculture Water Quality Management. Kluwer Academic Publishers. Massachusetts, USA.

Boyd, C.E., and Thunjai, T. 2003. Concentrations of major ions in waters of inland shrimp farms in China, Ecuador, Thailand, and the USA. Aquaculture. 227(1–4): 379–388.

Boyd, C.E. 2020. Water Quality: An Introduction. Springer Nature. Switzerland.

Burut-Archanai, S., Ubertino, D., Chumtong, P., Mhuantong, W., Powtongsook, S., and Piyapattanakorn, S. 2021. Dynamics of Microbial Community During Nitrification Biofilter Acclimation with Low and High Ammonia. Marine Biotechnology. 23: 671–681.

Cheng, K.M., Hu, C.Q., Liu, Y.N., Zheng, S.X., and Qi, X.J. 2006. Dietary magnesium requirement and physiological responses of marine shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in low salinity. Aquaculture Nutrition. 11(5): 385–393.

Davis D.A., Lawrence, A.L., and Gatlin, D.M. 1992. Mineral Requirements of *Penaeus vannamei*: A Preliminary Examination of the Dietary Essentiality for Thirteen Minerals. Journal of the World Aquaculture Society. 23: 8–14.

Davis, D.A., and Boyd, C.E. 2002. Mineral supplements in inland shrimp culture. Global Aquaculture Advocate. 5: 56–57.

Davis, D.A., and Koshio, S. 2024. Mineral Requirements of Shrimp and Prawns. The shrimp Book. UK.

De Oliveira, V.Q., Pimentel, O.A.L.F., Oliveira C.R.R., Santos, E.P., Pereira, A.M.L., Galvez, A.O., and Brito, L.O. 2022. Effect of ionic adjustment frequency in low-salinity water on zootechnical performance, water quality and mineral composition of *Litopenaeus vannamei* in a synbiotic nursery system. Aquaculture. 561: 738632.

Flaherty, M., Szuster, B., and Miller, P. 2000. Low salinity inland shrimp farming in Thailand. Ambio. 29(3): 174–179.

Greenaway, P. 1985. Calcium balance and moulting in the Crustacea. Biological Reviews. 60(3): 425–454.

Laokiatsophon, P., Limsuwan, C., Teparhudee, W., and Chuchird, N. 2006. Study on the species composition and abundance of plankton, water quality and stomach contents of pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) reared in low salinity conditions. Kasetsart University Fisheries Research Bulletin (Thailand). 29: 14–22.

Li, E., Wang, X., Chen, K., Xu, C., Qin, J.G., and Chen, L. 2017. Physiological change and nutritional requirement of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* at low salinity. Aquaculture. 9: 57–75.

Lignot, J.H., Spanings-Pierrot, C., and Charmantier, G. 2000. Osmoregulatory capacity as a tool in monitoring the physiological condition and the effect of stress in crustaceans. Aquaculture. 191(1–3): 209–245.

Mantel, L.H., and Farmer, L.L. 1983. Osmotic and ionic regulation. In The Biology of Crustacea. 5: 53–161.

Millero, F.J., and Leung, W.H. 1976. The thermodynamics of seawater at one atmosphere. American Journal of Science. 276(9): 1035–1077.

Pequeux, A. 1995. Osmotic and ionic regulation in processed crustaceans. Journal of Crustacean Biology. 15(1): 1–60.

Robertson, J.D. 1953. Further studies on ionic regulation in marine invertebrates. Journal of Experimental Biology. 30(2): 277–296.

Roy, L.A., Davis, D.A., Saoud, I.P., and Boyd, C.E. 2007. Effects of varying levels of aqueous potassium and magnesium on survival, growth, and respiration of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in low salinity waters. Aquaculture. 262(2-4): 461–469.

Roy, L.A., Davis, D.A., Saoud, I.P., and Henry, R.P. 2007. Branchial ionic regulation and specific ion requirements of *Litopenaeus vannamei* reared in low-salinity waters. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 352(1): 37–44.

Saoud, I.P., Davis, D.A., and Rouse, D.B. 2003. Suitability studies of inland well waters for aquaculture of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture. 217(1-4): 373–383.

Satanwat, P., Tran, T.P., Hirakata, Y., Watari, T., Hatamoto, M., Yamaguchi, T., Pungrasmi, W., and Powtongsook, S. 2020. Use of an internal fibrous biofilter for intermittent nitrification and denitrification treatments in a zero-discharge shrimp culture tank. Aqua Engineering. 88: 102041.

Suwoyo, H.S., and Hendrajat E.A. 2021. High density aquaculture of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in controlled tank. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 777: 012022.

Zhu, C., Dong, S., Wang, F., and Huang, G. 2006. Effects of Na/K ratio in seawater on growth and energy budget of juvenile *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture. 261(3): 991–997.

เปรียบเทียบสภาพปลูกต่อการเจริญเติบโตของปทุมมา 3 พันธุ์

Comparison of Growing Conditions on Growths of 3 Siam tulip Cultivars

อำพล สอนสระเกษ[1] ทัยธวดี เนตรแสงสี[2] พีรพันธ์ ทองเปลว[2] และอรณิช คำยง[2]*

Ampol Sornsaket[1] , Thaithawadi Netsaengsi [2], Pheeraphan Thongplew and Oranid Kumyong[2*]

[1] สาขาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

[2] สาขาพืชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

[1] Division of Horticulture, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, San Sai, Chiang Mai 50290

[2] Department of Plant Science, Faculty of Sciences and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Phitsanulok, Muang, Phitsanulok 65000

*Corresponding author E-mail: Oranid@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบสภาพปลูกต่อการเจริญเติบโตของปทุมมา 3 พันธุ์ ดำเนินการทดลองที่สาขาวิชาพืชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี-ราชมงคลล้านนา พิษณุโลก ระหว่างเดือนเมษายน ถึง เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2568 วางแผนการทดลองแบบ 2x3 แฟกทอเรียลแบบสุ่มสมบูรณ์ (2x5 Factorial in Completely Randomized Design) โดยมีปัจจัย A ได้แก่ ปลูกในสภาพโรงเรือน และปลูกในสภาพกลางแจ้ง ปัจจัย B คือ ปทุมมา 3 พันธุ์ได้แก่ เชียงใหม่พิงค์, ลานนาสโนว์ และเชียงราย 2 ผลการทดลอง พบว่า การปลูกทั้งสองสภาพมีผลในด้านความสูงของต้น ความยาวช่อดอก ขนาดดอก และขนาดกลีบประดับ โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ด้านสายพันธุ์ พบว่า จำนวนหน่อ จำนวนใบ ความสูงต้น ความยาวช่อดอก จำนวนดอก ขนาดดอก ขนาดกลีบประดับ มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ร่วมของทั้งสองปัจจัย พบว่า ปทุมมาพันธุ์เชียงราย 2 มีการเจริญเติบโตดีด้านจำนวนหน่อ จำนวนใบ จำนวนดอกเฉลี่ย 6.42 หน่อ, 19.26 ใบ และ 5.00-5.50 ดอก ทั้งที่ปลูกในสภาพโรงเรือนและสภาพกลางแจ้ง นอกจากนี้ยังพบว่า ปทุมมาพันธุ์เชียงใหม่พิงค์ที่ปลูกในสภาพโรงเรือนมีความสูงต้น ความยาวช่อดอก ขนาดความยาวของดอก และขนาดความกว้างและความยาวกลีบประดับเฉลี่ย 72.92 เซนติเมตร, 18.82, 5.83 และ 4.43 มิลลิเมตร ตามลำดับ ขณะที่ค่าความเขียวของใบไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติทั้งสองสภาพการปลูกและทุกสายพันธุ์

คำสำคัญ: สภาพปลูก, โรงเรือน, ปทุมมา, การเจริญเติบโต

Abstract

This study aimed to evaluate the effects of planting conditions on the growth performance of 3 Siam Tulip cultivars. The experimental was conducted at the Department of Plant Science, Faculty of Sciences and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Phitsanulok, during April to July 2025, A 2x3 factorial experiment was arranged in a Completely Randomized Design. Factor A: consisted of two planting conditions: greenhouse and open-field cultivation. Factor B: consisted of three Siam Tulip cultivars: Chiang Mai Pink, Lanna Snowy, and Chiang Rai 2. The results indicated that planting conditions significantly influenced plant height, peduncle length, flower diameter and ray floret dimeter. Significant differences among cultivars were observed for the number of shoots, number of leaves, plant height, peduncle length, number of flowers, flower dimeter, and ray floret diameter ($P<0.01$). The interaction effects between planting conditions and cultivations revealed that the Chiang Rai 2 cultivar exhibited superior vegetative and reproductive growth, with mean values of 6.42 shoots, 19.26 leaves, and 5.00-5.50 flowers per plant under greenhouse and open-field conditions

Furthermore, the Chiang Mai Pink cultivar grown under greenhouse conditions recorded the highest mean values for plant height, peduncle length, flower length, flower width, and ray floret length, with values of 72.92, 18.82, 5.83 and 4.43 centimeters respectively. In contrast leaf greenness was not significantly affected by planting conditions or cultivar differences.

Keywords : Planting conditions, Greenhouse cultivation, Siam Tulip, Growth

บทนำ

ปทุมมา *(Curcuma* spp.*)* เป็นพืชวงศ์ Zingiberaceae จัดเป็นไม้หัวที่มีการสะสมอาหารอยู่ใต้ดินแบบไรโซม (Rhizomes) เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและมีถิ่นกำเนิดแถบอินโดจีน (Hagiladi *et al*., 1997a) สำหรับการเจริญเติบโตของปทุมมามีการเจริญเติบโตทางลำต้นในช่วงฤดูฝน และเริ่มพักตัวในช่วงฤดูหนาว (อรวรรณ, 2548) ปัจจุบันปทุมมาเป็นพืชที่มีศักยภาพในเชิงพาณิชย์ใช้เป็นไม้ตัดดอกและไม้กระถาง ในปี 2547 มีการส่งออกดอกปทุมมารวมมูลค่า 400,000 บาท นอกจากนี้ยังมีการส่งออกหัวพันธุ์มูลค่า 25 ล้านบาท (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2548) และ ในปี พ.ศ. 2565 มีการส่งออกปทุมมาตัดดอกมูลค่า1.3 ล้านบาท และหัวพันธุ์เพื่อผลิตเป็นไม้ตัดดอก

และไม้กระถางมูลค่า 15.7ล้านบาท (Department of Agriculture, 2023) จากข้อมูลดังกล่าวปทุมมาเป็นพืชที่มีศักยภาพและเป็นที่ต้องการของตลาด สำหรับปทุมมาพันธุ์ที่ได้ความนิยมเป็นไม้ตัดดอกในปัจจุบัน ได้แก่ พันธุ์เชียงใหม่พิ้งค์ มีความสูงลำต้นอยู่ระหว่าง 40 – 45 เซนติเมตร การแตกกอ 10 – 15 หน่อต่อกอ ช่อดอกยาวประมาณ 60 – 70 เซนติเมตร และจำนวนดอกอยู่ระหว่าง 5-8 ดอกต่อกอ พันธุ์สโนว์ไวท์ มีลำต้นสูงประมาณ 40 – 50 เซนติเมตร จำนวนการแตกกอ 9 – 12 หน่อต่อ ก้านช่อดอกยาว 50 – 60 เซนติเมตร มีจำนวนดอกต่อกออยู่ระหว่าง 5 – 6 ดอกต่อกอ (สุรวิช, 2539) และพันธุ์เชียงราย 2 มีลักษณะประจำพันธุ์ คือความสูงลำต้นอยู่ระหว่าง 48 - 60 เซนติเมตร จำนวนช่อดอก 6 – 8 ดอกต่อกอ อายุปลูกถึงออกดอก 60-71 วัน ผลผลิตต่อหัวพันธุ์ 5-9 หัวต่อกอ (พันธุ์ต้นไม้, ม.ป.ป.) วงจรการเจริญเติบโตของปทุมมาแบ่งออกเป็น 5 ระยะ คือ ระยะเริ่มงอก ระยะการเจริญทางด้านลำต้น ระยะการออกดอก ระยะสร้างหัว และระยะพักตัว (dormancy) จะเห็นได้ว่าปทุมมาแต่ละพันธุ์มีลักษณะเด่นที่ต่างกันขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้บริโภค การเจริญเติบโตของพืชมีปัจจัยทั้งปัจจัยภายในพืชที่สำคัญได้แก่ อายุใบ และปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ เป็นต้น สำหรับปัจจัย ภายนอก ได้แก่ ความเข้มแสง อุณหภูมิ และความชื้น เป็นต้น (พูนพิภพ, 2549) ปัจจุบันมีการระบบการปลูกพืชมีการพัฒนามากยิ่งขึ้นทั้งการปลูกพืชในสภาพโรงเรือนและสภาพกลางแจ้งซึ่งแต่ละพื้นที่มีสภาพอากาศที่แตกต่างกัน เกิดสภาวะโลกเดือด (Global Boiling) เป็นสภาพภูมิอากาศที่รุนแรงเกิดจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกอย่างรวดเร็ว เนื่องจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทำให้เกินสมดุลธรรมชาติ สูญเสียระบบนิเวศและความหลากหลายทางชีวภาพ (Paustian *et al*., 2019) ส่งผลกระทบต่อการผลิตไม้ตัดดอกหรือไม้กระถางบางชนิด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบสภาพการปลูกต่อการเจริญเติบโตของปทุมมา 3 พันธุ์ เพื่อนำไปใช้ในการต่อยอดเชิงพาณิชย์ได้ในอนาคตต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

1.การรวบรวมพันธุ์และคัดเลือกหัวพันธุ์ปทุมมา

การรวบรวมพันธุ์ปทุมมาจากแหล่งปลูกปทุมมาในจังหวัดเชียงใหม่ และคัดเลือกหัวพันธุ์ปทุมมาทั้ง 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์เชียงใหม่พิงค์ สโนว์ไวท์ และเชียงราย 2 ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์ของหัวพันธุ์ประมาณ 2 เซนติเมตร จากนั้นนำไปแช่น้ำที่เติมไตรโครเดอร์มาเพื่อป้องกันการเกิดโรคโคนเน่าระหว่างการปลูกประมาณ 30 นาทีและนำไปผึ่งให้แห้งในโรงเรือน 2 วัน

2.การเตรียมวัสดุปลูกปทุมมา

การเตรียมวัสดุปลูกได้แก่ กาบมะพร้าวสับและทราย ทำการแช่กาบมะพร้าวสับเป็นระยะเวลา 12-24 ชั่วโมง เพื่อล้างสารแทนนินออกซึ่งสารแทนนินมีสภาวะเป็นสารสีน้ำตาลที่มีฤทธิ์เป็นกรด เมื่อละลายน้ำจะทำให้พืชขาดแคลเซียม และเกิดอาการใบไหม้ส่งผลให้พืชที่ปลูกอาจเกิดความเสียหายได้จึงควรล้างน้ำให้สะอาดก่อนใช้

เพื่อช่วยให้ปริมาณสารแทนนินลดลง จากนั้นนำวัสดุปลูกมาผสมให้เข้ากัน อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร จากนั้นนำหัวพันธุ์ปทุมมาปลูกในวัสดุปลูกในกระถางขนาด 10 นิ้ว ทำการปลูกปทุมมาตามแต่ละกรรมวิธี รดน้ำให้ชุ่ม เช้า-เย็น

3.การศึกษาเปรียบเทียบสภาพปลูกต่อการเจริญเติบโตของปทุมมา 3 พันธุ์

เปรียบเทียบสภาพปลูกต่อการเจริญเติบโตของปทุมมา 3 พันธุ์ โดยวางแผนการทดลองแบบ 2x3 แฟกทอเรียลในแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (2x5 Factorial in CRD) โดยปัจจัย A คือ สภาพปลูก ได้แก่ ปลูกได้แก่ สภาพโรงเรือน และสภาพกลางแจ้ง ปัจจัย B คือ ปทุมมา 3 พันธุ์ได้แก่ เชียงใหม่พิงค์, สโนว์ไวท์ และเชียงราย 2 มีทั้งหมด 6 กรรมวิธี ๆ ละ 20 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 สภาพโรงเรือนร่วมกับปทุมมาพันธุ์เชียงใหม่พิงค์

กรรมวิธีที่ 2 สภาพโรงเรือนร่วมกับปทุมมาพันธุ์สโนว์ไวท์

กรรมวิธีที่ 3 สภาพโรงเรือนร่วมกับปทุมมาพันธุ์เชียงราย 2

กรรมวิธีที่ 4 สภาพกลางแจ้งร่วมกับปทุมมาพันธุ์เชียงใหม่พิงค์

กรรมวิธีที่ 5 สภาพกลางแจ้งร่วมกับปทุมมาพันธุ์สโนว์ไวท์

กรรมวิธีที่ 6 สภาพกลางแจ้งร่วมกับปทุมมาพันธุ์เชียงราย 2

บันทึกข้อมูลทุก ๆ 7 วัน โดยวัดการเจริญเติบโตส่วนเหนือดินของปทุมมา ได้แก่ จำนวนหน่อต่อต้นที่เกิดใหม่ จำนวนใบใหม่ต่อต้น ความสูงต้น โดยวัดความสูงโคนต้นถึงปลายยอด (เซนติเมตร) วัดค่าความเขียวใบด้วยเครื่องวัดคลอโรฟิลล์ในใบพืช (Chlorophyll Meter) รุ่น SPAD – 502 Plus และคุณภาพดอก ได้แก่ ความยาวช่อดอก (เซนติเมตร) ขนาดความกว้างxยาวของดอกและกลีบประดับโดยใช้เวอร์เนียคาลิปเปอร์ (มิลลิเมตร) และจำนวนดอก จากนั้นนำไปหาค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตของปทุมมาแต่ละกรรมวิธี

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการรวบรวมข้อมูลการเจริญเติบโตส่วนเหนือดินของปทุมมา และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการ Duncan’s new multiple rang test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการวิจัย

จากการศึกษาสภาพปลูกต่อการเจริญเติบโตของปทุมมา 3 พันธุ์ เป็นระยะเวลา 161 วันหลังย้ายปลูกปทุมมามีการเจริญเติบโต ดังนี้

จำนวนหน่อ

ปัจจัยของสภาพปลูกต่อการเจริญเติบโตด้านจำนวนหน่อไม่พบความแตกต่างทางสถิติ แต่ปัจจัยของพันธุ์พบความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) ด้านจำนวนหน่อ เมื่อพิจารณปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่าง

ปัจจัยของสภาพปลูกและพันธุ์ พบว่า ปทุมมาพันธุ์สโนว์ไวท์และเชียงราย 2 ที่ปลูกในสภาพกลางแจ้งมีจำนวนหน่อเฉลี่ยที่เกิดใหม่มากที่สุด 6.42-7.25 หน่อ ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (*P<0.01*) กับปทุมมาพันธุ์เชียงใหม่พิงค์ที่ปลูกทั้งสภาพโรงเรือนและกลางแจ้งที่มีจำนวนหน่อเฉลี่ยน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ เพียง 4.50 หน่อ (ตารางที่ 1, ภาพที่ 1)

จำนวนใบ

ปัจจัยของสภาพปลูกต่อการเจริญเติบโตด้านจำนวนใบไม่พบความแตกต่างทางสถิติ แต่ปัจจัยของพันธุ์พบความแตกต่างทางสถิติด้านจำนวนใบ เมื่อพิจารณปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างปัจจัยของสภาพปลูกและพันธุ์ พบว่า ปทุมมาพันธุ์เชียงราย 2 ที่ปลูกในสภาพกลางแจ้งมีจำนวนใบใหม่เฉลี่ยมากที่สุด 19.26 ใบ รองลงมาคือ สโนว์ไวท์ที่และเชียงราย 2 ปลูกทั้งสภาพโรงเรือนมีจำนวนเฉลี่ย 15.28 และ 15.27 ใบ ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติกับปทุมมาพันธุ์เชียงใหม่พิงค์ที่ปลูกทั้งสภาพโรงเรือนและกลางแจ้งที่มีจำนวนใบเฉลี่ย 13.00-13.40 ใบ (ตารางที่ 1, ภาพที่ 1)

ความสูงต้น

ปัจจัยของสภาพปลูกและพันธุ์ต่อการเจริญเติบโตด้านความสูงต้นพบความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (*P<0.01*) เมื่อพิจารณปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างปัจจัยของสภาพปลูกและพันธุ์ พบว่า ปทุมมาพันธุ์เชียงใหม่พิงค์ที่ปลูกในสภาพโรงเรือนมีการความสูงต้นเฉลี่ยสูง 72.92 เซนติเมตร รองลงมาคือ เชียงราย 2 ที่ปลูกในสภาพโรงเรือนมีความสูงต้นเฉลี่ย 56.95 เซนติเมตร ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติกับปทุมมาพันธุ์สโนว์ไวท์ที่ปลูกในสภาพกลางแจ้งที่มีความสูงต้นเฉลี่ยเพียง 38.25 เซนติเมตร (ตารางที่ 1, ภาพที่ 1)

ความเขียวใบ (SPAD)

การวัดค่าความเขียวใบของปทุมมา พบว่า ปัจจัยของสภาพปลูกและพันธุ์ปทุมมาไม่พบความแตกต่างทางสถิติ เมื่อพิจารณาปัจจัยร่วมระหว่างปัจจัยของสภาพปลูกและพันธุ์ พบว่า ทุกกรมวิธีไม่พบความแตกต่างทางสถิติด้านความเขียวใบโดยมีค่าเฉลี่ยความเขียวใบอยู่ในช่วง 64.85-69.74 SPAD Unit (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 การเจริญเติบโตด้านจำนวนหน่อใหม่ของปทุมมา 3 พันธุ์ ร่วมกับสภาพปลูกที่แตกต่างกันที่อายุ 161 วันหลังย้ายปลูก

สภาพปลูก	พันธุ์	จำนวนหน่อ (หน่อ)	จำนวนใบ (ใบ)	ความสูงต้น (เซนติเมตร)	ความเขียวใบ (SPAD Unit)
โรงเรือน	เชียงใหม่พิงค์	4.85c	13.00c	72.92a	64.75
	สโนว์ไวท์	5.58b	15.28b	47.58c	69.74
	เชียงราย 2	5.57b	15.27b	56.95b	67.50
กลางแจ้ง	เชียงใหม่พิงค์	4.50c	13.40c	47.87c	66.50
	สโนว์ไวท์	7.25a	13.00c	38.25d	69.50
	เชียงราย 2	6.42a	19.26a	41.35c	64.85
สภาพปลูก (A)		ns	ns	**	ns
พันธุ์ (B)		**	**	**	ns
A x B		**	*	**	ns
C.V.%		33.28	33.52	11.25	7.82

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย, ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT), ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ, * = มีความแตกต่างทางสถิติและ **= มีความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง

สำหรับการเจริญเติบโตด้านคุณภาพดอกของปทุมมา 3 พันธุ์ ร่วมกับการปลูกในสภาพปลูกที่แตกต่างกันที่อายุตั้ง 49 - 161 วัน มีดังนี้

ความยาวช่อดอก

ปัจจัยของสภาพปลูกและพันธุ์ต่อการเจริญเติบโตด้านความยาวช่อดอกพบความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (*P<0.01*) เมื่อพิจารณปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างปัจจัยของสภาพปลูกและพันธุ์ พบว่า ปทุมมาพันธุ์เชียงใหม่พิงค์ที่ปลูกในสภาพโรงเรือนมีการความยาวช่อดอกเฉลี่ยสูง 65.90 เซนติเมตร รองลงมาคือ เชียงใหม่พิงค์ที่ปลูกในสภาพกลางแจ้งมีความยางช่อดอกเฉลี่ย 52.82 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่นที่มีความยาวช่อดอกเฉลี่ย 21.04-39.48 เซนติเมตร (ตารางที่ 2, ภาพที่ 1)

จำนวนดอก

ปัจจัยของสภาพปลูกไม่พบความแตกต่างทางสถิติด้านจำนวนดอก สำหรับปัจจัยของพันธุ์พบความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (*P<0.01*) เมื่อพิจารณปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างปัจจัยของสภาพปลูกและพันธุ์

พบว่า ปทุมมาพันธุ์เชียงราย 2 ที่ปลูกทั้งสภาพโรงเรือนและกลางแจ้งมีจำนวนดอกเฉลี่ยสูง 5.00-5.00 ดอก เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่นที่มีจำนวนดอกเฉลี่ย 2.00-3.00 ดอก (ตารางที่ 2, ภาพที่ 1)

ขนาดดอก

ปัจจัยของสภาพปลูกและพันธุ์ต่อการเจริญเติบโตด้านขนาดดอก พบความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (*P<0.01*) เมื่อพิจารณปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างปัจจัยของสภาพปลูกและพันธุ์ พบว่า ปทุมมาพันธุ์สโนว์ไวท์ที่ปลูกสภาพโรงเรือนมีขนาดความกว้างและความยาวของดอกเฉลี่ย 10.93 และ 18.69 มิลลิเมตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์เชียงราย 2 ที่ปลูกในสภาพโรงเรือนและกลางแจ้งที่มีขนาดความกว้างและความยาวของดอกเฉลี่ย 6.07-10.65 มิลลิเมตร (ตารางที่ 2, ภาพที่ 1)

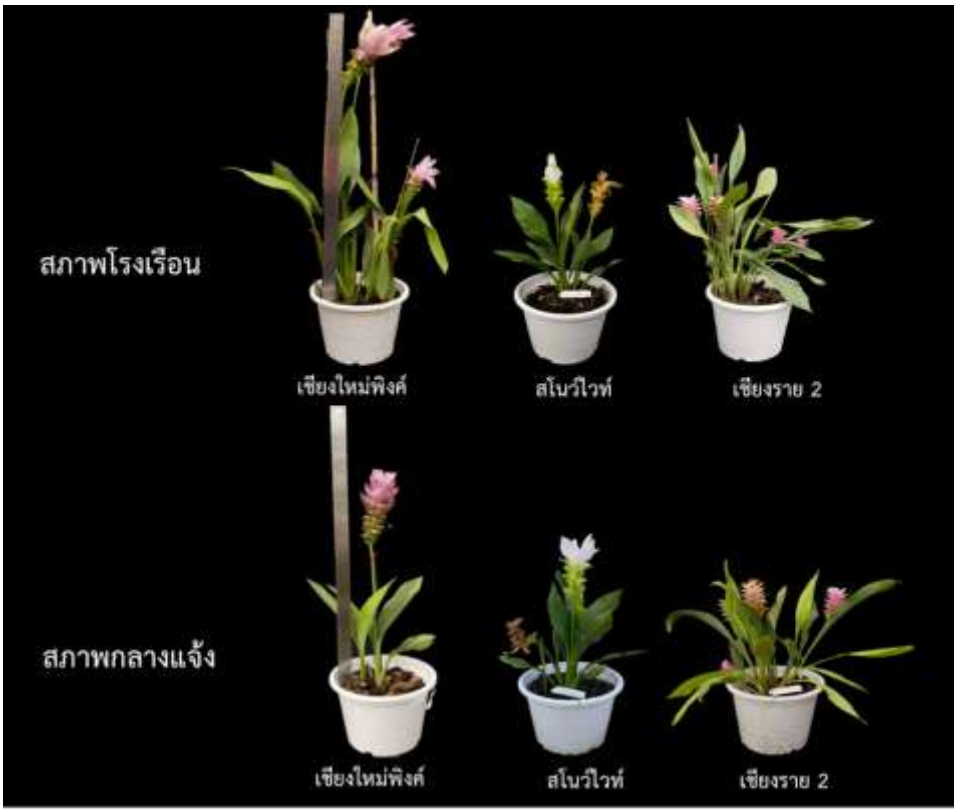
ขนาดกลีบประดับ

ปัจจัยของสภาพปลูกและพันธุ์ต่อการเจริญเติบโตด้านขนาดกลีบประดับพบความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (*P<0.01*) เมื่อพิจารณปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างปัจจัยของสภาพปลูกและพันธุ์ พบว่า ปทุมมาพันธุ์เชียงใหม่พิงค์ที่ปลูกในสภาพโรงเรือนและกลางแจ้งและปทุมมาพันธุ์สโนว์ไวท์ที่ปลูกสภาพโรงเรือนมีขนาดความกว้างของกลีบประดับเฉลี่ยสูง 5.83-6.31 มิลลิเมตร นอกจากนี้ยังพบว่า ปทุมมาพันธุ์เชียงใหม่พิงค์ที่ปลูกในสภาพโรงเรือนและกลางแจ้งมีขนาดควายาวกลับประดับเฉลี่ยสูง 4.17-4.34 มิลลิเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่น ๆ (ตารางที่ 2, ภาพที่ 1)

ตารางที่ 2 การเจริญเติบโตด้านคุณภาพดอกปทุมมาร่วมกับสภาพปลูกแตกต่างกันที่อายุตั้งแต่ 49-161 วันหลังย้ายปลูก

สภาพปลูก	พันธุ์	ความยาวช่อดอก (เซนติเมตร)	จำนวนดอก (ดอก)	ขนาดดอก (มิลลิเมตร)		ขนาดกลีบประดับ (มิลลิเมตร)	
				ความกว้าง	ความยาว	ความกว้าง	ความยาว
โรงเรือน	เชียงใหม่พิงค์	65.90a	3.00b	7.78c	18.82a	5.83a	4.43a
	สโนว์ไวท์	39.48c	2.71b	10.93a	18.69a	6.31a	3.74b
	เชียงราย 2	30.22c	5.00a	6.12d	10.65c	2.67d	1.81c
กลางแจ้ง	เชียงใหม่พิงค์	52.82b	2.00c	9.23b	18.52a	6.17a	4.17a
	สโนว์ไวท์	34.50c	2.85b	7.49c	15.80b	4.95b	3.46bc
	เชียงราย 2	21.04d	5.50a	6.07d	9.79c	2.53d	1.94c
สภาพปลูก (A)		**	ns	**	**	**	**
พันธุ์ (B)		**	**	**	**	**	**
A x B		**	*	**	**	**	**
C.V.%		11.79	21.69	20.37	16.94	18.88	13.33

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย, ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT), * = มีความแตกต่างทางสถิติและ **= มีความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง



ภาพที่ 1 ลักษณะการเจริญเติบโตของปทุมมา 3 พันธุ์ที่สภาพปลูกแตกต่างกันอายุ 116 วันหลังปลูก

วิจารณ์ผล

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า ปัจจัยของสภาพปลูกทั้งสองสภาพมีผลต่อการเจริญเติบโตด้านความสูงของต้น ความยาวช่อดอก ขนาดดอก และขนาดกลีบประดับ สำหรับด้านสายพันธุ์ พบว่า จำนวนหน่อ จำนวนใบ ความสูงต้น ความยาวช่อดอก จำนวนดอก ขนาดดอก ขนาดกลีบประดับ เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ร่วมของทั้งสองปัจจัย พบว่า ปทุมมาพันธุ์เชียงราย 2 มีการเจริญเติบโตดีด้านจำนวนหน่อ จำนวนใบ จำนวนดอก ทั้งที่ปลูกในสภาพโรงเรือนและสภาพกลางแจ้ง นอกจากนี้ปทุมมาพันธุ์เชียงใหม่พิงค์ที่ปลูกในสภาพโรงเรือนมีผลต่อความสูงต้น ความยาวช่อดอก ขนาดความยาวของดอก และขนาดความกว้างและความยาวกลีบประดับ เนื่องจากปทุมมาเป็นพืชเมืองร้อนต้องการแสงแดดตลอดทั้งวันทำให้ปทุมมาแต่ละพันธุ์มีการเจริญเติบโตแตกต่างกันในสภาพโรงเรือนและกลางแจ้ง ซึ่งสภาพกลางแจ้งปทุมมาบางพันธุ์แสดงอาการผิดปกติ เช่น ต้นเตี้ย เกิดการเน่าที่โคนต้น ใบไหม้หรือเหลืองซีด เนื่องจากสภาพอากาศที่ร้อนจัดส่งผลให้อุณหภูมิค่อนข้างสูง เกิดสภาวะเครียดจากอุณหภูมิสูง (temperature stress) ซึ่งการอุณหภูมิที่สูงเกินไปจะไปยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชก่อนการหายใจเมื่อได้รับความร้อนอยู่ตลอดเวลาในสภาพกลางแจ้งส่งผลทำให้การหายใจสูงขึ้น และเกิดความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมส่งผลให้เกิดฝนตก ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพดอกของปทุมมา (นวรัตน์, 2558)

อย่างไรก็ตามการที่พืชได้รับแสงที่มีความเข้มแสงมาก ๆ เป็นระยะเวลานานเกินไปรวมทั้งอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นในช่วงบ่ายทำให้พืชเกิดการปิดของปากใบเพื่อลดการคายน้ำซึ่งมีผลต่อการแพร่ของก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านปากใบทำให้พืชสังเคราะห์แสงได้น้อยลงเพราะขาดคาร์บอนไดออกไซด์ (สมบุญ, 2548) สอดคล้องกับ Inamullah and Isoda (2005) ซึ่งรายงานว่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของฝ้ายลดลงเมื่ออยู่ในสภาวะขาดน้ำโดยเฉพาะในช่วงบ่ายเนื่องจากอุณหภูมิที่ผิวใบเพิ่มสูงขึ้นทำให้เกิดการปิดของปากใบพืชนั้นเอง

สรุปผล

จากการทดลองเปรียบเทียบสภาพปลูกต่อการเจริญเติบโตของปทุมมา 3 พันธุ์ หลังย้ายปลูก 116 วัน การปลูกทั้งสองสภาพมีผลในด้านความสูงของต้น ความยาวช่อดอก ขนาดดอก และขนาดกลีบประดับด้านสายพันธุ์ พบว่า จำนวนหน่อ จำนวนใบ ความสูงต้น ความยาวช่อดอก จำนวนดอก ขนาดดอก ขนาดกลีบประดับ เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ร่วมของทั้งสองปัจจัย พบว่า ปทุมมาพันธุ์เชียงราย 2 มีการเจริญเติบโตดีด้านจำนวนหน่อ จำนวนใบ จำนวนดอก ทั้งที่ปลูกในสภาพโรงเรือนและสภาพกลางแจ้ง อย่างไรก็ตามปทุมมาพันธุ์เชียงใหม่พิงค์ที่ปลูกในสภาพโรงเรือนมีผลต่อความสูงต้น ความยาวช่อดอก ขนาดความยาวของดอก และขนาดความกว้างและความยาวกลีบประดับ ดังนั้นการทดลองนี้สรุปได้ว่า สามารถปลูกปทุมมาพันธุ์เชียงราย 2 กรณีผลิตเป็นไม้กระถาง และตัดดอกจำหน่าย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ดำเนินงานขอขอบคุณทุนงบประมาณเพื่อสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund; FF) จัดสรรงบประมาณจากกองทุนส่งเสริมวิจัยและนวัตกรรม ปีงบประมาณ 2568 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา บันทึกข้อตกลงเลขที่ FF2568P128

เอกสารอ้างอิง

การส่งเสริมการเกษตร. 2548. ปทุมมา. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ.

นวรัตน์ อุดมประเสริฐ. 2558. สรีรของพืชภายใต้ความเครียด. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

พันธุ์ต้นไม้. ม.ป.ป.(ก). ปทุมมา พันธุ์เชียงราย 2. (ออนไลน์). สืบค้นจาก : https://www.pantonmai.com/curcuma-chiangrai2/

พูนพิภพ เกษมทรัพย์. 2549. ชีววิทยา 2 : สมดุลของน้ำในพืชธาตุอาหารพืชการสังเคราะห์แสงนิเวศสรีรวิทยาของการสังเคราะห์แสงการหายใจและเมแทบอลิซึมของไขมันการเคลื่อนย้ายสารอาหารในพืชการเจริญเติบโตของพืช การเคลื่อนไหวของพืชและสรีรวิทยาการตอบสนองต่อปัจจัยภายนอก ออกซินควบคุมการเจริญเติบโตและพัฒนาไซโตไคนินควบคุมมการแบ่งเซลล์ จิบเบอเรลลินควบคุมความสูงของพืช เอธิลีน

ฮอร์โมนที่เป็นแก๊ส Abscissic acid สรีรวิทยาของการควบคุมการออกดอก สรีรวิทยาการตอบสนองต่อปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม. มูลนิธิสอวน., กรุงเทพฯ.

สมบุญเตชะภิญญาวัฒน์. 2548. สรีรวิทยาของพืช. ภาควิชาพฤกษศาสตร์คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุรวิช วรรณไกรโรจน์. 2539. ปทุมมาและกระเจียว. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์บ้านและสวน.

Department of Agriculture. 2023. Crop Production Situation at 2022-2023. Retrieved from:http://www.agriman.doae.go.th/home/news/2566/43siamtulip.pdf. (in Thai)

Hagiladi, A., N. Umiel, X. H. Yang and Z. Gilad. 1997a. Curcuma alismatifolia. I. Plant morphology and effect of tuberous root number on flowering date and yield of inflorescences. Acta Horticulturae. 747 - 753.

Inamullah, A. and A. Isoda. 2005. Adaptive changes in soybean and cotton to water stress I. Transpiration changes in relation to stomatal area and stomatal conductance. Plant Production Science. 8 : 16-26.

Paustian, K., Larson, E., Kent, J., Marx, E., & Swan, A. 2019. Soil C sequestration as a biological negative emission strategy. Frontiers in Climate. 1: 8.

การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษา ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการสะตีมศึกษา เรื่อง การสกัดสีจากพืชท้องถิ่น

Development of Science Process Skills and Creativity of Primary School Students through STEAM Education Learning Activities on Color Extraction from Local Plants

นางสาวสุธิมา ชูกำลัง นางสาวศุภกานต์ ชูกำลัง และ นายรงค์รบ น้อยสกุล

Sutima Chukamlang, Suphakan Chukamlang and Rongrop Noysakun

สาขาวิชาการประถมศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม 66 ถนนวังจันทน์ ตำบลในเมือง อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก 65000

Bachelor of Education Program in Elementary Education, Faculty of Education, Pibulsongkram Rajabhat University 66 Wang Chan Road, Nai Mueang, Mueang, Phitsanulok 65000

***Corresponding author E-mail: suphakan.chu67@psru.ac.th**

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-experimental research) มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการตามแนวทางสะตีมศึกษา (STEAM Education) เรื่อง "สีสันจากพรรณไม้ท้องถิ่น" 2) เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และ 3) เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาก่อนและหลังการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมดังกล่าว กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ใน การวิจัย คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวัดมหาวนาราม จังหวัดพิษณุโลก ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 31 คน ได้มาโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สะตีมศึกษา "สีสันจากพรรณไม้ท้องถิ่น" 2) แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (IOC = 0.67-1.00, α = 0.85) และ 3) แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ (IOC = 0.80-1.00, Inter-rater reliability = 0.92) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพรรณนา (ค่าเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) และสถิติทดสอบสมมติฐาน (Paired-samples t-test)

ผลการวิจัยพบว่า 1) ชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพเหมาะสม (โดยสะท้อนจากค่า IOC และ Reliability ของเครื่องมือวัดผล) 2) นักเรียนมีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน ($\bar{x}$ = 19.60, S.D. = 0.85) สูงกว่าก่อนเรียน ($\bar{x}$ = 5.65, S.D. = 2.10) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 (t(30) = -25.80, p <.001) และ 3) นักเรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียน ($\bar{x}$ = 10.20, S.D. = 1.15) สูงกว่าก่อนเรียน ($\bar{x}$ = 2.68, S.D. = 1.30) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t(30) = -20.15, p <.001) ผลการวิจัยนี้ยืนยันว่าชุดกิจกรรมดังกล่าวมีคุณภาพสูงมากในการพัฒนาทักษะทั้งสองด้าน

คำสำคัญ: สะตีมศึกษา (STEAM Education), ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์, ความคิดสร้างสรรค์, สีจากพืชท้องถิ่น

Abstract

This research and development study aimed to 1) develop and determine the Quality Verification of the "Colors from Local Flora" STEAM Education activity set, 2) compare the science process skills, and 3) compare the creativity of primary school students before and after learning with the activity set. The sample group, selected by purposive sampling, consisted of 31 fifth-grade students from Wat Maha Wana Ram School, Phitsanulok, in the second semester of the 2025 academic year. The research instruments included: 1) The "Colors from Local Flora" STEAM activity set, 2) a science process skills test (IOC = 0.67-1.00, α = 0.85), and 3) a creativity test (IOC = 0.80-1.00, Inter-rater reliability = 0.92). Data were analyzed using descriptive statistics (Mean, S.D.) and Paired-samples t-test.

The results revealed that: 1) The developed activity set was effective (reflected by the IOC and reliability of the instruments). 2) Students' post-test scores for science process skills ($\bar{x}$ = 19.60, S.D. = 0.85) were significantly higher than their pre-test scores ($\bar{x}$ = 5.65, S.D. = 2.10) at the.05 level (t(30) = -25.80, p <.001). 3) Students' post-test creativity scores ($\bar{x}$ = 10.20, S.D. = 1.15) were significantly higher than their pre-test scores ($\bar{x}$ = 2.68, S.D. = 1.30) at the. 05 level (t(30) = -20.15, p <.001). This study confirms the high Quality of the activity set.

Keywords: STEAM Education, Science Process Skills, Creativity, Local Plant Colors

บทนำ

การจัดการศึกษาในศตวรรษที่ 21 มุ่งเน้นการพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในโลกยุคดิจิทัล โดยเฉพาะทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ซึ่งประกอบด้วยการคิดเชิงวิเคราะห์ การเรียนรู้เชิงรุก ความคิดสร้างสรรค์ และการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน (World Economic Forum, 2020) สอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาการศึกษาของประเทศไทยที่มุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะแห่งอนาคตใหม่ สามารถสร้างสรรค์องค์ความรู้และนวัตกรรมได้ด้วยตนเอง (กระทรวงศึกษาธิการ, 2563; Partnership for 21st Century Skills [P21], 2019) อย่างไรก็ตาม การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในบริบทของไทยจำนวนมากยังคงเน้นการถ่ายทอดเนื้อหาเพื่อการสอบ ทำให้ผู้เรียนขาดโอกาสในการลงมือปฏิบัติ และพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงการคิดสร้างสรรค์เท่าที่ควร (ณัฐวัฒน์ วัชรจิตตานนท์, 2565; พีรวัฒน์ เพชรสุริยา, 2563)

เพื่อตอบสนองต่อความท้าทายดังกล่าว แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษา (STEAM Education) ซึ่งเป็นการบูรณาการวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) ศิลปะ (Arts) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) จึงเป็นแนวทางที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางว่าสามารถส่งเสริมทักษะที่จำเป็นแห่งศตวรรษที่ 21 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Anisimova et al., 2020) การจัดการเรียนรู้รูปแบบนี้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ผ่านกิจกรรมที่ท้าทายและเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน ซึ่งผลการวิจัยในบริบทของไทยจำนวนมาก ยืนยันว่าการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษา สามารถพัฒนาทั้งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนในระดับประถมศึกษา ได้อย่างมีนัยสำคัญ (กมลวรรณ โกวิทวที และคณะ, 2563; จิรดาพร และคณะ, 2563)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือสำคัญในการแสวงหาความรู้และแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2563) สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา ทักษะเหล่านี้จำเป็นต้องได้รับการฝึกฝนอย่างต่อเนื่องผ่านประสบการณ์ตรงและการลงมือปฏิบัติจริง (จุฬาลักษณ์ สนเกื้อกูล และเมษา นวลศรี, 2565) ควบคู่ไปกับความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งเป็นทักษะพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการสร้างสรรค์นวัตกรรม (ไกรยส ภัทราวาท, 2566) การบูรณาการศิลปะ (Arts) เข้ามาในกระบวนการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ จึงไม่เพียงทำให้การเรียนรู้สนุกสนานขึ้น แต่ยังช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดนอกกรอบ (อรณิชชา ทศตา และกชพร ใจอดทน, 2563)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทของท้องถิ่นเป็นฐาน (Place-Based Education) เป็นอีกหนึ่งแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการทำให้การเรียนรู้มีความหมาย (นิภาพรรณ เจนสันติกุล, 2564 อ้างถึงใน จิรวัฒน์ และคณะ,

2566) จังหวัดพิษณุโลก มีทรัพยากรทางชีวภาพที่หลากหลาย ทั้งพืชเศรษฐกิจและพืชพรรณท้องถิ่นนานาชนิด (สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดพิษณุโลก, 2567; สถานีวิทยุกระจายเสียงแห่งประเทศไทย, 2568) พืชพรรณเหล่านี้ จึงเป็นแหล่งเรียนรู้ที่มีคุณค่า

ด้วยเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงพัฒนา "ชุดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการตามแนวทางสะตีมศึกษา (STEAM Education) เรื่อง สีสันจากพรรณไม้ท้องถิ่น" เพื่อเป็นนวัตกรรมที่ส่งเสริมการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติ (Hands-on Learning) กิจกรรมการสกัดสีจากพืชเป็นกิจกรรมที่บูรณาการศาสตร์ทั้งห้าแขนงของสะตีมศึกษาได้อย่างลงตัว กล่าวคือ ผู้เรียนจะได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science) ในการสังเกตและทดลองสกัดสี, ใช้เทคโนโลยี (Technology) และวิศวกรรม (Engineering) ในการออกแบบกระบวนการสกัด, ใช้คณิตศาสตร์ (Mathematics) ในการวัดอัตราส่วน และใช้ศิลปะ (Arts) ในการนำสีที่ได้ไปสร้างสรรค์ผลงาน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการตามแนวทางสะตีมศึกษา (STEAM Education) เรื่อง "สีสันจากพรรณไม้ท้องถิ่น" จังหวัดพิษณุโลก สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษา
2. เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาก่อนและหลังการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการตามแนวทางสะตีมศึกษา (STEAM Education) เรื่อง "สีสันจากพรรณไม้ท้องถิ่น" จังหวัดพิษณุโลก
3. เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาก่อนและหลังการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการตามแนวทางสะตีมศึกษา (STEAM Education) เรื่อง "สีสันจากพรรณไม้ท้องถิ่น" จังหวัดพิษณุโลก

วิธีการดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัย การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-experimental research) โดยใช้รูปแบบการวิจัยแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (One-Group Pre-test/Post-test Design) ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิษณุโลก กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 1 ห้องเรียน (31 คน) ในโรงเรียนวัดมหาวนาราม ต.หัวรอ อ.เมือง จ.พิษณุโลก ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 ซึ่งได้มาโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 3 ประเภท ดังนี้

1. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการตามแนวทางสะตีมศึกษา (STEAM Education) เรื่อง "สีสันจากพรรณไม้ท้องถิ่น จังหวัดพิษณุโลก" เป็นนวัตกรรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 3 ชั่วโมง ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5E) ทั้งนี้ การเลือกใช้โมเดล 5E (Engagement, Explore, Explain, Elaborate, Evaluate) มีเหตุผลเชิงวิชาการสนับสนุน เนื่องจากเป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางว่ามีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-Based Learning) โมเดลนี้สนับสนุนทฤษฎีการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองอย่างแข็งขัน (Active construction of knowledge) โดยเริ่มต้นจากการกระตุ้นความสนใจ (Engage) นำไปสู่การสำรวจภาคปฏิบัติ (Explore) ซึ่งสอดคล้องโดยตรงกับเป้าหมายของสะตีมศึกษา (STEAM) ที่เน้นการลงมือทำ (Hands-on)

นอกจากนี้ งานวิจัยเชิงวิเคราะห์อภิมาน (Meta-analysis) ยังยืนยันว่าโมเดล 5E มีผลเชิงบวกต่อการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science Process Skills) และผลสัมฤทธิ์ทางวิชาการอย่างมีนัยสำคัญ จึงเป็นกระบวนการที่เหมาะสมอย่างยิ่งในการพัฒนานวัตกรรมที่มุ่งเน้นทักษะการปฏิบัติและการคิดเชิงสร้างสรรค์ ได้แก่

ชั่วโมงที่ 1 นักสืบพฤกษศาสตร์ (Engage & Explore) นักเรียนรับภารกิจ "นักสืบพฤกษศาสตร์" ออกสำรวจและเก็บตัวอย่างพืชในโรงเรียน (เช่น ดอกอัญชัน, ใบเตย, เฟื่องฟ้า) เพื่อฝึกทักษะการสังเกต (Science) และบันทึกข้อมูล (Arts)

ชั่วโมงที่ 2 ห้องปฏิบัติการสีธรรมชาติ (Explore & Explain) นักเรียนตั้งโจทย์ท้าทายในการเลือกวิธีสกัดสี (คั้นสด หรือ ต้ม) เพื่อให้ได้สีที่เข้มที่สุด โดยมีการออกแบบกระบวนการ (Engineering) การชั่งตวงวัด (Mathematics) และใช้เครื่องมือ (Technology) เทียบสีใน Canva เพื่อหา code สี จากนั้นนำเสนอผลการสกัดในกิจกรรม "ตลาดนัดสีสัน"

ชั่วโมงที่ 3 ศิลปินน้อยเมืองสองแคว (Elaborate & Evaluate) นักเรียนนำสีที่สกัดได้มาประยุกต์ใช้สร้างสรรค์ผลงานศิลปะ "โปสการ์ดจากใจ...ถึงพิษณุโลก" เพื่อฝึกความคิดสร้างสรรค์ (Arts) และประเมินผลงานผ่านกิจกรรม "Gallery Walk"

2. แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเบื้องต้นจำนวน 30 ข้อ สร้างขึ้นเพื่อวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรม (เช่น ทักษะการสังเกต, การจำแนกประเภท, การวัด, และการลงความเห็นจากข้อมูล) ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน (ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน, ด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา และด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา ที่จบการศึกษาขั้นต่ำระดับปริญญาโทในสาขาดังกล่าว)

ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) และคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 ได้ข้อสอบฉบับจริงจำนวน 20 ข้อ จากนั้นนำไปทดลองใช้ (Try-out) เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นด้วยสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha) ได้ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.85

3. แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ เป็นแบบทดสอบในลักษณะสถานการณ์ปลายเปิด ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเบื้องต้นจำนวน 6 ข้อ เพื่อประเมินองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ 4 ด้าน (ความคิดริเริ่ม, ความคิดคล่อง, ความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดลออ) ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน (ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน, ด้านจิตวิทยาการศึกษา และด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา ที่จบการศึกษาขั้นต่ำระดับปริญญาโทในสาขาดังกล่าว) ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) และคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.80 – 1.00 ได้ข้อสอบฉบับจริงจำนวน 3 ข้อ (คะแนนเต็ม 12 คะแนน) จากนั้นนำไปหาค่าความเชื่อมั่นโดยให้ผู้ประเมิน 2 ท่านตรวจและหาค่าความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมิน (Inter-rater reliability) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.92

การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอนดังนี้

1. ดำเนินการทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) ด้วยแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง
2. ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมสะตีมศึกษา "สีสันจากพรรณไม้ท้องถิ่น" จำนวน 3 ชั่วโมง
3. ดำเนินการทดสอบหลังเรียน (Post-test) ด้วยแบบทดสอบฉบับเดิมทั้งสองฉบับ

การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ ดังนี้

สถิติพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ($\overline{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เพื่ออธิบายระดับคะแนนของทักษะทั้งสองด้านสถิติทดสอบสมมติฐาน เพื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติ Paired-samples t-test

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัย มีรายละเอียดดังนี้

1. ผลการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของชุดกิจกรรม (ตอบวัตถุประสงค์ข้อ 1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการตามแนวทางสะตีมศึกษา (STEAM Education) เรื่อง "สีสันจากพรรณไม้ท้องถิ่น" ที่พัฒนาขึ้น ได้ผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ และนำไปทดลองใช้เพื่อหาความเชื่อมั่นของเครื่องมือวัดผล (แบบทดสอบ)

ซึ่งผลการตรวจสอบคุณภาพ (IOC = 0.67-1.00 และ α = 0.85 สำหรับแบบวัดทักษะฯ; IOC = 0.80-1.00 และ Inter-rater reliability = 0.92 สำหรับแบบวัดความคิดสร้างสรรค์) สะท้อนให้เห็นว่าชุดกิจกรรมและเครื่องมือที่เกี่ยวข้องมีคุณภาพเหมาะสมในการนำไปใช้

2. ผลการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ตอบวัตถุประสงค์ข้อ 2) ผลการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (คะแนนเต็ม 20 คะแนน) ก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน ($\bar{x}$ = 19.60, S.D. = 0.85) สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน ($\bar{x}$ = 5.65, S.D. = 2.10) (ดังตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (N=31)

การทดสอบ	**คะแนนเต็ม**	**$\bar{x}$**	**S.D.**	**t**	**p**
ก่อนเรียน	20	5.65	2.10	-25.80	<.001*
หลังเรียน	20	19.60	0.85		

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

จากตารางที่ 1 เมื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยสถิติ Paired-samples t-test พบว่า คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ. 05 (t(30) = -25.80, p <.001)

3. ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ (ตอบวัตถุประสงค์ข้อ 3) ผลการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ (คะแนนเต็ม 12 คะแนน) ก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน ($\bar{x}$ = 10.20, S.D. = 1.15) สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน ($\bar{x}$ = 2.68, S.D. = 1.30) (ดังตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ (N=31)

การทดสอบ	**คะแนนเต็ม**	**$\bar{x}$**	**S.D.**	**t**	**p**
ก่อนเรียน	12	2.68	1.30	-20.15	<.001*
หลังเรียน	12	10.20	1.15		

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

จากตารางที่ 2 เมื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยสถิติ Paired-samples t-test พบว่า คะแนนความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 (t(30) = -20.15, p <.001)

วิจารณ์ผล

ผลการวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการสะตีมศึกษา (STEAM Education) เรื่อง "สีสันจากพรรณไม้ท้องถิ่น" มีประสิทธิผลในระดับสูงมากในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษา โดยผลการวิจัยสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ทั้งสองข้อ สามารถวิจารณ์ผลได้ดังนี้

ด้านคุณภาพของชุดกิจกรรม (วัตถุประสงค์ข้อ 1) ชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นบนแนวทาง 5E และเชื่อมโยงกับบริบทท้องถิ่น พิสูจน์แล้วว่ามีคุณภาพ การที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง (Hands-on Learning) ตั้งแต่การสำรวจ, การออกแบบการทดลองสกัดสี, จนถึงการสร้างสรรค์ผลงาน เป็นกระบวนการที่ส่งเสริมทักษะที่ต้องการพัฒนาโดยตรง

ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (วัตถุประสงค์ข้อ 2) ทักษะที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (ค่าเฉลี่ยเพิ่มจาก 5.65 เป็น 19.60) เนื่องมาจากนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงในทุกขั้นตอน โดยเฉพาะใน "ชั่วโมงที่ 1 นักสืบพฤกษศาสตร์" ที่นักเรียนต้องใช้ทักษะการสังเกตและการจำแนกประเภทพืช และ "ชั่วโมงที่ 2 ห้องปฏิบัติการสีธรรมชาติ" ที่นักเรียนได้ใช้ทักษะการทดลอง การวัด และการลงความเห็นจากข้อมูล เพื่อหาวิธีการสกัดสีที่ดีที่สุด กระบวนการเหล่านี้บังคับให้นักเรียนต้องใช้ทักษะทางวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาที่ท้าทายมากกว่าการท่องจำเนื้อหา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ จุฬาลักษณ์ สนเกื้อกูล และเมษา นวลศรี (2565) ที่พบว่าการจัดการเรียนรู้ที่เน้นประสบการณ์ตรงและการปฏิบัติจริงช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี

ด้านความคิดสร้างสรรค์ (วัตถุประสงค์ข้อ 3) ความคิดสร้างสรรค์ที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (ค่าเฉลี่ยเพิ่มจาก 2.68 เป็น 10.20) เป็นผลมาจากการบูรณาการศิลปะ (Arts) เข้าไปในกระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างชัดเจน กิจกรรมไม่ได้หยุดอยู่แค่การสกัดสี (Science) แต่ท้าทายให้นักเรียนนำผลลัพธ์ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ใน "ชั่วโมงที่ 3 ศิลปินน้อยเมืองสองแคว" ซึ่งเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้จินตนาการ ความคิดริเริ่ม และความละเอียดลออในการสร้างสรรค์โปสการ์ด การเชื่อมโยงวิทยาศาสตร์เข้ากับศิลปะนี้ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนคิดนอกกรอบและมองเห็นแนวทางที่หลากหลาย สอดคล้องกับงานวิจัยของ กมลวรรณ โกวิทวที และคณะ (2563) และ จิรดาพร และคณะ (2563) ที่ยืนยันว่าแนวคิดสะตีมศึกษา (STEAM) สามารถส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนประถมศึกษาได้อย่างมีนัยสำคัญ

นอกจากนี้ ความสำเร็จของชุดกิจกรรมนี้ยังเกิดจากการใช้บริบทท้องถิ่นเป็นฐาน (Place-Based Education) การใช้พืชพรรณที่นักเรียนคุ้นเคยในโรงเรียน (เช่น อัญชัน, เฟื่องฟ้า) ทำให้การเรียนรู้มีความหมายและเชื่อมโยงกับชีวิตจริงของนักเรียน สอดคล้องกับแนวคิดของ นิภาพรรณ เจนสันติกุล (2564 อ้างถึงใน จิรวัฒน์

และคณะ, 2566) ที่ว่าการนำทรัพยากรในชุมชนมาใช้เป็นสื่อการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ

สรุปผล

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการตามแนวทางสะตีมศึกษา (STEAM Education) เรื่อง "สีสันจากพรรณไม้ท้องถิ่น" ที่พัฒนาขึ้น มีคุณภาพเหมาะสมในการนำไปใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ ชุดกิจกรรมดังกล่าวมีประสิทธิผลในระดับสูงมากในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ชุดกิจกรรมดังกล่าวมีประสิทธิผลในระดับสูงมากในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษา ปีที่ 5 โดยนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ขอขอบคุณคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2568 และขอขอบคุณโรงเรียนวัดมหาวนาราม จังหวัดพิษณุโลก ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลจนกระทั่งการวิจัยเสร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

กมลวรรณ โกวิทวที, อังคณา ตุงคะสมิต, และปรินทร์ จั่นขาว. (2563). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์ และเจตคติต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 31(3), 111-125.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2563). แนวทางการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. https://www.moe.go.th/การเรียนรู้ในศตวรรษที่-2/

ไกรยส ภัทราวาท. (2566). ความคิดสร้างสรรค์ ทักษะที่สำคัญกับเยาวชนทั่วโลกในศตวรรษที่ 21. กองทุนเพื่อความเสมอภาคทางการศึกษา (กสศ.). https://www.eef.or.th/article-ces-030124/

จิรดาพร ทิพย์ศรี, ธีรวัฒน์ ประกอบผล, และปรินทร์ จั่นขาว. (2563). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาเพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. วารสารครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 48(2), 205-224.

จิรวัฒน์ นามวงศ์, จิราภรณ์ ไชยมี, และธิดารัตน์ จันทะหิน. (2566). การพัฒนาสมรรถนะการจัดการตนเองและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ฐานสมรรถนะโดยใช้แนวคิดชุมชนเป็นฐาน. วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, 20(50), 13-24.

จุฬาลักษณ์ สนเกื้อกูล และเมษา นวลศรี. (2565). การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เรื่องระบบสุริยะ ผ่านการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เกม. Journal of Modern Learning Development, 7(7), 59-73.

ณัฐวัฒน์ วัชรจิตตานนท์. (2565). การศึกษาวิทยาศาสตร์ในประเทศไทย. คณะวิทยาการเรียนรู้และศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. https://lsed.tu.ac.th/published-message-content-50

พีรวัฒน์ เพชรสุริยา, เก็ตถวา บุญปราการ และจุฑารัตน์ คชรัตน์. (2563). สภาพและปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ของครูในพื้นที่สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 16 จังหวัดสงขลา. ในการประชุมหาดใหญ่วิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 11 (น. 508-519). มหาวิทยาลัยหาดใหญ่

สายสุณี แสนทวีสุข. (2566). ครูต้นแบบ รร.บ้านป่าซาง จ.ลำพูน สร้างการเรียนรู้จากโจทย์ท้องถิ่น “เด็กรักบ้านเกิด-สร้างอาชีพ”. กองทุนเพื่อความเสมอภาคทางการศึกษา (กสศ.). https://www.eef.or.th/article-241123/

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2563). แนวทางการจัดการเรียนการสอนของครูในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563. http://academic.obec.go.th/images/document/1580786506_d_1.pdf

สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดพิษณุโลก. (2567). ข้อมูลพื้นฐานด้านการเกษตรและสหกรณ์ของจังหวัดพิษณุโลก. https://www.opsmoac.go.th/phitsanulok-performance-files-461091791921

สถานีวิทยุกระจายเสียงแห่งประเทศไทย จังหวัดพิษณุโลก. (2568). จ.พิษณุโลก แหล่งผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง. https://www.am1386.com/home/30691

อรณิชชา ทศตา และกชพร ใจอดทน. (2563). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์. วารสารนาคบุตรปริทรรศน์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช, 12(ฉบับพิเศษ), 53-62.

Anisimova, T., Sabirova, F., & Shatunova, O. (2020). The role of STEAM education in the development of creativity. Journal of Social Studies Education Research, 11(4), 224-241.

Partnership for 21st Century Skills. (2019). Framework for 21st Century Learning. Battelle for Kids. http://www.p21.org/our-work/p21-framework

World Economic Forum. (2020). The Future of Jobs Report 2020.
https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2020/

การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ลักษณะของแสง ผ่านสื่อวิดิทัศน์ร่วมกับกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

The Development of Science Learning Achievement of Grade 2 Students on the Topic of the Characteristics of Light through the Use of Video Media in Combination with the Inquiry-Based Learning Process

ขวัญฤดี ช่วยณรงค์[1*] ธนกฤต เกษาอาจ[2] และเกียรติศักดิ์ รักษาพล[1].

Kwanruedee Chuainarong[1*] ,Thanakrit Gasa-art[2] and Kiatisak Raksapoln[1]

[1] คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลย์อลงกรณ์ ในพระบรมราชูถัมภ์ ปทุมธานี 13180

[1] Faculty of Education, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Pantronage, Pathum Thani, 13180

[2] โรงเรียนเพชรพิทยาคม เพชรบูรณ์ 67000

[2] Petpittayakom School, Phetchabun, 67000

*Corresponding author E-mail: kwanruedee.chuai@vru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องลักษณะของแสงโดยใช้สื่อวิดิทัศน์ร่วมกับกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้น ได้แก่ ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบาย ขั้นขยายความรู้ และขั้นประเมินผล การวิจัยดำเนินการในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 ณ โรงเรียนบุญคุ้มราษฎร์บำรุง ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี

กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบุญคุ้มราษฎร์บำรุง จำนวน 32 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยสื่อวิดิทัศน์ประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ สืบเสาะหาความรู้และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบปรนัย จำนวน 10 ข้อ ซึ่งผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา และมีค่าความเชื่อมั่นมากกว่า 0.5 การเก็บรวบรวมข้อมูลดำเนินการโดยการทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วน

เบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) รวมถึงการทดสอบค่าที สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่สัมพันธ์กัน ผลการวิจัยพบว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงให้เห็นว่าสื่อวิดิทัศน์ร่วมกับกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีประสิทธิผลในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ในเรื่องลักษณะของแสงได้อย่างชัดเจน

คำสำคัญ: ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน, สื่อวิดิทัศน์, การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry 5E)

Abstract

The purpose of this research was to compare the learning achievement of Grade 2 students before and after studying science on the topic characteristics of light. The learning used video media together with the Inquiry-Based Learning (5E) process. The five steps of learning were: Engage, Explore, Explain, Elaborate, and Evaluate. The study was conducted in the first semester of the academic year 2025 at Boonkoomratbamrung School, Khlong Nueng Subdistrict, Khlong Luang District, Pathum Thani Province. The sample group was 32 Grade 2 students from the same school, selected by purposive sampling. The research instruments included video lessons designed according to the 5E Inquiry model and a 10-item multiple-choice achievement test. The test was checked for content validity and had a reliability coefficient higher than 0.5. Data were collected through pre-test and post-test, then analyzed using descriptive statistics: mean ($\bar{x}$) and standard deviation (S.D.), as well as a t-test for dependent samples. The results showed that students' post-test scores were significantly higher than their pre-test scores at the 0.05 level. This indicates that using video media with the Inquiry-Based Learning process was effective in improving the learning achievement of Grade 2 students in the topic Characteristics of Light.

Keywords: Learning Achievement, Video Media, Inquiry-Based Learning (5E)

บทนำ

วิทยาศาสตร์เป็นศาสตร์ที่มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาประเทศทั้งในด้านเศรษฐกิจและสังคม เพราะเป็นรากฐานในการสร้างองค์ความรู้ เทคโนโลยี และนวัตกรรมที่ตอบสนองต่อความก้าวหน้าของโลกในศตวรรษที่ 21 (ทรงศักดิ์ พละศักดิ์, 2546) ประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกต่างตระหนักถึงความสำคัญของวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้มีความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลมีจิตวิทยาศาสตร์รู้จักแสวงหาความรู้จากหลักฐานและข้อมูลที่เชื่อถือได้ และสามารถประยุกต์ความรู้นั้นไปใช้แก้ไขปัญหาและพัฒนาคุณภาพชีวิตอย่างยั่งยืน (วิมาน วรรณคา, 2539) การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ไม่ได้มุ่งเพียงให้ผู้เรียนจดจำข้อเท็จจริงเท่านั้น แต่ยังมุ่งพัฒนากระบวนการคิดและทักษะทางวิทยาศาสตร์ เช่น การสังเกต การตั้งคำถาม การตั้งสมมติฐาน การทดลอง การวิเคราะห์ข้อมูล และการสรุปผลอย่างมีเหตุผล (กรมวิชาการ, 2544) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นทั้งองค์ความรู้และวิธีคิด ที่ช่วยพัฒนาผู้เรียนให้เป็นผู้มีวิจารณญาณ มีความคิดสร้างสรรค์ และมีทักษะในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ซึ่งเป็นทักษะสำคัญที่สังคมยุคใหม่ต้องการ

ในยุคปัจจุบัน การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องปรับให้สอดคล้องกับความเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีและความต้องการของผู้เรียน การจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพจึงควรเน้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ ลงมือปฏิบัติจริง และสร้างความรู้ด้วยตนเอง มากกว่าการเรียนแบบบรรยายเพียงอย่างเดียว (วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2544) นอกจากนี้ สื่อการเรียนรู้ยังมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมความเข้าใจของผู้เรียน โดยเฉพาะสื่อวิดิทัศน์ ซึ่งสามารถนำเสนอภาพ เสียง และสถานการณ์จริงที่น่าสนใจ ช่วยกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน และทำให้แนวคิดที่เป็นนามธรรมมีความชัดเจนยิ่งขึ้น

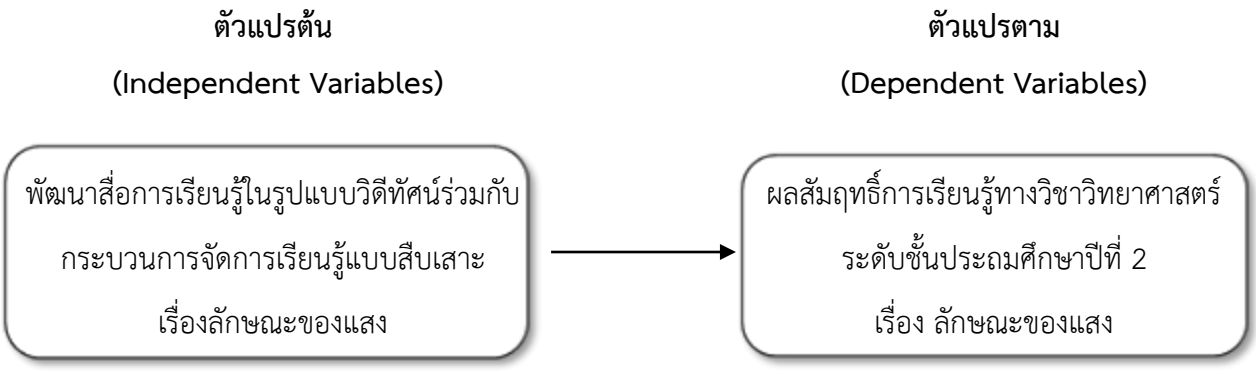
จากการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นในชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 พบว่านักเรียนจำนวนมากมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับเนื้อหาเรื่องลักษณะของแสง ซึ่งเป็นเนื้อหาพื้นฐานสำคัญของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปัญหาที่พบ ได้แก่ นักเรียนไม่สามารถอธิบายคุณสมบัติของแสง การสะท้อน การเคลื่อนที่ของแสงและพฤติกรรมของแสงในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง ซึ่งส่งผลให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำลงเพราะการสอนในห้องเรียนส่วนใหญ่ยังคงใช้วิธีบรรยายเป็นหลัก ขาดกิจกรรมที่กระตุ้นให้ผู้เรียนได้สังเกต ทดลอง และแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ส่งผลให้ผู้เรียนไม่สามารถสร้างความเข้าใจเชิงมโนมติที่ถูกต้องได้อย่างลึกซึ้งเพื่อแก้ไขปัญหาและเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์การเรียนทางวิทยาศาสตร์ระดับชั้นประถมศึกษาประถมศึกษาปีที่ 2 เรื่องลักษณะของแสง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 งานวิจัยนี้ได้นำ สื่อวิดิทัศน์ มาประยุกต์ใช้ร่วมกับ กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-Based Learning) ตามรูปแบบ 5E ซึ่งเป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่ได้รับการส่งเสริมจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

โดยประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ การสร้างความสนใจ (Engagement) เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้ การสำรวจและค้นหา (Exploration) เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนลงมือสังเกตและทดลองด้วยตนเอง การอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เพื่อเชื่อมโยงประสบการณ์กับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ การขยายความรู้ (Elaboration) เพื่อประยุกต์ความรู้ที่ได้ไปใช้ในบริบทอื่น และการประเมิน (Evaluation) เพื่อสะท้อนและตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียนกระบวนการดังกล่าวเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (Active Learning) (Bybee et al., 2006; Chitman-Booker and Kopp, 2013) กระตุ้นให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้จากประสบการณ์จริง ผ่านการตั้งคำถาม การลงมือปฏิบัติ และการอภิปรายร่วมกัน ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนสามารถปรับเปลี่ยนความเข้าใจเดิม (มโนมติเดิม) ไปสู่ความเข้าใจที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 2 ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องลักษณะของแสง โดยใช้สื่อวิดิทัศน์ร่วมกับกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เพื่อยกระดับคุณภาพการเรียนรู้ของผู้เรียนให้มีความเข้าใจเชิงลึก สามารถนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาได้จริง และสร้างทัศนคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์การเรียนทางวิทยาศาสตร์ระดับชั้นประถมศึกษาประถมศึกษาปีที่ 2 เรื่องลักษณะของแสง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568

วิธีการดำเนินการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมุ่งหมายเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์การเรียนทางวิทยาศาสตร์ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 เรื่องลักษณะของแสงผ่านสื่อวิดิทัศน์ร่วมกับกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์มีกรอบแนวคิดการวิจัยเพื่อพัฒนาสื่อการเรียนรู้ในรูปแบบวิดิทัศน์ร่วมกับกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ส่งผลให้เกิดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 เรื่องลักษณะของแสง (ภาพที่ 1) มีขั้นตอนคือ การเลือกกลุ่มเป้าหมาย ระยะเวลาดำเนินการวิจัย การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

กลุ่มเป้าหมายของการวิจัย ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบุญคุ้มราษฎร์บำรุง ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียนจำนวน 32 คน (ชาย 16 คน และหญิง 16 คน) โดยผู้วิจัยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ระยะเวลาดำเนิดการวิจัย จำนวน 3 ชั่วโมง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องแหล่งกำเนิดแสงที่เกิดจากธรรมชาติและแหล่งกำเนิดแสงที่เกิดจากมนุษย์สร้างขึ้น แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องการเคลื่อนที่ของแสง แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องความสว่างที่มีผลต่อการมองเห็นวัตถุ สื่อวิดิทัศน์เรื่องลักษณะของแสง แบบทดสอบก่อนและแบบทดสอบหลังเรียนเรื่องลักษณะของแสง

ขั้นตอนในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ผ่านสื่อวิดิทัศน์ร่วมกับกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ประกอบไปด้วย ศึกษาทฤษฎี แนวคิด หลักการ เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการจัดการเรียนรู้แบใช้สื่อวิดีทัศน์ ศึกษาสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังคำอธิบายรายวิชา และหน่วยการเรียนรู้จากหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ศึกษารายละเอียดเนื้อหาที่จะนำมาสร้างแผนการจัดการเรียนรู้จากหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) เรื่อง ลักษณะของแสง และจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับเนื้อหาการเรียนรู้ เรื่อง ลักษณะของแสง จากนั้น นำแผนการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เชียวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบและประเมินความถูกต้องและความเหมาะสมของเนื้อหาและตัวชี้วัด รวมถึงเกณฑ์การประเมินในแต่ละด้านดังแสดงในตารางที่ 1 ผู้วิจัยศึกษาและวิเคราะห์มาตรฐานตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560 เรื่อง ลักษณะของแสง และศึกษาหลักสูตรสถานศึกษา เรื่อง ลักษณะของแสง ศึกษาและประเมินผลการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์ เพื่อกำหนดขอบข่ายในการสร้างแบบทศสอบก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับหลักการสอน คือ ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการสร้างแบบทดสอบวัดก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ว่าข้อสอบรูปแบบ และลักษณะใดเหมาะสมกับเนื้อหา สร้าง

แบบทดสอบก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ ที่กำหนดไว้ จำนวน 30 ข้อ เป็นโจทย์ความรู้ความจำ ความเข้าใจ และการวิเคราะห์ประกอบด้วยข้อสอบปรนัย (เลือกตอบ 4 ตัวเลือก) นำแบบทดสอบก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ ให้ผู้เชียวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบ ลักษณะการใช้คำถาม ตัวเลือก ความสอดคล้อง กับพฤติกรรมที่ต้องการวัดความถูกต้องด้านภาษา เพื่อปรับปรุงแก้ไข โดยการคัดเลือกข้อสอบที่มีดัชนีความสอดคล้อง (IOC) (Rovinelli & Hambleton, 1977) พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.83 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.50 ขึ้นไป และนำข้อเสนอแนะมาแก้ไขปรับปรุงจากนั้นเลือกใช้จำนวน 10 ข้อ นำแบบทดสอบก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลก่อนเรียนและหลังเรียนกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

เครื่องมือการประเมิน

เครื่องมือการประเมินประกอบไปด้วย แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องแหล่งกำเนิดแสงที่เกิดจากธรรมชาติและแหล่งกำเนิดแสงที่เกิดจากมนุษย์สร้างขึ้น แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องการเคลื่อนที่ของแสง แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องความสว่างที่มีผลต่อการมองเห็น สื่อวิดิทัศน์เรื่องลักษณะของแสง แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องลักษณะของแสง

การประเมินผล

การประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบสำคัญครบถ้วนและสัมพันธ์ จุดประสงค์การเรียนรู้ชัดเจนครอบคลุมเนื้อหาสาระ การจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหาสาระ การจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และระดับชั้นของนักเรียนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับเวลาที่ระบุการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับการส่งเสริมการแสดงความคิดเห็นเพื่อพัฒนาความมั่นใจของนักเรียน การจัดการเรียนรู้ส่งเสริมการทำงานรวมกันของนักเรียนเอกสารประกอบกิจกรรม การเรียนรู้มีความสอดคล้องกับสาระการเรียนรู้เอกสารประกอบกิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนรู้ การเก็บข้อมูลวิจัยสอดคล้องกับเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้เครื่องมือวิจัย เกณฑ์การให้คะแนน มีความสอดคล้องและเหมาะสม

การประเมินแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ประเมินความเข้าใจ เรื่องลักษณะของแสง ในแง่ของการจดจำความเข้าใจและการวิเคราะห์ (ตามทักษะการคิดขั้นต่ำ หรือ Lower Thinking Level) ตามอนุกรมวิธานของบลูม (Bloom's revised taxonomy) โดยนักเรียนต้องเข้าใจเนื้อหาจากกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อนำมาตอบคำถามก่อนเรียน-หลังเรียน ตัวชี้วัด ว 2.3 ป.2/1 บรรยายแนวการเคลื่อนที่ของแสงจากแหล่งกำเนิดแสงและอธิบายการมองเห็นวัตถุจากหลักฐานเชิงประจักษ์ ว 2.3 ป.2/2 ตระหนักในคุณค่าของความรู้ของการมองเห็นโดยเสนอแนะแนวทางการป้องกันอันตรายจากการมองวัตถุที่อยู่ในบริเวณที่มีแสงไม่เหมาะสม

เกณฑ์การประเมินผล

เกณฑ์การประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ การประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ผ่านสื่อวิดิทัศน์ร่วมกับกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ มีการกำนดระดับการประเมิน 3 ระดับดังนี้

+ 1 หมายถึง สอดคล้อง
- 1 หมายถึง ไม่ชัดเจน/ไม่แน่ใจ
0 หมายถึง ไม่สอดคล้อง

เกณฑ์การประเมินแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน การประเมินแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมีการกำหนดระดับการประเมิน 3 ระดับดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่าคำถามในแบบประเมินสอดคล้องกับจุดประสงค์/แผนการจัดกิจกรรม
–1 หมายถึง แน่ใจว่าคำถามในแบบประเมินไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์/แผนการจัดกิจกรรม
0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าคำถามในแบบประเมินสอดคล้องกับจุดประสงค์/แผนการจัดกิจกรรม

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้แบบฝึกทักษะ มีขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ ทดสอบความรู้ก่อนเรียนของนักเรียน โดยใช้แบบทดสอบก่อนเรียน และทำการเก็บรวบรวมคะแนนไว้ ดำเนินการสอนกลุ่มตัวอย่าง ตามแผนการจัดการเรียนรู้ผ่านสื่อวิดิทัศน์ร่วมกับกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เมื่อดำเนินการสอนเสร็จดำเนินการทดสอบหลังเรียนกับนักเรียน โดยใช้แบบทดสอบวัดหลังเรียนและทำการเก็บรวบรวมคะแนนไว้ นำผลคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการเรียนผ่านวิดีทัศน์มาเปรียบเทียบค่าทางสถิติอไป

การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยนำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนที่เก็บรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์ผลการพัฒนาผลสัมฤทธิ์เรียนรู้ทางวิชาวิทยาศาสตร์ และสรุปประเด็นสำคัญจากผลคะแนนหลังการทดสอบ จากนั้นผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนเป็นรายบุคคล และนำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมาวิเคราะห์ผลการพัฒนาผลสัมฤทธิ์เรียนรู้ทางวิชาวิทยาศาสตร์ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียน และความแตกต่างส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิธีการทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือ การหาค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.) และค่าการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนหรือค่าที่ (Mean Comparison: T-Test) สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่สัมพันธ์กัน (Dependent t-test)

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ทางวิชาวิทยาศาสตร์ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ผ่านสื่อวิดิทัศน์ร่วมกับกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่องลักษณะของแสงของนักเรียนในกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 32 คน จากแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ผู้วิจัยนำข้อมูลมาวิเคราะห์ และสรุปประเด็นสำคัญของการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์จากค่าเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนร่วมกับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่แสดงดัง (ตารางที่ 1) และค่าการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนหรือค่าที สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่สัมพันธ์กันที่แสดงดัง (ตารางที่ 2) นอกจากนี้ ภาพรวมระหว่างดำเนินการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการแบบ Inquiry 5E กับกลุ่มตัวอย่างได้แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ภาพรวมการใช้แผนการจัดการเรียนรู้และสื่อวิดิทัศน์ตามกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบ Inquiry 5E

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์และค่าทางสถิติที่สำคัญจากการวิเคราะห์ข้อมูล

แบบทดสอบ	**ค่าเฉลี่ย** ($\bar{x}$)	**ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน** (S.D.)
แบบทดสอบก่อนเรียน	5.375	1.362
แบบทดสอบหลังเรียน	9.125	0.907

จากผลการวิเคราะห์ พบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ก่อนเรียนค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของนักเรียนส่วนใหญ่มีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเรื่องลักษณะของแสงอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลางก่อนเรียน โดยค่าความแปรปรวนของคะแนนค่อนข้างสูงสะท้อนให้เห็นถึงความแตกต่างของความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนแต่ละคน หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ สื่อวิดิทัศน์ร่วมกับกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่าค่าเฉลี่ยคะแนน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานลดลงซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีพัฒนาการทางการเรียนรู้สูงขึ้น และมีระดับความรู้ที่ใกล้เคียงกันมากขึ้นในชั้นเรียน ทั้งนี้การลดลงของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานยังบ่งชี้ว่าการจัดการเรียนรู้รูปแบบนี้มีประสิทธิภาพในการช่วยให้นักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจเนื้อหาได้อย่างเท่าเทียมกันมากขึ้นและลดความแตกต่างระหว่างผู้เรียนภายในชั้นเรียน ซึ่งสอดคล้องกับหลักการพัฒนาคุณภาพผู้เรียนตามแนวทางการจัดการศึกษาที่มุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ และส่งเสริมความเสมอภาคทางการศึกษาอย่างเป็นรูปธรรม อันเป็นผลมาจากกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมอย่างทั่วถึง

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนหรือค่าที่ (Mean Comparison: T-Test) สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่สัมพันธ์กัน (Dependent t-test)

ค่าที (t)	**จำนวนค่าอิสระ** (df)	**ค่านัยสำคัญทางสถิติ** (p)
-15.000	31	<.001

จากผลการทดสอบทางสถิติ พบว่าค่าที (t) ระดับอิสระ(df) และค่านัยสำคัญทางสถิติ น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดไว้ (.05) แสดงว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวได้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อวิดิทัศน์ร่วมกับกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเหาความรู้มีผลอย่างชัดเจนต่อการพัฒนาความรู้ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ผลการวิเคราะห์ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อวิดิทัศน์ร่วมกับกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาความรู้ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ทั้งในด้านการสร้างความเข้าใจเชิงแนวคิด การเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ และการส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนตั้งคำถาม สำรวจ ตรวจสอบ และอภิปรายผลการค้นพบด้วยตนเอง ประกอบกับการใช้สื่อวิดิทัศน์ที่ช่วยกระตุ้นความสนใจและสร้างภาพจำที่ชัดเจน ส่งผลให้ผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจเนื้อหาที่เป็นนามธรรมได้ดียิ่งขึ้น

วิจารณ์ผลการวิจัย

เนื้อเรื่อง จากผลการวิเคราะห์พบว่าคะแนนหลังเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาเรื่องลักษณะของแสงดีขึ้นซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า การใช้สื่อวิดิทัศน์ช่วยให้ผู้เรียนเห็นภาพจำลองของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างชัดเจนและเป็นรูปธรรม เช่น การสะท้อนแสง การหักเหของแสง หรือการเดินทางเป็นเส้นตรงของแสง ซึ่งในชั้นเรียนทั่วไปอาจยากต่อการสาธิตจริง การใช้ภาพเคลื่อนไหวจึงช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจลึกซึ้งมากกว่าการฟังคำบรรยายเพียงอย่างเดียวอีกทั้งสื่อวิดิทัศน์ยังช่วย กระตุ้นความ

สนใจ และสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่สนุกสนาน ทำให้ผู้เรียนมีสมาธิและจดจ่อกับบทเรียนมากขึ้น การเรียนรู้จึงเกิดอย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพสูงขึ้น สื่อมัลติมีเดียช่วยเสริมการประมวลผลข้อมูลในสมองได้ทั้งจากช่องทางภาพและเสียง ส่งผลให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้รวดเร็วและคงทนกว่าเดิม (Mayer, 2001) กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่เน้นการเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติจริง นักเรียนได้มีโอกาสตั้งคำถาม สำรวจ ค้นหาคำตอบ และอธิบายผลด้วยตนเอง กระบวนการนี้ช่วยพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิทยาศาสตร์และทักษะการแก้ปัญหาไปพร้อมกัน โดยเฉพาะในขั้นสำรวจและค้นหา นักเรียนจะได้ศึกษาเกี่ยวกับลักษณะของแสงจากกิจกรรมและวิดิทัศน์ ทำให้เกิดการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ตรง โดยการเรียนรู้ที่เกิดจากการลงมือปฏิบัติจริง จะทำให้ผู้เรียนเข้าใจและจดจำได้ดีกว่าการเรียนรู้เชิงรับ (Kolb, 1984) นอกจากนี้ การอภิปรายผลในขั้นอธิบายและขั้นขยายความรู้ ยังเปิดโอกาสให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อน ซึ่งส่งเสริมการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Collaborative Learning) ช่วยให้ผู้เรียนได้ฝึกการใช้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่พบ ซึ่งการเรียนรู้ด้วยสื่อวิดิทัศน์ร่วมกับกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาหาความรู้ สอดคล้องกับแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) ที่เชื่อว่าผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ขึ้นเองจากประสบการณ์และการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ช่วยให้ผู้เรียนเป็นผู้ค้นพบความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งส่งผลให้เกิดความเข้าใจเชิงลึกและสามารถจดจำได้นานกว่าขณะเดียวกันสื่อวิดิทัศน์ทำหน้าที่เป็นสื่อกลางของประสบการณ์ที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจร่วมกันระหว่างสิ่งที่เห็นและสิ่งที่ครูอธิบาย ทำให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่างประสบการณ์เดิมกับความรู้ใหม่ (Piaget, 1970)

ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานของสุภาวดี คำมุกซิก (2563) ซึ่งพบว่าการใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ช่วยส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเกี่ยวข้องกับงานของจันทร์เพ็ญ อัมพรวัฒนพงศ์ (2564) ที่ระบุว่า การใช้สื่อวิดิทัศน์ช่วยเพิ่มความเข้าใจและแรงจูงใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน รวมถึงงานของ Wenning (2011) ซึ่งกล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ สามารถพัฒนาแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์และทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระยะยาว จึงยืนยันได้ว่าผลการวิจัยในครั้งนี้มีความสอดคล้องกับแนวโน้มของงานวิจัยก่อนหน้าในประเด็นที่ว่า การเรียนรู้ผ่านการสืบเสาะร่วมกับสื่อที่มีความเป็นรูปธรรมและดึงดูดความสนใจ ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ได้อย่างยั่งยืน การที่ค่าเฉลี่ยหลังเรียนสูงขึ้นและมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานลดลง บ่งชี้ว่ากระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับสื่ อวิดิทัศน์มีประสิทธิผลสูง ทั้งในด้านการพัฒนาความเข้าใจเชิงเนื้อหาและการลดความแตกต่างระหว่างผู้เรียน

สรุปผลการวิจัย

ความสำเร็จของรูปแบบการสอนนี้เกิดจากการที่สื่อวิดิทัศน์ช่วยเปลี่ยนเนื้อหาที่เป็นนามธรรม เช่น การสะท้อนและการหักเหของแสง ให้เห็นภาพเป็นรูปธรรมและน่าสนใจยิ่งขึ้น เมื่อผสานกับกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางและได้ลงมือปฏิบัติจริงตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) จึงช่วยให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเองและมีความเข้าใจที่คงทน, นอกจากนี้ การที่ค่า S.D. ลดลงหลังเรียน ยังชี้ให้เห็นว่าวิธีการนี้สามารถลดความแตกต่างระหว่างบุคคลและช่วยให้นักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจเนื้อหาได้อย่างเท่าเทียมกันมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ในการดำเนินการวิจัยดังกล่าว ข้าพเจ้าได้รับคำแนะนำ การนิเทศและการให้คำปรึกษาทางวิชาการจาก อาจารย์เกียรติศักดิ์ รักษาพล คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ซึ่งมีส่วนช่วยให้การดำเนินงานวิจัยเป็นไปอย่างมีระบบ ถูกต้องตามหลักวิชาการ และบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการ. (2544). *หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

จันทร์เพ็ญ พรหมมาศ. (2564). ผลของการใช้สื่อวิดิทัศน์ประกอบการเรียนรู้เรื่องพลังงานแสงต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. *วารสารครุศาสตร์ศึกษา, 12*(2), 45–56.

ทรงศักดิ์ พละศักดิ์. (2546). *การพัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมกระบวนการคิดทางวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วรรณทิพา รอดแรงค้า. (2544). การเรียนรู้แบบมีส่วนร่วมในวิชาวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา. *วารสารครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม, 8*(2), 15–27.

วิมาน วรรณคา. (2539). *การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษา*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2562). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ.*

2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2562). กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.

สุภาวดี ศรีสวัสดิ์. (2563). การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. *วารสารวิชาการครูศตวรรษที่ 21, 8*(1), 30–40.

Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E Instructional Model: Origins, Effectiveness, and Applications*. Colorado Springs: BSCS.

Chitman-Booker, L., & Kopp, K. (2013). *The 5Es of inquiry-based science*. Teacher Created Materials.

Kolb, D. A. (1984). *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

Piaget, J. (1970). *Science of Education and the Psychology of the Child*. New York: Orion Press.

Mayer, R. E. (2001). *Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press.

Wenning, C. J. (2011). The Levels of Inquiry Model of Science Teaching. *Journal of Physics Teacher Education Online, 6*(2), 9–16.

Rovinelli, R. J., & Hambleton, R. K. (1977). On the use of content specialists in the assessment of criterion-referenced test item validity. *Journal of Educational Measurement, 14*(1), 49-60.

การคำนวนเส้นรอบวงกลมของโลกโดยวิธีทางเรขาคณิตแบบเอราโตสเทแนส

Calculating the Earth's Circumference Using Eratosthenes' Geometric Method

รัฏฐาธิป อนุสสรราชกิจ[1*] สุภชิต ผดุงผล[2]

Rattatip Anussornrajakit[1*] Suphachit Phadungphon[2]

[1]โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย เขตพญาไท กรุงเทพมหานคร

[1]Samsenwittayalai School, Phayathai District, Bangkok 10400

***Corresponding author E-mail: Chatchanin2000@yahoo.com**

บทคัดย่อ

ในโครงงานนี้ได้นำหลักการคำนวณโดยอาศัยวิธีเรขาคณิตพื้นฐานที่เอราโตสเทแนส (Eratosthenes) นักคณิตศาสตร์ชาวกรีกโบราณมาใช้คำนวณความยาวของเส้นรอบวงกลมของโลก โดยใช้ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ในปัจจุบันของที่ตั้งเมืองในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มาเปรียบเทียบเพื่อใช้ประกอบการคำนวณ ได้แก่ กรุงเทพ - เชียงใหม่, สิงคโปร์ -- ฮาร์บิน, กรุงเทพ - ปักกิ่ง, กรุงเทพ -- โนโวซีบีร์สก์, จาการ์ตา -- อูลานบาตอร์ การคำนวณใช้ความแตกต่างจากที่ตั้งของเมืองทางภูมิศาสตร์แทนวิธีการแบบดั้งเดิมและเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ ผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยเส้นรอบวงโลกที่คำนวณได้เท่ากับ 40,095 กิโลเมตร ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าจริงที่ 40,075 กิโลเมตร มีความคลาดเคลื่อนเพียงร้อยละ 0.05 แสดงให้เห็นว่าวิธีการของเอราโตสเทแนสยังคงมีความแม่นยำสูงแม้จะประยุกต์ใช้กับข้อมูลภูมิศาสตร์สมัยใหม่ก็ตาม

คำสำคัญ : เส้นรอบวงโลก เรขาคณิตพื้นฐาน ละติจูด มุมของดวงอาทิตย์

Abstract

This project uses the basic geometric calculation principles of the ancient Greek mathematician Eratosthenes to calculate the circumference of the Earth. Current geographic data of the locations of cities in Southeast Asia are used for comparison to support the calculations, namely Bangkok - Chiang Mai, Singapore -- Harbin, Bangkok - Beijing, Bangkok -- Novosibirsk, Jakarta -- Ulaanbaatar. The calculations use differences in the geographic locations of cities instead of the traditional method and compare the results obtained from the calculations. The study found that the average calculated Earth's circumference was 40,095 kilometers, which compared to the actual value of 40,075 kilometers had an error of only 0.05 percent. This

demonstrates that Eratosthenes' method remains highly accurate even when applied to modern geographic data.

Keywords : Earth's circumference, Basic geometry, Latitude, Sun angle

บทนำ

เอราโตสเทแนส (Eratosthenes) เป็นนักคณิตศาสตร์ชาวกรีกโบราณมีชีวิตอยู่ช่วง 276-194 ปีก่อนคริสต์ศักราช เขาได้รับการยกย่องว่าเป็นผู้คำนวณเส้นรอบวงของโลกเป็นคนแรก โดยวิธีการคำนวณของเขาอาศัยการวัดเงาของวัตถุที่ตั้งฉากของเมืองสองเมืองในวันครีษมายัน (Solstice) ซึ่งเป็นวันที่ดวงอาทิตย์ขึ้นถึงจุดสูงสุดหรือต่ำสุดบนท้องฟ้าในตอนเที่ยง การวัดเงาในเมืองแรกเมื่อดวงอาทิตย์อยู่ในตำแหน่งตรงศีรษะจะไม่มีเงาและวัดเงาที่เกิดขึ้นในอีกเมืองที่มีเงา การเกิดเงาเกิดขึ้นจากความโค้งของโลกและมุมที่ได้เกิดจากความแตกต่างของที่ตั้งของเมืองทั้งสอง

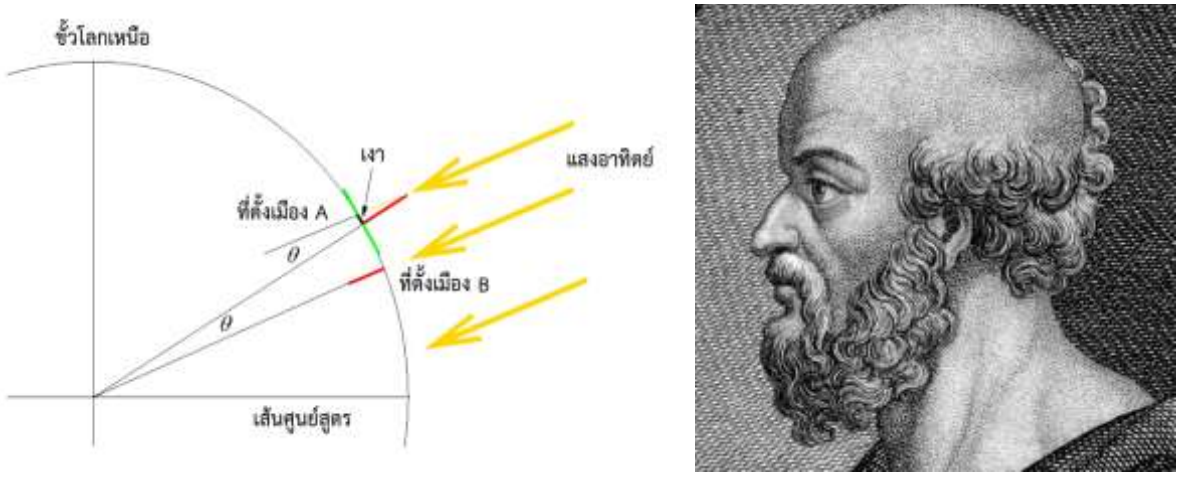
การศึกษาในโครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการคำนวณแบบดัดแปลงในการหาขนาดเส้นรอบวงของโลก โดยอาศัยวิธีการทางเรขาคณิตพื้นฐานของเอราโตสเทแนส โดยเปลี่ยนวิธีการวัดเงามาใช้ตำแหน่งที่ตั้งของเมืองหรือละติจูด (latitude) ทางภูมิศาสตร์แทน และนำผลลัพธ์ที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าที่มีการวัดโดยเครื่องมือสมัยใหม่ของเส้นรอบวงของโลกหรือเส้นศูนย์สูตรซึ่งมีความยาว 40,075 กิโลเมตร

วิธีการดำเนินการวิจัย

เรขาคณิตของเอราโตสเทแนสอาศัยแนวคิดว่าโลกเป็นทรงกลมที่แสงจากดวงอาทิตย์มาตกกระทบเป็นเส้นตรง การคำนวณความยาวเส้นรอบวงอาศัยการวัดเงาที่วัดได้ในวันครีษมายัน (Solstice) จากเมืองสองเมืองเพื่อคำนวณมุมจากระยะห่าง ในงานวิจัยนี้จะอาศัยความแตกต่างของละติจูดที่ตั้งของเมืองในการคำนวณมุมแทนเงา การคำนวณความยาวเส้นรอบวงของโลกโดยวิธีการของเอราโตสเทแนส สามารถคำนวณได้จากสมการ

ความยาวเส้นรอบวงของโลก (C) = (ระยะทางระหว่างเมือง / ความแตกต่างของละติจูด) x 360°

การดำเนินการวิจัยเลือกคู่เมืองจำนวน 5 คู่ ได้แก่ กรุงเทพ-เชียงใหม่, สิงคโปร์-ฮาร์บิน, กรุงเทพ-ปักกิ่ง, กรุงเทพ-โนโวซีบีร์สก์ และจาการ์ตา-อูลานบาตอร์ โดยรวบรวมข้อมูลละติจูดของแต่ละเมืองและระยะทางตามแนวเหนือ-ใต้ระหว่างเมือง จากนั้นคำนวณค่าเส้นรอบวงโลกตามสูตรข้างต้น และหาค่าเฉลี่ยเพื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน



ภาพที่ 1 แสดงวิธีการคำนวนเส้นรอบวงโลก และภาพของเอราโตสเทแนส (ภาพจาก NewScientist)

ผลการวิจัย

เปรียบเทียบเมือง	ที่ตั้งของเมือง (ละติจูด)	ความแตกต่างของที่ตั้งเมือง (ละติจูด)	ระยะห่างระหว่างเมืองตามแนวเหนือ-ใต้ (กิโลเมตร)	เส้นรอบวงที่คำนวณได้ (กิโลเมตร)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่คำนวณได้ (กิโลเมตร)
กรุงเทพ - เชียงใหม่	13.7N°-18.8N°	5.1°	570	40,235	40,235
สิงคโปร์ – ฮาร์บิน	1.3°N – 45.8°N	44.5°	4,950	40,045	40,045
กรุงเทพ - ปักกิ่ง	13.7N°-39.9N°	26.2°	2,920	40,122	40,122
กรุงเทพ – โนโวซีบีร์สก์	13.7N°-55.0N°	41.3°	4,590	40,010	40,010
จาการ์ตา – อูลานบาตอร์	6.2°S – 47.9°N	54.1°	6,020	40,060	40,060

หมายเหตุ : ระยะทางระหว่างเมืองเลือกใช้ระยะตามแนวเหนือ-ใต้โดยประมาณเพื่อให้สอดคล้องกับสมมติฐานของวิธีเอราโตสเทแนส

คำนวณเส้นรอบวงโลกเฉลี่ย = (40,235 + 40,045 + 40,122 + 40,010 + 40,060) / 5 = 40,095 กิโลเมตร

ความยาวจริงของเส้นรอบโลก (เส้นศูนย์สูตร) ประมาณ 40,075 กิโลเมตร

ความผิดพลาดในการคำนวณ = (|40,075 - 40,095| / 40,075) x 100 = 0.05%

วิจารณ์ผล

จากผลการวิจัยพบว่าค่าที่คำนวณได้จากทั้ง 5 คู่เมืองมีค่าอยู่ระหว่าง 40,010 ถึง 40,235 กิโลเมตร ซึ่งใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานที่ 40,075 กิโลเมตร โดยคู่เมืองที่ให้ค่าใกล้เคียงที่สุดคือ กรุงเทพ-โนโวซีบีร์สก์ (40,010 กิโลเมตร) และสิงคโปร์-ฮาร์บิน (40,045 กิโลเมตร) สังเกตได้ว่าคู่เมืองที่มีลองจิจูดใกล้เคียงกันจะให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำกว่า เนื่องจากระยะทางที่ใช้ในการคำนวณสอดคล้องกับความแตกต่างของละติจูดมากขึ้น ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ว่าโลกเป็นทรงกลมและแสงอาทิตย์ตกกระทบเป็นเส้นตรงขนานกัน ส่วนในกรณีที่เลือกเมืองซึ่งมีความแตกต่างของลองติจูดมาก ระยะทางระหว่างเมืองจะมีองค์ประกอบของแนวตะวันออก-ตะวันตกแทรกอยู่ ส่งผลให้ระยะทางที่นำไปใช้คำนวณยาวเกินจริง และทำให้ค่าที่คำนวณได้ของเส้นรอบวงโลกคลาดเคลื่อนจากค่าจริง

ดังนั้น ความคลาดเคลื่อนของผลการคำนวณไม่ได้เกิดจากข้อจำกัดของหลักการเอราโตสเทแนส แต่เกิดจากการเลือกข้อมูลทางภูมิศาสตร์ที่ไม่สอดคล้องกับเงื่อนไขของวิธีการ เมื่อมีการเลือกคู่เมืองที่เหมาะสม ผลลัพธ์ที่ได้จะเข้าใกล้ค่าที่วัดได้ด้วยเครื่องมือสมัยใหม่เป็นอย่างมาก สอดคล้องกับงานศึกษาของ Wilson (2013) ที่กล่าวถึงความแม่นยำของวิธีการเอราโตสเทแนสในการวัดขนาดโลก

สรุปผล

วิธีการทางเรขาคณิตของเอราโตสเทแนสในการวัดเส้นรอบวงของโลกเป็นความสำเร็จที่สำคัญในวิทยาศาสตร์โลกยุคโบราณ การคำนวณมีความแม่นยำและสามารถแสดงให้เห็นได้ด้วยวิธีการประยุกต์ใช้หลักเรขาคณิตโบราณกับข้อมูลภูมิศาสตร์สมัยใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โครงงานนี้ได้ปรับเปลี่ยนใช้ที่ตั้งของเมืองแทนเงาในการคำนวณหามุม แม้ว่าจะมีความผิดพลาดจากการคำนวณบ้าง แต่วิธีการคำนวณแสดงให้เห็นถึงความรู้ที่น่าสนใจและเป็นรากฐานสำหรับการวัดค่าทางดาราศาสตร์และการคำนวณทางเรขาคณิตประยุกต์ โดยมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนเพียงร้อยละ 0.05 ซึ่งถือว่ามีความแม่นยำสูง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา นายสุภชิต ผดุงผล กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย ที่ได้ให้คำแนะนำและแนวทางการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ ตลอดจนขอขอบคุณโรงเรียนสามเสนวิทยาลัย ที่ให้การสนับสนุนสถานที่ หนังสือตำราเรียน และทรัพยากรอื่นๆ ในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

วิกิพีเดีย. 2569. เส้นศูนย์สูตร. แหล่งข้อมูล: https://th.wikipedia.org/wiki/เส้นศูนย์สูตร. ค้นเมื่อ 10 มกราคม 2569.

วิกิพีเดีย. 2569. Eratosthenes. แหล่งข้อมูล: https://en.wikipedia.org/wiki/Eratosthenes. ค้นเมื่อ 10 มกราคม 2569.

วิกิพีเดีย. 2569. Latitude. แหล่งข้อมูล: https://en.wikipedia.org/wiki/Latitude. ค้นเมื่อ 10 มกราคม 2569.

Wilson, N. 2013. Encyclopedia of Ancient Greece. Taylor and Francis, New York, NY, USA.

การพัฒนาทักษะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 รายวิชาชีววิทยา ผ่านการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น

The development of 12th Grade Student's Scientific Explanation Skills in Biology though the 5E of Inquiry-Based Learning.

อันวาร์ อิบราฮิม[1*] ธนิกา วศินยานุวัฒน์[2] และสิงหา ประสิทธิ์พงศ์[3].

Anwa Ibrahim[1*] ,Thanika Vasinayanuwatana [2] and Singha Prasitpong[3]

[1] หลักสูตรการสอนวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ ถนนกาญจนวณิช ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

[1] Master of Education Program in Teaching Science and Mathematics Kanjanavanich Road, Khao Rup Chang, Mueang Songkhla District, Songkhla 90000, Thailand.

[2] หลักสูตรการสอนวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ ถนนกาญจนวณิช ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

[2] Master of Education Program in Teaching Science and Mathematics Kanjanavanich Road, Khao Rup Chang, Mueang Songkhla District, Songkhla 90000, Thailand.

[2] หลักสูตรการสอนวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ ถนนกาญจนวณิช ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

[2] Master of Education Program in Teaching Science and Mathematics Kanjanavanich Road, Khao Rup Chang, Mueang Songkhla District, Songkhla 90000, Thailand.

*Corresponding author E-mail: anwa.wahub@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาทักษะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในรายวิชาชีววิทยาโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น มีกลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์สุขภาพ จำนวน 35 คน โรงเรียนสาธิตแห่งหนึ่งในภาคใต้ ผู้วิจัยมีเครื่องมือใช้ในงานวิจัยดังนี้ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น และแบบประเมินทักษะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยผู้วิจัยได้ทำการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนทั้งหมด 5 วงจรปฏิบัติจากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยของคะแนน และระดับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ผลวิจัยพบว่าการพัฒนาทักษะการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้ง 5 วงจรปฏิบัติการมีแนวโน้มสูงขึ้นแต่ไม่สม่ำเสมอ กล่าวคือ การพัฒนามีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดในวงจรที่ 3 (6 คะแนน) แต่มีคะแนนเฉลี่ยลดลงในวงจรที่ 4 (5คะแนน)เมื่อพิจารณาคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในรายองค์ประกอบ พบว่าการระบุข้อกล่าวอ้างเป็น

องค์ประกอบที่นักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนเฉลี่ยรวมทั้ง 5วงจรสูงที่สุด (1.71) และพบว่าการให้เหตุผลเป็นองค์ประกอบที่นักเรียนมีแนวโน้มของคะแนนเฉลี่ยสูงขึ้นจากวงจร 1 (0) และสูงที่สุดในวงจร 3 (2)

คำสำคัญ : ทักษะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์, การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น

Abstract

This classroom action research (CAR) aimed to develop the scientific explanation skills in a Biology course using 5E Inquiry-based learning. The target group consisted of 35 Grade 12 students in the Health Science program at a demonstration school in Southern Thailand. The research instruments included 5E Inquiry-based lesson plans and a scientific explanation skill assessment form. The study was conducted through five action research cycles. Data were analyzed using mean scores and proficiency levels of scientific explanations.

The results indicated that the development of students' scientific explanation skills across the five cycles showed an overall upward trend, albeit with some fluctuations. Specifically, the highest mean score was achieved in the third cycle (6 points), followed by a slight decrease in the fourth cycle (5 points). When analyzing individual components of scientific explanation, "Claim" was the component where the majority of students achieved the highest overall mean score across all five cycles (1.71). Furthermore, the "Reasoning" component showed a positive development trend, starting from zero in the first cycle and peaking in the third cycle (2).

Keywords : Scientific Explanation Skills, 5E Inquiry-Based Learning

บทนำ

คำว่า ทักษะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นหนึ่งในทักษะที่ทำให้นักเรียนมีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ที่ดีมากขึ้น เนื่องจากเป็นความสามารถที่นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายโดยอาศัยข้อมูลพื้นฐานและหลักการทางวิทยาศาสตร์มาอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น จะเรียกคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้นั้นต้องประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim) คือ ความสามารถของนักเรียนที่สร้างข้อสรุปที่ได้จากคำถามหรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้, 2. หลักฐาน (Evidence) คือ ความสามารถของนักเรียนสามารถเลือกข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และ3. การให้เหตุผล (Reasoning) คือ ความสามารถของนักเรียน

ที่สามารถเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานให้เชื่อมโยงกันโดยอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์ คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จึงสำคัญในทางวิทยาศาสตร์ที่ทำให้เกิดความเข้าใจปรากฏการณ์ในธรรมชาติ และเป็นหัวใจของการรู้วิทยาศาสตร์ เนื่องจากทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงข้อสรุปกับหลักฐานและหลักการทางวิทยาศาสตร์อันสะท้อนถึงความเข้าใจเชิงลึก การคิดอย่างมีเหตุผล และความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นคุณลักษณะสำคัญของผู้ที่มีการรู้วิทยาศาสตร์ (McNeill & Krajcik, 2008)

เมื่อพิจารณาความสำคัญของทักษะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์กับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน พบว่า การอธิบายทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องโดยตรงกับการสร้างองค์ความรู้ของนักเรียนเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ได้ระบุตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางที่ผู้เรียนจำเป็นต้องเรียนเพื่อให้สามารถนำความรู้นี้ไปใช้ในการดำรงชีวิตหรือศึกษาต่อในวิชาชีพที่ต้องใช้วิทยาศาสตร์ได้ และสามารถเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการเรียนรู้และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาความคิดทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะที่สำคัญทั้งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะในศตวรรษที่ 21 ในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้สามารถแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจ โดยใช้ข้อมูลหลากหลายและประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) นอกจากนี้การประเมินคุณภาพทางการศึกษอย่าง PISA ที่ประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ พบว่าประเทศไทยมีคะแนนในลดลงในปี 2022 เมื่อเทียบกับปี 2018 จากข้อมูลข้างต้นทำให้พบปัญหาว่านักเรียนในประเทศไทยมีทักษะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์น้อยลง (สสวท., 2566) จะเห็นว่าคะแนนสอบ PISA วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยลดลงต่อให้หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานจะมุ่งเน้นให้นักเรียนเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์แต่ก็ยังไม่สามารถทำให้ระดับคะแนนของนักเรียนเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับห้องเรียนของผู้วิจัยที่พบว่านักเรียนมีองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์แต่ไม่สามารถนำองค์ความรู้มาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้ โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาทักษะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนผ่านกิจกรรมสืบไขคดี สิ้นชีพในห้องปลาร้า ซึ่งผู้วิจัยได้สังเกตพฤติกรรมและการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของนักเรียนภายในกลุ่มพบว่านักเรียนสามารถช่วยกันอภิปรายและเห็นไปในทิศทางตรงกันว่าผู้คนที่ตายในบ่อปลาร้าเกิดจากการขาดอากาศหายใจและได้รับแก๊สพิษที่เกิดจากการหมัก พร้อมทั้งยังอธิบายเกี่ยวกับพื้นที่บ่อหมักที่ไม่มีอากาศถ่ายเท และเมื่อให้นักเรียนนำหลักฐานที่ร่วมอภิปรายกันในกลุ่มมาเชื่อมโยงกับข้อกล่าวอ้างที่ตนองตั้งไว้ พบว่านักเรียนบางกลุ่มมีการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างได้ไม่สอดคล้องกัน และนักเรียนบางกลุ่มก็ไม่สามารถเชื่อมโยงเนื้อหาภายในชั้นเรียนมาอธิบายการตายของคนในบ่อปลาร้าได้ จากการจัดกิจกรรมทำให้ผู้วิจัยทราบว่านักเรียนยังคงมีการขาด

ทักษะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ทำให้ผู้วิจัยต้องการจัดการเรียนรู้ที่เอื้อหรือเหมาะสมต่อการพัฒนาการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้

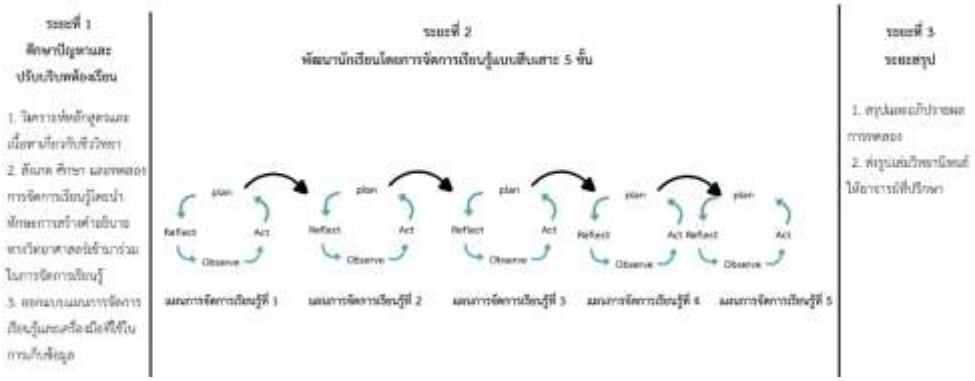
บริบทของการเรียนรู้ที่เอื้อต่อการพัฒนาการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ คือ การเปิดโอกาสให้เรียนได้สังเกตตั้งคำถาม ให้สถานการณ์มาวิเคราะห์เพื่อให้ได้มีการสำรวจตรวจสอบ สร้างคำอธิบายจากการสำรวจนั้น โดยแนวทางการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับหลักการนี้คือ การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะ 5 ขั้น หรือเรียกสั้นๆ ว่า 5E ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1. ขั้นสร้างความสนใจ เป็นขั้นที่ครูต้องสร้างสถานการณ์ที่น่าสนใจเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถามและประเด็นที่น่าสนใจเพื่อศึกษาหาคำตอบ 2. ขั้นสำรวจและค้นหา เป็นขั้นตอนที่นักเรียนตั้งสมมติฐาน, วางแผนกำหนดแนวทางในการตรวจสอบ และสืบค้นหาคำตอบจากแหล่งต่าง ๆ, 3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป เป็นขั้นตอนที่นักเรียนนำข้อมูล หลักฐานที่ได้จากการศึกษาค้นคว้ามาวิเคราะห์ สังเคราะห์ แปลผล และสรุปผลมาสร้างคำอธิบายหรือกำหนดมโนทัศน์ตามความเข้าใจของนักเรียนเอง, 4. ขั้นขยายความรู้ เป็นขั้นตอนที่กระตุ้นให้นักเรียนนำความรู้ใหม่ที่ได้เชื่อมโยงกับความรู้เดิม และนำความรู้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ทำให้เกิดความรู้กว้างขวางมากขึ้น และ 5. ขั้นประเมินผล เป็นขั้นตอนการทดสอบนักเรียนโดยวิธีต่าง ๆ เพื่อทดสอบความรู้ ความเข้าใจ และความสามารถในการเชื่อโยงความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้ในเหตุการณ์ต่าง ๆที่เกิดขึ้นได้ (Bybee et al., 2006) มีงานวิจัยจำนวนมากที่ชี้ว่า 5E มีประสิทธิภาพในการพัฒนาการสร้างอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ งานวิจัยของมิ่งมุก สุทธิกิตติพงศ์, (2562) ; อภิวัฒน์ โชติมุข และกัญญารัตน์ โคจร, (2567); ฉลองวุฒิ จันทร์หอม, (2562) ทั้ง 3 งานวิจัยเกี่ยวข้องกับการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยผ่านการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น พบว่าเมื่อใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนตามนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อดูคะแนนเฉลี่ยแต่ละองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ยังพบว่า องค์ประกอบที่นักเรียนมีปัญหามากที่สุดและระดับคะแนนน้อยที่สุดจากทั้ง 3 วิจัย คือ องค์ประกอบด้านระบุหลักฐาน และการให้เหตุผล ดังนั้นผู้วิจัยจึงจะพัฒนาทักษะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนผ่านการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น และผลจากการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยคาดการว่าจะเกิดการพัฒนาทักษะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และส่งผลดีต่อนักเรียน

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อพัฒนาทักษะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 รายวิชาชีววิทยา โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. แบบแผนการวิจัย การวิจัยในครั้งนี้ใช้การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (CAR : Classroom Action Research) ซึ่งผู้วิจัยเลือกใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Kemmis, McTaggart, และ Nixon (2014) มาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วยวงจรปฏิบัติ 5 วงจร แต่ละวงจรประกอบด้วย 1. ขั้นวางแผน (Plan) คือ ผู้วิจัยออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ใช้ในการพัฒนาทักษะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และนำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อรับข้อเสนอแนะ 2. ขั้นปฏิบัติ (Act) ผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ออกแบบใช้กับนักเรียน 3. ขั้นสังเกต (Observe) ผู้วิจัยสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน และ4. ขั้นสะท้อนผล (Reflection) ผู้วิจัยสะท้อนผลที่ได้จากการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรเพื่อค้นหาข้อดี อุปสรรคที่เกิดขึ้นระหว่างการจัดการเรียนรู้ และข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงแผนในวงจรถัดไป โดยงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 ศึกษาปัญหาและปรับบริบทห้องเรียน ระยะที่ 2 พัฒนานักเรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น และระยะที่ 3 สรุปผลการวิจัย ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แบบแผนงานวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน

2. กลุ่มเป้าหมาย ผู้วิจัยใช้วิธีการเลือกกลุ่มเป้าหมายแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์สุขภาพกลุ่ม 4 จำนวน 35 คน แบ่งออกเป็นนักเรียนชาย จำนวน 3 คน และนักเรียนหญิงจำนวน 32 คน ในโรงเรียนสาธิตแห่งหนึ่งในพื้นที่ภาคใต้ สังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย เป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) รายวิชาเพิ่มเติมชีววิทยา 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 บทที่ 1 ระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึก ซึ่งประกอบด้วย เรื่อง ระบบประสาทของสัตว์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ประสาท ศูนย์ควบคุมระบบประสาทของมนุษย์ การทำงานของระบบประสาท และอวัยวะรับความรู้สึก

4. ระยะเวลาใช้ในการวิจัย ดำเนินการวิจัยในปีการศึกษา 2568 (ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2568 ถึงเดือนมีนาคม 2569)

5. ตัวแปรที่ศึกษา ตัวแปรต้น คือ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น, ตัวแปรตาม คือ ทักษะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

6. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น มัธยมศึกษาปีที่ 6 บทที่ 1 เรื่อง ระบบประสาท จำนวน 5 แผน ใช้เวลา 12 คาบเรียน คาบละ 50 นาที ดังภาพที่ 1 ได้แก่ 1) ระบบประสาทของสัตว์ 2) โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ประสาท 3) ศูนย์ควบคุมระบบประสาทของมนุษย์ 4) การทำงานของระบบประสาท และ5) อวัยวะรับความรู้สึก ผู้วิจัยได้นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ในงานวิจัยให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และนำมาปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ ชิ้นงานของนักเรียนโดยเป็นใบงานแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วยสถานการณ์ที่แตกต่างกันจำนวน 4 สถานการณ์ต่อ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ เช่น แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ระบบประสาทของสัตว์ ประกอบด้วยสถานการณ์ที่ให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ ดังภาพที่ 2 และผู้วิจัยมีการบันทึกเสียงภายในกลุ่มของนักเรียน ผู้วิจัยได้นำใบงานที่ใช้ในงานวิจัยให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และนำมาปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ



คำสั่ง : ให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ พร้อมตอบคำถามต่อไปนี้

นาย สันติ ศึกษาสิ่งมีชีวิต 2 ชนิด โดยมีแบบแผนการทดลองดังต่อไปนี้

สิ่งมีชีวิต	ลักษณะภายนอก	พฤติกรรมการตอบสนองต่อแสงและกินอาหาร
A	มีหนวดหลายเส้น พบรูตาและช่องเปิดออกของอาหารเพียง 1 ช่อง มีขนาดเล็กต้องมองภายใต้กล้องจุลทรรศน์	สิ่งมีชีวิตชนิดนี้หลบแสง และหนีออกจากแสง ใช้หนวดจับเหยื่อและทำให้เหยื่อเป็นอัมพาตและค่อยนำเข้าช่องปาก
B	เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็กมากต้องมองภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ไม่มีเนื้อเยื่อ และไม่มีอวัยวะ เคลื่อนที่อย่างรวดเร็วมีโครงสร้างคล้ายขนเล็ก ๆ รอบๆ	สิ่งมีชีวิตชนิดนี้หลบแสง และหนีออกจากแสง และใช้โครงสร้างคล้ายขนเล็ก ๆ โบกพัดเข้าช่องขนาดเล็ก

จากแบบแผนการทดลองข้างต้นนาย สันติ สนใจโครงสร้างในการตอบสนองต่อสิ่งเร้าของสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ โดยให้นักเรียนช่วยนาย สันติ หาคำตอบว่าสิ่งมีชีวิตดังกล่าวว่าคือสิ่งมีชีวิตใด และใช้โครงสร้างใดในการตอบสนองต่อสิ่งเร้า โดยให้นักเรียนศึกษาจากสิ่งมีชีวิตที่ครูเตรียมไว้ในห้องปฏิบัติการเพื่อใช้ในการตอบคำถามดังนี้

1. จากการทดลองของนาย สันติ และจากสิ่งมีชีวิตที่ครูเตรียมในห้องปฏิบัติการนักเรียนคิดว่าสิ่งมีชีวิต A และ B คือสิ่งมีชีวิตใด มีการตอบสนองต่อสิ่งเร้าโดยควบคุมผ่านโครงสร้างใด และวางแผนอย่างไร?
2. เพราะเหตุใดนักเรียนถึงคิดว่าเป็นสิ่งมีชีวิตที่นักเรียนตอบในข้อข้างต้น นักเรียนมีหลักฐานใดบ้างในการยืนยัน?
3. ให้นักเรียนบอกเหตุผลการนำหลักฐานของนักเรียนมาสนับสนุนคำตอบของนักเรียนได้อย่างไร ?

ภาพที่ 2 ตัวอย่างใบกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ระบบประสาทของสัตว์

7. วิธีการดำเนินการวิจัย และการเก็บรวบรวมข้อมูล

7.1 วางแผน วิเคราะห์เนื้อหาและออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้

1) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ระบบประสาทของสัตว์ ครูสร้างสถานการณ์ให้นักเรียนเป็นผู้สำรวจเพื่อระบุว่าในสถานการณ์ที่ครูให้ไปควรเป็นสิ่งมีชีวิตชนิดใด ซึ่งนักเรียนต้องระบุหลักฐานมาสนับสนุนคำตอบของตนโดยหลักฐานมาจากการทำปฏิบัติการในห้องเรียน และจากที่นักเรียนสืบค้นจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ

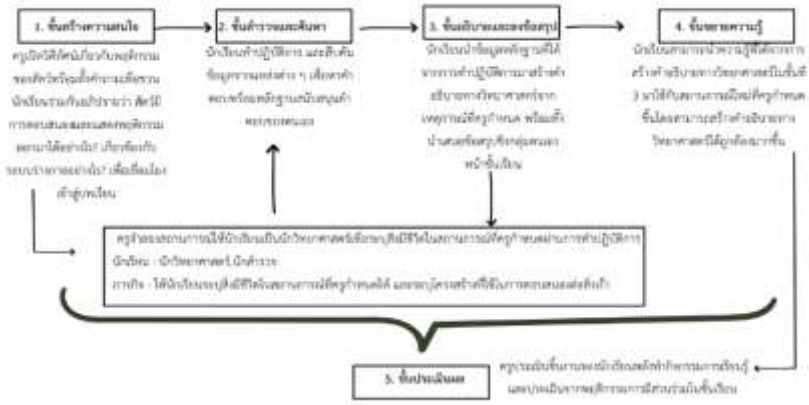
2) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของระบบประสาท ครูสร้างสถานการณ์ภายในชั้นเรียนให้นักเรียนเปรียบเสมือนแพทน์ที่ต้องวินิจฉัยโรคว่าตัวละครในสถานการณ์ที่ครูให้ในแต่ละกลุ่มสามารถเป็นโรคใดได้บ้าง พร้อมกับระบุหลักฐาน และเหตุผลในคำตอบของกลุ่มตน

3) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ศูนย์ควบคุมระบบประสาทของมนุษย์ ครูสร้างสถานการณ์ให้นักเรียนเกี่ยวกับความผิดปกติของการทำงานของสมอง และให้นักเรียนสร้างข้อกล่าวอ้าง ระบุหลักฐาน และให้เหตุผลกับคำตอบของตน และให้นักเรียนคิดการแสดงบทบาทสมมติเกี่ยวกับสมองของตนเพิ่มเพื่อตรวจสอบความเข้าใจชองนักเรียนต่อหน้าที่ของสมองแต่ละส่วน

4) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การทำงานของระบบประสาท ครูให้นักเรียนดูภาพยนต์เรื่อง Don’t move เพื่อให้นักเรียนใช้ในการตอบคำถามเกี่ยวกับการทำงานของระบบประสาทว่าทำงานอย่างไรในสภาวะเหตุการณ์แตกต่างกันระหว่าตกใจกลัว และพักผ่อน หลังจากนั้นครูกำหนดสถานการณ์ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้น และวิเคราะห์ว่าสถานการณ์ดังกล่าวทำให้ตัวละครมีความผิดปกติหรือมีการทำงานของระบบประสาทอย่างไร

5) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง อวัยวะรับสัมผัส ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมกล่องปริศนาเพื่อใช้อวัยวะรับสัมผัสในการบอกสิ่งของที่อยู่ในกล่อง หลังจากนั้นครูกำหนดสถานการณ์เกี่ยวกับความผิดปกติของอวัยวะรับสัมผัสของนักเรียน และให้นักเรียนระบุหลักฐานเพื่อใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนได้ถูกต้อง

7.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นเพื่อพัฒนาทักษะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยทั้งหมด 5 ขั้นตอนดังนี้ ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นขยายความรู้ และขั้นประเมินผล ผู้วิจัยให้นักเรียนมีการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในขั้นตอนที่ 3 จากการกระตุ้นด้วยเหตุการณ์ในขั้นที่ 1 และการสำรวจค้นหาในขั้นที่ 2 โดยมีแนวปฏิบัติแต่ละขั้นดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ตัวอย่างขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น

7.3 จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนที่ผู้วิจัยออกแบบไว้ โดยผู้วิจัยเก็บข้อมูลการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในขั้นที่ 3 การอธิบายและลงข้อสรุปผ่านชิ้นงานของนักเรียน และการบันทึกเสียงภายในกลุ่มของนักเรียนมาวิเคราะห์เพื่อเขียนรายงานการวิจัย

8. **การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้วิเคราะห์**

วิเคราะห์ข้อมูลแบบนิรนัย เป็นการวิเคราะห์ที่ผู้วิจัยมีการตั้งเกณฑ์ไว้ล่วงหน้าโดยการสร้างเกณฑ์นั้นมีกรอบแนวคิดทฤษฎีของงานวิจัยก่อนหน้า และผู้วิจัยนำมาดัดแปลงเพื่อใช้ในงานวิจัยโดยงานวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยใช้เกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยดัดแปลงมาจากงานวิจัยของ McNeill & Krajcik, (2006) มีระดับเกณฑ์ดังนี้ ระดับคะแนนรวมมากกว่า 4 คะแนนอยู่ในเกณฑ์ระดับดี ระดับคะแนนรวมอยู่ในช่วง 3-4 คะแนนอยู่ในเกณฑ์ระดับพอใช้ และระดับคะแนนรวมต่ำกว่า 3 คะแนนอยู่ในเกณฑ์ระดับปรับปรุง ซึ่งระดับคะแนนรวมหมายถึงผลรวมขององค์ประกอบทั้ง 3 องค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ซึ่งคะแนนเต็มอยู่ที่ 6 คะแนน ดังภาพที่ 4 เมื่อผู้วิจัยออกแบบแบบประเมินเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยได้มีขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้ 1) ผู้วิจัยตรวจชิ้นงานของนักเรียนโดยให้คะแนนแยกเป็นองค์ประกอบหลังจากนั้นนำคะแนนมารวมกันเพื่อประเมินระดับความสามารถการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น 2) ครูนำคะแนนนักเรียนทุกกลุ่มมาหาค่าเฉลี่ยและเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 5 วงจรปฏิบัติ 3) ผู้วิจัยนำคะแนนแต่ละองค์ประกอบของนักเรียนทุกกลุ่มในแต่ละวงจรปฏิบัติเพื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยว่าองค์ประกอบใดทั้ง 5 วงจรนักเรียนมีคะแนนสูงสุด และต่ำสุด พร้อมทั้งศึกษาแนวโน้มการพัฒนาการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์แต่ละองค์ประกอบว่าทั้ง 5 วงจรแต่ละองค์ประกอบมีแนวโน้มอย่างไร

แบบประเมินทักษะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ว 33244 โครงสร้างและหน้าที่ของสัตว์ 2 **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6**

หน่วยการเรียนรู้ที่ 18 ระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึก

เรื่อง: ระบบของประสาทของสัตว์ **วันที่**.....

คำชี้แจง ผู้สอนตรวจคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนสร้างขึ้นและกรอกคะแนนลงในช่องที่กำหนด

ชื่อกลุ่ม	ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์			ระดับความสามารถ
	ข้อกล่าวอ้าง	หลักฐาน	การให้เหตุผล	

เกณฑ์การประเมิน

ระดับดี หมายถึง นักเรียนได้คะแนนองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มากกว่า 4 คะแนน

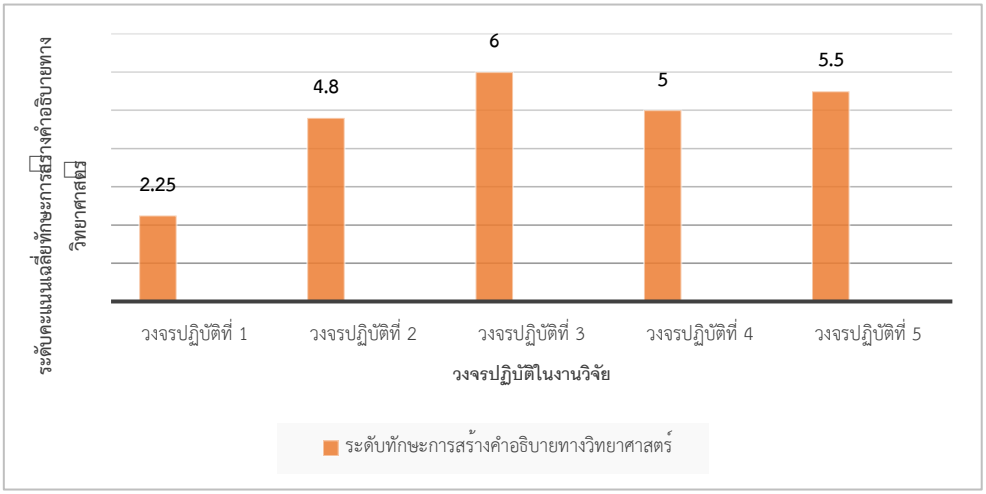
ระดับพอใช้ หมายถึง นักเรียนได้คะแนนองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 3-4 คะแนน

ระดับปรับปรุง หมายถึง ได้คะแนนองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์น้อยกว่า 3 คะแนน

ภาพที่ 4 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยทักษะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นทั้ง 5 วงจรปฏิบัติเพื่อเปรียบเทียบให้เห็นถึงการพัฒนาทักษะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนดังภาพที่ 5

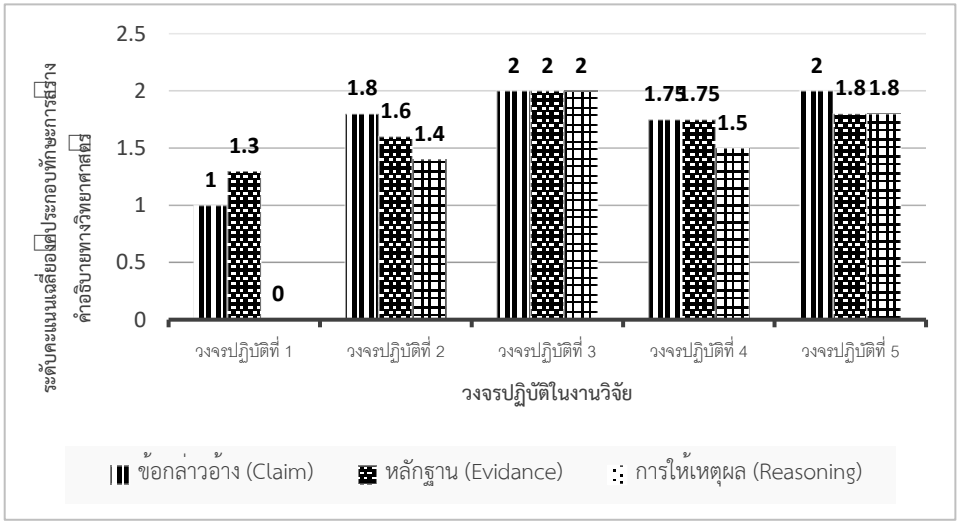


ภาพที่ 5 คะแนนเฉลี่ยระดับทักษะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 5 วงจรปฏิบัติ

จากภาพที่ 5 พบว่า แนวโน้มการพัฒนาการสร้างคำอธิบายของนักเรียนมีแนวโน้มสูงขึ้น แต่เป็นแนวโน้มที่สูงไม่สม่ำเสมอ กล่าวคือ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดในวงจรปฏิบัติที่ 3 คือ 6 คะแนน แสดงว่านักเรียนมีการพัฒนาทักษะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ดีที่สุด แต่พบว่าในวงจรปฏิบัติที่ 4 (5 คะแนน) และวงจรปฏิบัติที่ 5 (5.5 คะแนน) นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ลดลงเล็กน้อย เมื่อนำคะแนนเทียบกับเกณฑ์ของผู้วิจัยพบว่านักเรียนยังคงมีทักษะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี ขณะที่วงจรปฏิบัติที่ 1 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 2.25 คะแนนซึ่งเมื่อเทียบกับเกณฑ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น นักเรียนมีระดับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับปรับปรุง เนื่องจากวงจรปฏิบัติที่ 1 นักเรียนยังไม่เข้าใจความแตกต่างระหว่างการระบุหลักฐาน และการให้เหตุผลว่ามีความแตกต่างกันอย่างไรทำให้นักเรียนระบุเพียงแค่หลักฐานมาเท่านั้นแต่ไม่สามารถนำหลักฐานเขียนเป็นเหตุผลเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนได้ ดังภาพที่ 6 เมื่อผู้วิจัยได้วิเคราะห์ชั้นเรียนขณะจัดกิจกรรมพบว่านักเรียนมีการแบ่งหน้าที่ในการทำปฏิบัติการไม่ชัดเจน ทำให้ต้องใช้เวลาเกินกว่าที่ครูกำหนด จึงส่งผลต่อเวลาที่ให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มีน้อยนักเรียนจึงสร้างคำอธิบายไม่ครบตามเกณฑ์ที่ผู้วิจัยกำหนด

จึงสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นสามารถพัฒนาทักษะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้จากวงจรปฏิบัติที่ 1 ที่นักเรียนมีความสามารถอยู่ในระดับปรับปรุงเมื่อจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นต่อในวงจรปฏิบัติที่ 2 -5 สามารถทำให้นักเรียนมีระดับความสามารถอยู่ในระดับดีได้

เมื่อพิจารณารายละเอียดการพัฒนาในรายองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ คือ การระบุข้อกล่าวอ้าง การระบุหลักฐานและการให้เหตุผล มีแนวโน้มการพัฒนาแต่ละองค์ประกอบในวงจรปฏิบัติดังภาพที่ 7



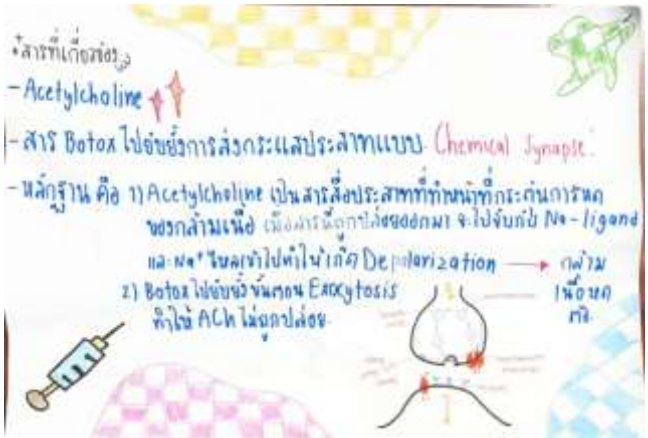
ภาพที่ 7 คะแนนเฉลี่ยระดับทักษะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 5 วงจรปฏิบัติแยกตามองค์ประกอบ

จากภาพ วงจรปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง ระบบประสาทของสัตว์ ผลปรากฏว่าการสร้างคำอธิบายของนักเรียนอยู่ในระดับปรับปรุง กล่าวคือ นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างและหาหลักฐานประกอบได้โดยมีคะแนนเฉลี่ย 1 และ1.3 ตามลำดับ แต่สิ่งที่นักเรียนไม่สามารถทำได้ในวงจรปฏิบัติที่ 1 คือ การให้เหตุผล โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 0 เมื่อผู้วิจัยวิเคราะห์ชิ้นงานของนักเรียนพบว่าไม่สามารถนำหลักฐานมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ โดยหลักฐานที่นักเรียนนำมาประกอบการให้เหตุผลไม่ครบถ้วนอีกด้วยดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ตัวอย่างชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติที่ 1

จากภาพ วงจรปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ประสาท ผลปรากฏว่าการสร้างคำอธิบายของนักเรียนอยู่ในระดับดี กล่าวคือ นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้าง ระบุหลักฐาน และการให้เหตุผลได้ดีมากขึ้นโดยมีคะแนนเฉลี่ยทุกองค์ประกอบอยู่ที่ 2 คะแนน เมื่อวิเคราะห์การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในชิ้นงานของนักเรียนพบว่านักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้าง ระบุหลักฐานได้ถูกต้องครบถ้วน และการให้เหตุผลที่มีคะแนนน้อยที่สุดในวงจรปฏิบัติที่ 1 มีคะแนนสูงขึ้นจากเดิมเนื่องจากนักเรียนสามารถนำหลักฐานมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ครบถ้วนมากขึ้นดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ตัวอย่างชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติที่ 2

จากภาพ วงจรปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง ศูนย์ควบคุมระบบประสาทของมนุษย์ ผลปรากฏว่าการสร้างคำอธิบายของนักเรียนอยู่ในระดับดี กล่าวคือ นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้าง ระบุหลักฐาน และให้เหตุผลอยู่ในระดับดีทุก ๆ องค์ประกอบ และมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดทั้ง 3 องค์ประกอบคือ 2 คะแนน เมื่อวิเคราะห์การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในชิ้นงานของนักเรียนพบว่านักเรียนสามารถระบุทุก ๆ องค์ประกอบได้ครบถ้วนตามเกณฑ์ที่ผู้วิจัยตั้งไว้ และการให้เหตุผลที่มีคะแนนเฉลี่ยน้อยทั้งวงจร 1 และวงจร 2 มีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มมากขึ้น โดยนักเรียนสามารถนำหลักฐานมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 ตัวอย่างชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติที่ 3

จากภาพ วงจรปฏิบัติการที่ 4 เรื่อง การทำงานของระบบประสาท ผลปรากฏว่าการสร้างคำอธิบายของนักเรียนอยู่ในระดับดี กล่าวคือ นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างและหาหลักฐานประกอบได้ดีมากกว่าการให้เหตุผล เมื่อคิดคะแนนเฉลี่ยพบว่าทั้ง 3 องค์ประกอบมีค่าเฉลี่ยลดลงจากวงจรปฏิบัติที่ 3 จากการวิเคราะห์ชิ้นงานของนักเรียนพบว่านักเรียนระบุข้อกล่าวอ้างไม่ครบถ้วน การระบุหลักฐานของนักเรียนสามารถนำหลักฐานในสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้มาระบุได้ครบถ้วน และการที่นักเรียนระบุข้อกล่าวอ้างไม่ครบทำให้การให้เหตุผลของนักเรียนมีความบกพร่องทำให้คะแนนองค์ประกอบนี้มีคะแนนเฉลี่ยน้อยลงจากวงจรปฏิบัติที่ 3 ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 ตัวอย่างชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติที่ 4

จากภาพ วงจรปฏิบัติการที่ 5 เรื่อง อวัยวะรับสัมผัส ผลปรากฏว่าการสร้างคำอธิบายของนักเรียนอยู่ในระดับดี กล่าวคือ นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างมีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด การระบุหลักฐาน และการให้เหตุผลมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน คือ 1.8 พบว่าในวงจรปฏิบัติที่ 5 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจากวงจรปฏิบัติที่ 4 จากการวิเคราะห์ชิ้นงานพบว่านักเรียนระบุคำตอบจากสถานการณ์ได้ถูกต้องส่วนการระบุหลักฐานนักเรียนไม่สามารถระบุได้ครบถ้วนทำให้การให้การเหตุผลของนักเรียนมีการนำหลักฐานมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างไม่ครบถ้วนจึงมีคะแนนเฉลี่ยลดลงดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 ตัวอย่างชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติที่ 5

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า การพัฒนาในรายองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้ง 5 วงจร พบว่าทั้ง 3 องค์ประกอบมีแนวโน้มสูงขึ้นจากวงจรปฏิบัติที่ 1 และสูงที่สุดในวงจรปฏิบัติที่ 3 แต่มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยในวงจปฏิบัติที่ 4 และวงจรปฏิบัติที่ 5 แต่ทั้ง 2 วงจรการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในภาพรวมอยู่ในระดับดี การที่วงจรที่ 4 และวงจรที่ 5 มีคะแนนเฉลี่ยน้อยลงเนื่องจากเป็นเนื้อหาที่ค่อนข้างยาก และอาจเกิดจากปัจจัยอื่น ๆ เข้ามาเกี่ยวข้องที่ได้จากการสอบถามนักเรียน คือ เป็นสัปดาห์ใกล้สอบนักเรียนจึงไม่อยากทำกิจกรรมในชั้นเรียน

วิจารณ์ผล

จากผลการวิจัยการพัฒนาทักษะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 รายวิชาชีววิทยาพบว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นสามารถพัฒนาทักษะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้จากภาพที่ 1 พบว่าวงจรปฏิบัติที่ 1 จนถึงวงจรปฏิบัติที่ 5 คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนมีค่าสูงขึ้น และเมื่อเทียบกับเกณฑ์ของผู้วิจัยพบว่านักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีระดับทักษะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากระดับปรับปรุงในวงจรปฏิบัติที่ 1 และมีระดับทักษะการสร้าง

คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีตั้งแต่วงจรปฏิบัติที่ 2-5 และเมื่อพิจารณาความสามารถการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นรายกลุ่มนักเรียนพบว่านักเรียนทั้ง 5 กลุ่มดังภาพที่ 3 พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเมื่อนำคะแนนเทียบกับเกณฑ์ของผู้วิจัยพบว่าในวงจรปฏิบัติที่ 1 นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับปรับปรุง เมื่อทำการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นไปจนครบทั้ง 5 วงจรปฏิบัติพบว่านักเรียนทุกกลุ่มมีคะแนนที่สูงขึ้นทำให้นักเรียนทุกกลุ่มมีระดับการสร้างคำอธิบายทาวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับปานกลาง-ดี แสดงว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นสามารถพัฒนาทักษะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ มิ่งมุก สุทธิกิตติพงศ์, (2562) ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมบัติของสารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E) พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนอยู่ในระดับพอใช้ (13.02 คะแนน จาก 48 คะแนน) ภายหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E) ทั้ง 4 แผนนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 59.08 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ ตั้งแต่ร้อยละ 50 ขึ้นไปจัดอยู่ในระดับดี (28.36 คะแนน จาก 48 คะแนน)

จากผลการวิจัยการพัฒนาทักษะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 รายวิชาชีววิทยาพบว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นสามารถพัฒนาทักษะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยแยกตามองค์ประกอบทั้ง 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง การระบุหลักฐาน และการให้เหตุผล พบว่าวงจรปฏิบัติที่ 3 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทั้ง 3 องค์ประกอบคือ การระบุข้อกล่าวอ้าง การระบุหลักฐาน และการให้เหตุผล สูงที่สุดจาก 5 วงจรปฏิบัติ และวงจรปฏิบัติที่มีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุดในทุก ๆ องค์ประกอบคือวงจรปฏิบัติที่ 1 เมื่อเทียบคะแนนทั้ง 3 องค์ประกอบแล้วพบว่าองค์ประกอบการให้เหตุผลจะมีระดับคะแนนเฉลี่ยที่น้อยที่สุดทั้ง 5 วงจรปฏิบัติซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ นภาไลย์ ตะเสาร์ และสุทธิดา จำรัส, (2564) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้อินโฟกราฟิกที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มชาติพันธุ์พบว่านักเรียนทำคะแนนในองค์ประกอบด้านข้อกล่าวอ้างได้มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 77.08 รองลงมาองค์ประกอบด้านหลักฐานนักเรียนทำคะแนนได้คิดเป็นร้อยละ 54.71 และองค์ประกอบด้านการให้เหตุผลนักเรียนทำคะแนนได้น้อยที่สุดคิดเป็นร้อยละ 41.67 ผลที่ได้แสดงผลจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้อินโฟกราฟิกนั้นเน้นให้นักเรียนได้ตอบคำถามในรูปแบบของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์โดยประเด็นที่ต้องเน้นเพิ่มเติมคือการให้เหตุผลเพื่อเชื่อมโยงคำอธิบายไปยังหลักฐานหรือประจักษ์พยานที่ใช้ในการสร้างคำอธิบายนั้น

สรุปผล

การพัฒนาทักษะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 รายวิชาชีววิทยา ผ่านการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น พบว่า นักเรียนมีแนวโน้มการพัฒนาการสร้างคำอธิบายสูงขึ้น แต่เป็นแนวโน้มที่สูงขึ้นแบบไม่สม่ำเสมอ และเมื่อพิจารณาองค์ประกอบการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์พบว่า องค์ประกอบการระบุข้อกล่าวอ้างมีแนวโน้มที่นักเรียนมีคะแนนสูงสุดในทุก ๆ วงจรแสดงว่านักเรียนมีการพัฒนาองค์ประกอบการระบุข้อกล่าวอ้างได้ดีที่สุด รองลงมาคือการระบุหลักฐานพบว่าทั้ง 5 วงจรมีแนวโน้มคะแนนเฉลี่ยสูงขึ้นแต่น้อยกว่าการระบุข้อกล่าวอ้าง และองค์ประกอบสุดท้ายที่มีคะแนนเฉลี่ยน้อยในทุก ๆ วงจร คือ การให้เหตุผลพบว่าคะแนนเฉลี่ยน้อยกว่าองค์ประกอบการระบุข้อกล่าวอ้าง และการระบุหลักฐาน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิตแห่งหนึ่งในภาคใต้ สังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2008). Scientific explanations: Characterizing and evaluating the effects of teachers' instructional practices on student learning. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, *45*(1), 53–78.

ฉลองวุฒิ จันทร์หอม. (2562). แนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้าง คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน.

ต๊ะเสาร์ น., & จำรัส ส. (2021). ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้อินโฟกราฟิกที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มชาติพันธุ์. วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษ(JSSE), 4(2), 190–203. สืบค้น จาก https://so04.tci-thaijo.org/index.php/JSSE/article/view/25316

มิ่งมุก สุทธิกิตติพงศ์. (2562) การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมบัติของสาร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E) . มหาวิทยาลัยรังสิต/ปทุมธานี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2022). การแถลงข่าวผลการประเมิน PISA 2022. กรุงเทพมหานคร : ม.ป.ท. สืบค้นเมื่อ 12 มกราคม 2568, จาก https://pisathailand.ipst.ac.th/news-21/

อภิวัฒน์ โชติมุข และกัญญารัตน์ โคจร. (2567). “การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคาอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5”. วารสารมหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 18(1), 252-262.

Bayer, C. J. & Davis, E. A. (2008). “Fostering second graders’ scientific explanations: A beginning elementary teacher’s knowledge, beliefs, and practice”. The Journal of the Learning Sciences. 17(3), 381- 414.

Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness. Colorado Springs, Co: BSCS, 5(88-98).

การพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง วัสดุในชีวิตประจำวัน ที่ผ่านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

The Development of Creative Thinking Skills in Grade 3 Students Through STEM-Based Science Learning on the Topic of Everyday Materials

ฮุซนี สันหมุด[1*] สิงหา ประสิทธิ์พงศ์[2] และ เมธี ดิสวัสดิ์[3]

Hussanee Sanmud[1*] Singha Prasitpong[2] and Matee Di-Sawat[3]

[1] นักศึกษาปริญญาโท สาขาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ
ถนนกาญจนวณิช ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

[1] Graduate Student, Master of Education Program in Teaching Science and Mathematics, Faculty of Education, Thaksin University, Kanjanavanich Road, Khao Rup Chang, Mueang Songkhla District, Songkhla 90000

[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สาขาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ
ถนนกาญจนวณิช ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

[2] Assistant Professor Dr., Master of Education Program in Teaching Science and Mathematics, Faculty of Education, Thaksin Universit, Kanjanavanich Road, Khao Rup Chang, Mueang Songkhla District, Songkhla 90000

[3] ดร. สาขาการประเมินผลและวิจัย คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ
ถนนกาญจนวณิช ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

[3] Dr., Master of Education Program in Research and Evaluation, Faculty of Education, Thaksin University, Kanjanavanich Road, Khao Rup Chang, Mueang Songkhla District, Songkhla 90000

*Corresponding author E-mail: 6719970078@tsu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง วัสดุในชีวิตประจำวัน ที่ผ่านการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 30 คน จำนวนนักเรียนชาย 10 คน จำนวนนักเรียนหญิง 20 จำนวน โรงเรียนประถมศึกษาแห่งหนึ่ง จังหวัดพัทลุง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพัทลุง เขต 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 ซึ่งได้มาจากการเลือกกลุ่มเป้าหมายแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) การวิจัยในครั้งนี้ใช้การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (CAR) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 2) แบบประเมินทักษะการคิดสร้างสรรค์ 3) ใบกิจกรรม และชิ้นงานของนักเรียน 4) อนุทิน

สะท้อนความคิดของครู 5) บันทึกวิดีทัศน์ 6) บันทึกเสียงการสอน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และการวิเคราะห์เนื้อหา

ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการทักษะการคิดสร้างสรรค์ ตามแนวคิดของกิลฟอร์ด ซึ่งมี 4 องค์ประกอบ ดังนี้ ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency), ความคิดละเอียดลออ (Elaboration), ความคิดริเริ่ม (Originality) และความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) เมื่อพิจารณาในแต่ละองค์ประกอบจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 จนถึงวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนมีร้อยละเฉลี่ยขององค์ประกอบความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ ดังนี้ 78 ± 19, 80 ± 8, 78 ± 9 และ 89 ± 9 ตามลำดับ พบว่า องค์ประกอบที่มากที่สุดคือ ความคิดละเอียดลออ และองค์ประกอบที่น้อยที่สุด คือ ความคิดคล่องแคล่ว และความคิดริเริ่ม ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นใน 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ ยกเว้นองค์ประกอบความคิดยืดหยุ่น

คำสำคัญ **:** ทักษะการคิดสร้างสรรค์, การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา, วิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน

Abstract

The objectives of this research were: 1) to develop The Creative Thinking Skills of Grade 3 students regarding "Everyday Materials" through the STEM Education. The sample group consisted of 30 Grade 3 students (10 males and 20 females) from a primary school in Phatthalung Province, under the Phatthalung Primary Educational Service Area Office 2, during the second semester of the 2025 academic year. The participants were selected using purposive sampling. This study employed Classroom Action Research (CAR) as the research methodology. The research instruments included: 1) STEM-based lesson plans 2) Creative Thinking Skills assessment form 3) student activity sheet and project 4) teacher reflection journal 5) video recording and 6) audio recording of the teaching session. Data were analyzed using percentage, mean and Content Analysis.

The research findings revealed that the students exhibited development in Creative Thinking Skills based on Guilford's concept, which comprises four components: Fluency, Elaboration, Originality, and Flexibility. When considering each component across the three action research cycles, Mean percentages of Fluency, Flexibility, Originality, and Elaboration were 78 ± 19, 80 ± 8, 78 ± 9 and 89 ± 9 respectively. It was found that Elaboration were the highest-

scoring components, while Fluency and Originality was the lowest. Furthermore, an upward trend was observed across three components Fluency, Originality, and Elaboration whereas Flexibility did not follow the same increasing trend.

Keyword: Creative Thinking Skills, STEM Education, Classroom Action Research

บทนำ

ทักษะการคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking Skills) เป็นกระบวนการที่สร้างความคิดใหม่ ๆ ออกมาโดยใช้เทคนิคของการสร้างสรรค์ทางความคิดที่เปิดกว้าง เช่น การระดมสมอง (Brainstorming) สร้างสรรค์สิ่งแปลกใหม่และเสริมสร้างคุณค่าทางความคิดและสติปัญญาให้มีความละเอียดรอบคอบต่อการคิดวิเคราะห์และประเมินแนวความคิดเพื่อนำไปสู่การปรับปรุงและพัฒนางานในเชิงสร้างสรรค์ (ธีรพงษ์ จันเปรียง, เจนวิทย์ วารีบ่อ และอติราช เกิดทอง , 2564) โดยองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์นี้ได้รับอิทธิพลมาจากทฤษฎีโครงสร้างทางสติปัญญาของกิลฟอร์ด (Guilford, 1967) ซึ่งเชื่อว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถทางสมองที่คิดได้อย่าง ซับซ้อน กว้างไกล หลายทิศทาง หรือที่เรียกว่า คิดอเนกนัย (Divergent Thinking) ซึ่งประกอบด้วย 1) ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) หมายถึง ความสามารถของสมองในการคิดหาคำตอบได้อย่างคล่องแคล่วรวดเร็วหรือคล่องตัวในการคิดตอบสนองต่อสิ่งเร้าให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ ความคิดชนิดนี้จะเน้นในเรื่องปริมาณความคิดที่ไม่ซ้ำกันในเรื่องเดียวกัน 2) ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ประเภทหรือแบบของความคิด 3) ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ความสามารถทางสมองในการหาคำตอบที่แปลกใหม่และเป็นคำตอบที่ไม่ซ้ำกับคำตอบขอบของผู้อื่น เป็นความคิดที่แตกต่างไปจากความคิดธรรมดา 4) ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) หมายถึง ความคิดเกี่ยวกับรายละเอียดที่ใช้ในการตกแต่ง เพื่อทำให้คิดริเริ่มนั้นสมบูรณ์ยิ่งขึ้น (นฤมล กุลสืบ, 2563) และเบมาเนีย และคณะ (Behnamnia et al., 2020) กล่าวว่า การคิดเชิงสร้างสรรค์ช่วยก่อให้เกิดวิธีแก้ปัญหาที่มีเอกลักษณ์ และเป็นรากฐานสำคัญของกระบวนการแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ขณะที่ห้องเรียนของผู้วิจัย ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง หยุดเชื้อเพื่อเพื่อน โดยให้สถานการณ์ปัญหาแก่นักเรียน คือ ในช่วงที่มีสถานการณ์โควิด 19 เด็ก ๆ สังเกตว่าเพื่อนหลายคนยังไม่ล้างมือให้สะอาดหรือใช้หน้ากากอนามัยไม่ถูกวิธี คุณครูจึงอยากให้ทุกคนช่วยกันคิดวิธีหรือประดิษฐ์สิ่งของที่ช่วยให้เพื่อน ๆ ในโรงเรียนปลอดภัยจากเชื้อโรค จากสถานการณ์ให้นักเรียนออกแบบสิ่งประดิษฐ์ง่าย ๆ เพื่อป้องกันการแพร่เชื้อในโรงเรียน ผลการศึกษา พบว่า นักเรียนให้ความร่วมมือ มีความกระตือรือร้นและให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมเป็นอย่างดี แต่นักเรียนขาดทักษะการคิดสร้างสรรค์ โดยยึดตามองค์ประกอบของกิลฟอร์ด ซึ่งมี

4 องค์ประกอบ ดังนี้ 1) นักเรียนขาดความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) เนื่องจากนักเรียนคิดหาคำตอบไม่ได้ภายในเวลาที่กำหนด โดยใช้เวลาในการทำชิ้นงานนานเกินไป และ 2) นักเรียนขาดความคิดริเริ่ม (Originality) เนื่องจากไม่มีคำตอบที่แปลกใหม่ แต่นักเรียนมีองค์ประกอบด้านความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) เนื่องจากคำตอบและรูปแบบความคิดของนักเรียนทุกกลุ่มมีลักษณะหลากหลาย และด้านความคิดละเอียดลออ (Elaboration) นักเรียนสามารถให้รายละเอียดของสิ่งประดิษฐ์ และสามารถอธิบายขั้นตอนการทำสิ่งประดิษฐ์ที่ช่วยป้องกันโควิด-19 ได้อย่างละเอียด จากปัญหาดังกล่าวแสดงว่านักเรียนขาดทักษะการคิดสร้างสรรค์ ในองค์ประกอบความคิดคล่องแคล่ว และความคิดริเริ่ม ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะจัดการเรียนรู้ที่ช่วยให้นักเรียนได้รู้จักเผชิญกับปัญหาและค้นหาแนวทางในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย เพื่อพัฒนาการคิดสร้างสรรค์ และนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ โดยนักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองและลงมือปฏิบัติด้วย ซึ่งสอดคล้องกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษา คือ แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการ 4 สาขาวิชาหลัก ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) มีจุดเด่นที่การนำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มาผนวกเข้ากับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่อยู่ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานของไทย เพื่อให้การเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีความหมาย เน้นการนำประเด็นหรือสถานการณ์ที่อยู่ใกล้ตัวนักเรียนอาจเป็นปัญหาหรือหลักการ หรืออาชีพที่พบเห็นได้ในชุมชนมาเชื่อมโยงเข้ากับเนื้อหาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ สร้างโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ที่ได้เรียนรู้ในชั้นเรียน และความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีหาวิธีการหรือพัฒนาชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ครูนำเสนอ (เสกสรร สรรสรพิสุทธิ์, 2558) ลักษณะการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ประกอบด้วย 1) การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้บูรณาการความรู้ และทักษะของวิชาที่เกี่ยวข้องในสะเต็มศึกษาทั้ง 4 สาขาวิชาในระหว่างการเรียนรู้ 2) กิจกรรมต้องมีความท้าทายความสามารถของนักเรียน ให้นักเรียนได้แก้ไขปัญหา หรือสถานการณ์จริงหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนด 3) เป็นกิจกรรมที่กระตุ้นให้นักเรียนได้เรียนรู้แบบ Active Learning 4) นักเรียนสามารถพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ผ่านการทำกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่ครูผู้สอนเป็นผู้กำหนด และ 5) สถานการณ์หรือปัญหาที่ใช้ในกิจกรรมต้องมีความเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของนักเรียนหรือการประกอบอาชีพในอนาคต ซึ่งจะทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) นอกจากนั้น บีรัม (Byrum, 2015) กล่าวว่า การที่นักเรียนได้ทำโครงงานแบบสะเต็มจะเพิ่มความสามารถให้นักเรียนนำเนื้อหาไปประยุกต์ในสถานการณ์จริง และการขยายความรู้ไปประยุกต์ในสถานการณ์ต่าง ๆ ซึ่งการทำดังกล่าวเป็นการทำให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์เพิ่มขึ้น

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง วัสดุในชีวิตประจำวัน ซึ่งคาดหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนให้ดีขึ้นเพื่อเป็นการพัฒนาผู้เรียนให้เต็มศักยภาพ และเป็นบุคคลที่มีความรู้ความสามารถอย่างมีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 เพื่อไปปรับใช้ในชีวิตประจำวัน และนำไปสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ ๆ ขึ้นมาทำให้เกิดประโยชน์ต่อตนเองและประเทศชาติ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง วัสดุในชีวิตประจำวัน ที่ผ่านการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ทักษะการคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถที่จะคิดค้นสิ่งแปลกใหม่หรือเกิดจากความคิดผสมผสานกันทำให้เกิดสิ่งใหม่ ๆ ขึ้น โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหา เกิดเป็นการคิดสร้างสรรค์สิ่งแปลกใหม่มีคุณค่า และเป็นประโยชน์เกี่ยวกับเนื้อหาเรื่อง วัสดุในชีวิตประจำวัน สามารถวัดได้ด้วยแบบประเมินทักษะการคิดสร้างสรรค์ โดยใช้แนวคิดของกิลฟอร์ด ซึ่งมีองค์ประกอบ 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1.1 ความคิดริเริ่ม (Originality) คือ นักเรียนสามารถคิดหาคำตอบได้แปลกใหม่ที่ไม่ซ้ำกับผู้อื่น

1.2 ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) คือ นักเรียนสามารถคิดหาคำตอบได้อย่างคล่องแคล่ว รวดเร็ว และได้คำตอบจำนวนมากในเวลาที่จำกัด

1.3 ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) คือ นักเรียนสามารถหาคำตอบได้หลากหลาย ซึ่งผู้วิจัยมองในภาพรวมของห้อง โดยการเปรียบเทียบคำตอบของนักเรียนภายในห้อง

1.4 ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) คือ นักเรียนสามารถบอกรายละเอียดเกี่ยวกับรูปแบบงานได้ครบถ้วนสมบูรณ์ เชื่อมโยงหรือขยายความสัมพันธ์สิ่งต่าง ๆ ได้

2. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการ 4 สาขาวิชาหลัก ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) เน้นให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในการเชื่อมโยงและแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน รวมทั้งเพื่อให้ผู้เรียนได้นำความรู้ทุกแขนงมาใช้ เน้นการนำประเด็นหรือสถานการณ์ที่อยู่ใกล้ตัวนักเรียนมาเชื่อมโยงเข้ากับเนื้อหา เพื่อหาวิธีการหรือพัฒนาชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ครูนำเสนอ โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process : EDP) ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนทำความเข้าใจในสิ่งที่พบเป็นปัญหาในชีวิตประจำวันซึ่งสามารถใช้ทักษะการตั้งคำถามด้วยหลัก 5W1H

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาหรือความต้องการ เพื่อหาวิธีการ ที่หลากหลายสำหรับใช้ในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นขั้นตอนของการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการโดยการประยุกต์ใช้ข้อมูลที่ได้จากการรวบรวม

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นขั้นตอนการวางลำดับขั้นตอนการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ จากนั้นจึงลงมือสร้างหรือพัฒนาชิ้นงานหรือวิธีการ เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นขั้นตอนของการตรวจสอบและประเมินชิ้นงานวิธีการที่สร้างขึ้นว่า สามารถทำงานหรือใช้ในการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการได้หรือไม่มีข้อบกพร่องอย่างไรและควรปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานหรือแบบจำลองวิธีการในส่วนใดควรปรับปรุงแก้ไขอย่างไร

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นขั้นตอนของการคิดวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับชิ้นงานหรือวิธีการที่สร้างขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ

วิธีการดำเนินการวิจัย

ของเขตของการวิจัย

1. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ทำการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 30 คน จำนวนนักเรียนชาย 10 คน จำนวนนักเรียนหญิง 20 จำนวน โรงเรียนประถมศึกษาแห่งหนึ่ง จังหวัดพัทลุง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพัทลุง เขต 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 ซึ่งได้มาจากการเลือกกลุ่มเป้าหมายแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) โดยห้องดังกล่าว นักเรียนเก่งในด้านเนื้อหา แต่ยังขาดทักษะการคิดสร้างสรรค์ ชอบการปฏิบัติและการทำกิจกรรมที่สนุก น่าสนใจ อีกทั้งกล้าแสดงความคิดเห็นและเรียนรู้ได้ดีเมื่อมีการเสริมแรงทางบวก

2. ตัวแปรที่ศึกษา มีดังนี้

ตัวแปรต้น ได้แก่ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ตัวแปรตาม ได้แก่ ทักษะการคิดสร้างสรรค์ (ความคิดคล่องแคล่ว, ความคิดยืดหยุ่น, ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ)

3. ขอบเขตเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

ขอบเขตเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้เนื้อหา วัสดุในชีวิตประจำวัน วิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง วัสดุในชีวิตประจำวัน

4. ระยะเวลาในการวิจัย

ดำเนินการวิจัยในปีการศึกษา 2568 ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2568 - เดือนมีนาคม พ.ศ. 2569

รูปแบบการวิจัย

ผู้วิจัยเลือกใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Kemmis and McTaggart มาใช้ในการพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในรายวิชาวิทยาศาสตร์ มี 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การวางแผน (Plan) ผู้วิจัยศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน วิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง วัสดุในชีวิตประจำวัน

ขั้นที่ 2 การปฏิบัติตามแผน (Act) ผู้วิจัยดำเนินการตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่วางไว้ โดยบันทึกวีดีทัศน์การสอนและบรรยากาศในห้องเรียนบันทึกเสียงการสนทนาที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน เพื่อช่วยให้ผู้วิจัยประเมินพฤติกรรมของตนเองและนักเรียนในระหว่างการจัดการเรียนรู้ได้อย่างครบถ้วน เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้บันทึกสิ่งที่ได้ปฏิบัติจริงในห้องเรียน ปัญหาอุปสรรคที่เกิดขึ้นรวมไปถึงแนวทางในการแก้ไขปัญหา และสิ่งที่ได้เรียนรู้จากการจัดการเรียนรู้ ลงในอนุทินสะท้อนความคิดของครู

ขั้นที่ 3 การสังเกตการณ์ (Observe) สังเกตกระบวนการการเรียนรู้ของตนเองและผลที่เกิดขึ้นกับนักเรียนที่ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์ตามองค์ประกอบของกิลฟอร์ด โดยใช้วิดีทัศน์บันทึกการสอน การบันทึกเสียงการสนทนา ใบกิจกรรม และใบงานของนักเรียน จากนั้นนำผลการประเมินการจัดการเรียนรู้ทั้งหมดไปใช้ในขั้นสะท้อนผลต่อไป

ขั้นที่ 4 การสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect) ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์การจัดการเรียนรู้ของตนเอง จากข้อมูลที่ได้จากการจัดการเรียนรู้ สิ่งที่เกิดขึ้นจริงในห้องเรียนเทียบกับแผนการจัดการเรียนรู้ที่ออกแบบไว้ว่าเป็นอย่างไร

ทั้งในด้านสิ่งที่ได้ปฏิบัติตามแผน และสิ่งที่ไม่ได้ปฏิบัติตามแผน ผลที่เกิดขึ้นจากการจัดการเรียนรู้เป็นอย่างไร รวมถึงข้อค้นพบที่ได้จากการจัดการเรียนรู้ จากนั้นทำการบันทึกลงในอนุทินสะท้อนความคิดของครู เพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้จากการจัดการเรียนรู้ของตนเองในระยะที่ 1 และวิธีปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ในระยะถัดไป

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง วัสดุในชีวิตประจำวัน จำนวน 3 แผน รวมเวลาเรียนทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง 2) แบบประเมินทักษะการคิดสร้างสรรค์ 3) ใบกิจกรรม และชิ้นงานของนักเรียน 4) อนุทินสะท้อนความคิดของครู 5) บันทึกวิดีทัศน์ 6) บันทึกเสียงการสอน โดยเครื่องมือลำดับที่ 1 และลำดับที่ 2 ได้ผ่านการประเมินความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งใช้เวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมด 12 คาบ โดยจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ทั้งหมด 3 วงจรปฏิบัติการ ได้แก่ วงจรปฏิบัติการที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง “นักวิทย์พิชิตพื้นลื่น” วงจรปฏิบัติการที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง “กระถางรักษ์โลก” และวงจรปฏิบัติการที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง “แก้วเก็บเย็น...เย็นได้นาน” หลังเสร็จสิ้นกิจกรรม ผู้วิจัยนำผลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดไปทำการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากที่ได้จากการทำกิจกรรมในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มาวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนตามองค์ประกอบของทักษะการคิดสร้างสรรค์จากพฤติกรรมที่บ่งชี้ของนักเรียน ซึ่งกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน 3 ระดับ ระดับดี (3 คะแนน), ระดับพอใช้ (2 คะแนน) และระดับปรับปรุง (1 คะแนน) แล้วนำคะแนนของแต่ละองค์ประกอบมารวมกันเป็นคะแนนรวมเทียบกับระดับคุณภาพดี พอใช้ และปรับปรุง จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการทำกิจกรรมในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มาหาร้อยละของข้อมูล

ผลการวิจัย

จากวงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน 3 วงจร เพื่อพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง วัสดุในชีวิตประจำวัน ที่ผ่านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีผลการศึกษาแต่ละวงจร ดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง นักวิทย์พิชิตพื้นลื่น

จากการวิเคราะห์ผลการพัฒนา พบว่า นักเรียนจำนวนทั้งหมด 30 คน โดยให้นักเรียนทำกิจกรรมผ่านกิจกรรมกลุ่มโดยแบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม พบว่า องค์ประกอบที่มากที่สุดคือ ความคิดยืดหยุ่น และองค์ประกอบที่น้อยที่สุด คือ ความคิดคล่องแคล่ว และความคิดริเริ่ม พบว่า มีจำนวนกลุ่มนักเรียนที่มีทักษะการคิดสร้างสรรค์ในระดับดี จำนวน 1 กลุ่ม ระดับพอใช้ จำนวน 3 กลุ่ม และระดับปรับปรุง จำนวน 2 กลุ่ม ส่วนใหญ่อยู่ในระดับพอใช้ เนื่องจาก 1) ความคิดคล่องแคล่ว โดยมีคำถาม ดังนี้ นักเรียนคิดว่าสิ่งของที่ช่วยกันลื่นได้ดีมีอะไรบ้างภายในเวลา 1 นาที พบว่า นักเรียนส่วนน้อยสามารถตอบคำถามภายในเวลาที่กำหนดได้ ต้องได้รับการกระตุ้นถึงจะตอบคำถาม คำตอบ ดังนี้ รองเท้ากันลื่น พื้นกระเบื้อง พรม แผ่นยาง ซึ่งอยู่ในระดับพอใช้ 2) ความคิดยืดหยุ่น การแก้ปัญหาที่แสดงถึงการใช้วัสดุในการสร้างรองเท้าและช่วยกันลื่น เช่น ใช้กระดาษลังแทนพื้นรองเท้า 3) ความคิดริเริ่ม ชิ้นงานมีความแปลกใหม่เพียงเล็กน้อย เช่น ใช้รองเท้าเดิมแต่มีสิ่งของตกแต่งเพิ่ม ซึ่งเป็นการผสมผสานแนวคิดที่มีอยู่เดิม แต่ยังไม่ถือเป็นสิ่งประดิษฐ์หรือแนวคิดที่คิดค้นขึ้นใหม่ทั้งหมด 4) ความคิดละเอียดลออ รายละเอียดการนำเสนอไม่ครบตามหัวข้อ และคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้บางอย่างไม่สามารถช่วยกันลื่นได้ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ตัวอย่างชิ้นงานของกลุ่มนักเรียนในระดับพอใช้ วงจรปฏิบัติการที่ 1

วงจรปฏิบัติการที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง กระถางรักษ์โลก

จากการวิเคราะห์ผลการพัฒนา พบว่า นักเรียนจำนวนทั้งหมด 30 คน โดยให้นักเรียนทำกิจกรรมผ่านกิจกรรมกลุ่มโดยแบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม พบว่า องค์ประกอบที่มากที่สุดคือ ความคิดละเอียดลออ และองค์ประกอบการที่น้อยที่สุด คือ ความคิดคล่องแคล่ว พบว่า มีจำนวนกลุ่มนักเรียนที่มีทักษะการคิดสร้างสรรค์ ระดับดี จำนวน 1 กลุ่ม ระดับพอใช้ จำนวน 2 กลุ่ม และระดับปรับปรุง จำนวน 3 กลุ่ม ส่วนใหญ่อยู่ในระดับปรับปรุง เนื่องจากองค์ประกอบของทักษะการคิดสร้างสรรค์ ดังนี้ 1) ความคิดคล่องแคล่ว โดยมีคำถาม ดังนี้ อิฐที่แยกออกมาสามารถนำมาประกอบรูปร่างหรือทำอย่างอื่นได้อีกหรือไม่ อย่างไร ภายในเวลา 1 นาที พบว่า นักเรียนทุกคนสามารถตอบคำถามภายในเวลาที่กำหนดได้ คำตอบ ดังนี้ ฝาผนัง พื้น ที่นั่ง เซเว่น ห้องนอน ห้องน้ำ ห้องครัว ห้องนั่งเล่น โรงเรียน โต๊ะ และเก้าอี้ ซึ่งอยู่ในระดับพอใช้ 2) ความคิดยืดหยุ่น นักเรียนมีการใช้วัสดุเหลือใช้ คือ

ขวดน้ำพลาสติก แต่ไม่หลากหลาย และมีฟังก์ชันการทำงานที่เรียบง่าย 3) ความคิดริเริ่ม นักเรียนไม่สามารถนำเสนอมีความแปลกใหม่แตกต่างจากสิ่งที่พบเห็นได้ทั่วไป ยังคงมีลักษณะคล้ายกระถางแบบเดิม เช่น นำเสนอเป็นแคปซูลปลูกต้นไม้ 4) ความคิดละเอียดลออ การนำเสนอมีรายละเอียดครบตามหัวข้อ ชิ้นงานมีบางส่วนที่ไม่เรียบร้อย มีการตกแต่งเพิ่มเติม แต่ส่วนที่ตกแต่งเพิ่มไม่ได้ส่งผลต่อการใช้งานจริง ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ตัวอย่างชิ้นงานของกลุ่มนักเรียนในระดับปรับปรุง วงจรปฏิบัติการที่ 2

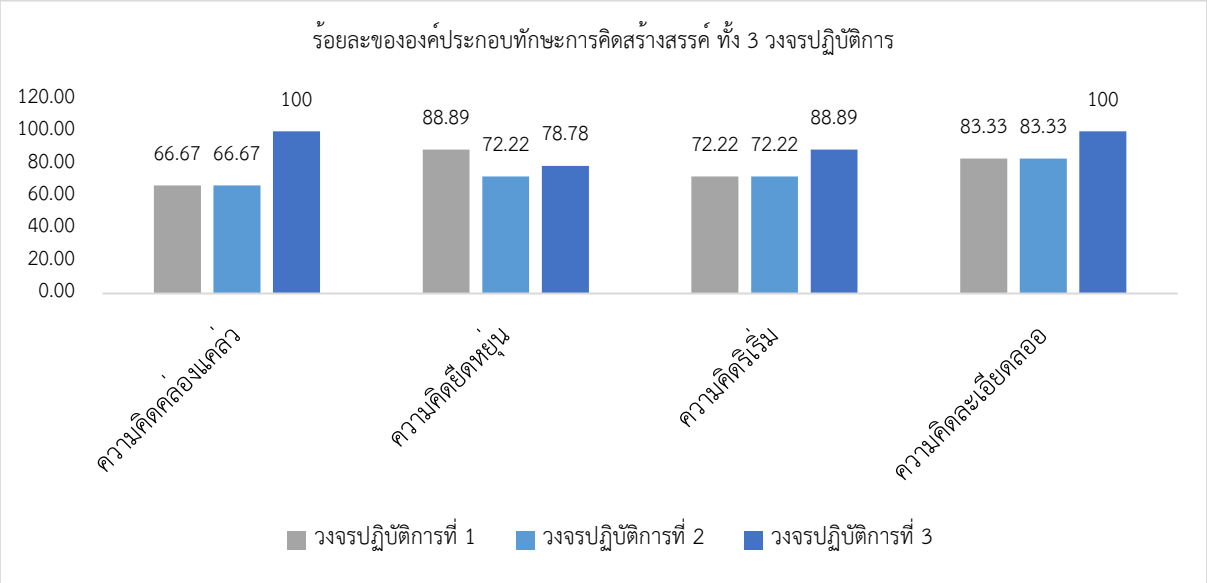
วงจรปฏิบัติการที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง แก้วเก็บเย็น...เย็นได้นาน

จากการวิเคราะห์ผลการพัฒนา พบว่า นักเรียนจำนวนทั้งหมด 30 คน โดยให้นักเรียนทำกิจกรรมผ่านกิจกรรมกลุ่มโดยแบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม พบว่า องค์ประกอบที่มากที่สุดคือ ความคิดละเอียดลออ และองค์ประกอบที่น้อยที่สุด คือ ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม พบว่า มีจำนวนกลุ่มนักเรียนที่มีทักษะการคิดสร้างสรรค์อยู่ในระดับดี จำนวน 4 กลุ่ม และระดับพอใช้ จำนวน 2 กลุ่ม ส่วนใหญ่อยู่ในระดับดี เนื่องจากองค์ประกอบของทักษะการคิดสร้างสรรค์ ดังนี้ 1) ความคิดคล่องแคล่ว โดยมีคำถาม ดังนี้ ให้นักเรียนบอกสิ่งที่เก็บความเย็นภายในเวลา 1 นาที พบว่า นักเรียนทุกคนสามารถตอบคำถามภายในเวลาที่กำหนดได้ คำตอบ ดังนี้ แก้วเก็บความเย็น ตู้เย็น ตู้ไอติม เหล็ก ลังโฟม ช่องแช่แข็ง กระติกน้ำ ห้องเย็น โลงเย็น ตู้เก็บความเย็น ห้องเก็บศพ ห้องแอร์ โรงงานน้ำแข็ง เซเว่น ไนโตรเจนเหลว และน้ำแข็งแห้ง ซึ่งอยู่ในระดับดี 2) ความคิดยืดหยุ่น ชิ้นงานเน้นไปที่หลักการรักษาอุณหภูมิเพียงหลักการเดียว โดยการใช้ฉนวนหุ้ม คือ ฟอยล์ 3) ความคิดริเริ่ม การออกแบบแก้วเก็บความเย็นมีความแปลกใหม่จากแก้วเก็บความเย็นที่พบเห็นได้ทั่วไป 4) ความคิดละเอียดลออ การออกแบบมีความละเอียด ครบถ้วนชัดเจน มีการระบุคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ และอธิบายหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ทำให้แก้วเก็บความเย็นได้ดี ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ตัวอย่างชิ้นงานของกลุ่มนักเรียนในระดับดี วงจรปฏิบัติการที่ 3

โดยสรุป เมื่อนักเรียนได้พัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง วัสดุในชีวิตประจำวัน ที่ผ่านการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ครบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ นักเรียนมีร้อยละเฉลี่ยขององค์ประกอบความคิดคล่องแคล่ว, ความคิดยืดหยุ่น, ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ คือ 78, 80, 78 และ 89 ตามลำดับ พบว่า องค์ประกอบที่มากที่สุด คือ ความคิดละเอียดลออ และองค์ประกอบที่น้อยที่สุด คือ ความคิดคล่องแคล่ว และความคิดริเริ่ม ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แสดงร้อยละขององค์ประกอบทักษะการคิดสร้างสรรค์ 3 วงจรปฏิบัติการ

วิจารณ์ผล

ผลการศึกษาการพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง วัสดุในชีวิตประจำวัน ที่ผ่านการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ตามวงจรปฏิบัติการทั้ง 3 วงจร ส่งผลต่อการพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์ใน 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ ยกเว้นองค์ประกอบความคิดยืดหยุ่น ที่ลดลง เนื่องจากในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนต้องออกแบบ

แก้วเก็บความเย็น ซึ่งแนวคิดส่วนใหญ่เน้นไปที่ หลักการรักษาอุณหภูมิเพียงหลักการเดียว เช่น เน้นการใช้ฉนวนเพียงอย่างเดียว ผู้วิจัยจึงควรช่วยกระตุ้นให้นักเรียนมีแนวคิดที่หลากหลายกว่านี้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ มลิวัลย์ จันทร์บาง (2565) ทำวิจัย เรื่อง การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ สำหรับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่า เมื่อพิจารณาเป็นองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ โดยการเรียงลำดับจากมากไปน้อย ได้ดังนี้ ลำดับที่ 1 ความคิดริเริ่ม ลำดับที่ 2 ด้านความคิดคล่องแคล่ว ลำดับที่ 3 ด้านความคิดยืดหยุ่น และลำดับสุดท้าย ด้านความคิดละเอียดลออ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Esra Bozkurt Altan and Sema Tan (2021) ทำการวิจัย เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ในการเรียนรู้ตามแนวคิดการออกแบบในศึกษาด้าน STEM โดยพิจารณาจาก ความคล่องแคล่ว (fluency), ความยืดหยุ่น (flexibility), ความคิดริเริ่ม (originality), และความละเอียดลออ (elaboration) การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ใช้วิเคราะห์เชิงคุณภาพเพื่อตรวจสอบผลสัมภาษณ์และบันทึกภาคสนามของนักวิจัย เพื่อยืนยันผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์เชิงพรรณนา ผลการศึกษา นักเรียนแสดงแนวคิดเกี่ยวกับ “ความคล่องแคล่ว (fluency)” สูงที่สุด และแนวคิดเกี่ยวกับ “ความคิดริเริ่ม (originality)” นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Rana Y. Khalil et al. (2023) พบว่า หลักสูตรที่ใช้แนวคิด STEM ส่งผลต่อการพัฒนาทักษะการคิดเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับนักเรียนที่เรียนด้วยหลักสูตรแบบดั้งเดิม โดยเฉพาะในด้านความคิดคล่องแคล่ว (fluency) ความคิดยืดหยุ่น (flexibility) และความคิดริเริ่ม (originality) อย่างไรก็ตาม ด้านความคิดละเอียดลออ (elaboration) ของผู้เข้าร่วมวิจัยไม่พบความแตกต่าง

การพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง วัสดุในชีวิตประจำวัน ที่ผ่านการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นใน 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ เนื่องจาก 1) ความคิดคล่องแคล่ว นักเรียนตอบคำถามได้จำนวนมากขึ้นภายในเวลาที่กำหนด 2) ความคิดริเริ่ม นักเรียนออกแบบชิ้นงานโดยมีความแปลกใหม่ และแตกต่างจากเดิม บางกลุ่มมีการนำวัสดุในชีวิตประจำวันมาประกอบเข้าด้วยกัน เพื่อให้มีกลไกพิเศษและมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น และ 3) ความคิดละเอียดลออ การออกแบบมีความละเอียด ครบถ้วน ในขณะนำเสนอระบุหัวข้อชัดเจนทุกหัวข้อ และใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ ที่สำคัญในแต่ละวงจรปฏิบัติการผู้วิจัยได้เพิ่มการเสริมแรงทางบวก โดยมีเงื่อนไขว่านักเรียนกลุ่มที่ทำคะแนนในแต่ละวงจรได้ดีที่สุด จะได้รับรางวัล เพื่อเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจและพยายามแก้ไขปรับปรุงชิ้นงานเพื่อให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน เพื่อพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนในแต่ละองค์ประกอบ ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้ ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา เป็นขั้นที่มุ่งพัฒนาความคิดคล่องแคล่วของนักเรียน โดยนักเรียนสามารถตอบคำถามเกี่ยวกับปัญหาที่กำหนดได้ภายในเวลาที่ครูกำหนด ซึ่งจำนวนของคำตอบจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงระดับความคิดคล่องแคล่ว ขั้นที่ 2 การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนศึกษาข้อมูลพื้นฐาน วิเคราะห์สถานการณ์ และทำความเข้าใจปัญหาอย่างรอบด้าน เพื่อเป็นฐานความรู้สำหรับการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาในขั้นถัดไป ขั้นที่ 3 การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา เป็นขั้นที่เน้นพัฒนาความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่ม นักเรียนสามารถเลือกใช้วัสดุเหลือใช้และนำหลักการที่หลากหลายมากกว่าหนึ่งหลักการมาใช้ในการแก้ปัญหา พร้อมทั้งออกแบบชิ้นงานที่มีความแปลกใหม่ แตกต่างจากแนวคิดเดิม แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการคิดเชิงสร้างสรรค์ ขั้นที่ 4 การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา นักเรียนยังคงใช้ความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่มในการเลือกวัสดุและหลักการที่เหมาะสม พร้อมทั้งพัฒนาความคิดละเอียดลออ โดยสามารถระบุวัสดุที่ใช้ในการประดิษฐ์ชิ้นงานได้อย่างเหมาะสม ครบถ้วน และสอดคล้องกับแผนที่วางไว้ ขั้นที่ 5 การทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน เป็นขั้นที่นักเรียนสะท้อนความคิดสร้างสรรค์ในทุกองค์ประกอบ ได้แก่ ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ โดยสามารถปรับปรุงชิ้นงานให้มีความแปลกใหม่แตกต่างจากเดิม และเลือกใช้วัสดุในการประดิษฐ์ชิ้นงานได้อย่างเหมาะสมและครบถ้วนยิ่งขึ้น และขั้นที่ 6 การนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน เป็นขั้นที่เน้นความคิดละเอียดลออ นักเรียนสามารถนำเสนอชิ้นงานได้อย่างครบถ้วนตามหัวข้อ มีลำดับขั้นตอนชัดเจน และสามารถเชื่อมโยงแนวคิดหรือวิธีการแก้ปัญหากับหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง

สรุปผล

ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการทักษะการคิดสร้างสรรค์ ตามแนวคิดของกิลฟอร์ด ซึ่งมี 4 องค์ประกอบ ดังนี้ ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency), ความคิดละเอียดลออ (Elaboration), ความคิดริเริ่ม (Originality) และความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) เมื่อพิจารณาในแต่ละองค์ประกอบจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 จนถึงวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนมีร้อยละเฉลี่ยขององค์ประกอบความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ ดังนี้ 78 ± 19, 80 ± 8, 78 ± 9 และ 89 ± 9 ตามลำดับ พบว่า องค์ประกอบที่มากที่สุดคือ ความคิดละเอียดลออ องค์ประกอบที่น้อยที่สุด คือ ความคิดคล่องแคล่ว และความคิดริเริ่ม ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นใน 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ ยกเว้นองค์ประกอบความคิดยืดหยุ่น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนประถมศึกษาแห่งหนึ่ง จังหวัดพัทลุง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพัทลุง เขต 2 ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ในการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดียิ่ง

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเนื่องจากผู้วิจัยได้รับความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจากคณาจารย์ โดยเฉพาะ ผศ.ดร. สิงหา ประสิทธิ์พงศ์ และอาจารย์ ดร. เมธี ดิสวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้คำปรึกษาแนะนำ ตรวจแก้ไข ติดตามความก้าวหน้าในการดำเนินการและชี้แนะแนวทางในการวิจัย ซึ่งส่งผลให้ผลการวิจัยมีคุณภาพและเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

ธีรพงษ์ จันเปรียง, เจนวิทย์ วารีบ่อ และอติราช เกิดทอง. (2564). **การพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) และการจัดการเรียนรู้แบบบันได 5 ขั้นตอน.** (บทความวิจัย). มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.

นฤมล กุลสืบ. (2563). **การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์วิชาวิทยาศาสตร์ ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5**. วิทยานิพนธ์. มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

มลิวัลย์ จันทร์บาง. (2565). **การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5**. วิทยานิพนธ์. มหาวิทยาลัยศิลปากร.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). **ความรู้เบื้องต้นสะเต็ม**. สืบค้นเมื่อ 8 มกราคม 2568, จาก: https://www.scimath.org/ebook-stem/item/13056-2023-06-15-02-13-03

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558). **สะเต็มศึกษา (STEM Education)**. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.).

Byrum, D. (2015). **Encouraging Creativity in a STEM Classroom, 1**(1), 13-21.

Behnamnia, N., Kamsin, A., Ismail, M. A. B., & Hayati, A. (2020). **The effective components of creativity in digital game-based learning among young children: A case study**. Children and Youth Services Review, 116, 105227.

Esra Bozkurt Altan and Sema Tan. (2021). **Concepts of creativity in design based learning in STEM education**. International Journal of Technology and Design Education.

Guilford, J. P. **The nature of human intelligence**. New Yor McGrawHill, 1967 (in press). Jitrach,C., & Tanunchaibutra, P. (2020). The Development of Problem Solving.

Hasani, Aceng, Aan Hendrayana, and Arip Senjaya. (2017). **Using Project-Based Learning in Writing an Educational Article: An Experience Report**. Universal Journal of Educational Research, 5(6).

Kemmis, S. & R. McTaggart. 1998. **The Action Research Planer**. Deakin University press, Geelong.

Rana Y. Khalil, Hassan Tairab, Ahmad Qablan, Khaleel Alarabi and Yousef Mansour. (2023). **STEM-Based Curriculum and Creative Thinking in High School Students**. Education Science.

การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผ่านการจัดการเรียนรู้ที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีโต้แย้งบนฐานของประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ

Development of Grade 12 Students' Scientific Reasoning Ability by Argument Driven Inquiry (ADI) Learning Management based on Socio-scientific Issues (SSI) in the Learning Unit of Endocrine System

สุทธิลักษณ์ คชกาญจน์[1*] ธนิกา วศินยานุวัฒน์[2] และสิงหา ประสิทธิ์พงศ์[3]

Suttilak Kotchakarn[1*] Thanika Vasinayanuwatana[2] and Singha Prasitpong[3]

[1] มหาวิทยาลัยทักษิณ 140 ถนนกาญจนวนิช ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

[1] Thaksin University 140 Kanchanawanit Rd, Khao Rup Chang Subdistrict, Mueang Songkhla 90000

*Corresponding author E-mail: suttilak.kotchakarn@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ ผ่านการจัดการเรียนรู้ที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีโต้แย้งบนฐานของประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ ดำเนินการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน โดยมีกลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 37 คน เก็บข้อมูลความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนด้วยแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย การให้เหตุผลแบบอธิบาย แบบอุปนัย แบบนิรนัย และแบบสมมตินัย วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยหาค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนน และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ อยู่ในระดับดี จำนวน 6 คน (ร้อยละ 16.22) คือ นักเรียนสามารถเชื่อมโยงหลักการทางวิทยาศาสตร์กับหลักฐานเชิงประจักษ์ได้ดี สร้างข้อสรุปที่สมเหตุสมผลและครอบคลุม ระดับพอใช้ จำนวน 17 คน (ร้อยละ 45.95) คือ นักเรียนสามารถสรุปผลได้ เมื่อมีข้อมูลที่ชัดเจน แต่การเชื่อมโยงในสถานการณ์ที่ซับซ้อนยังไม่สมบูรณ์ และระดับปรับปรุง จำนวน 14 คน (ร้อยละ 37.84) คือ นักเรียนสรุปข้อมูลตามสิ่งที่มองเห็นหรือความรู้สึกส่วนตัว ไม่ใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์สนับสนุนเหตุผล โดยภาพรวมจากทุกวงจรปฏิบัติการคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนอยู่ในระดับพอใช้ แสดงให้เห็นว่า นักเรียนสามารถระบุความสัมพันธ์หรือสรุปผลได้เมื่อมีข้อมูลที่ชัดเจน แต่ยังขาดความลึกซึ้งในการเชื่อมโยงหรือการ

คาดการณ์ในประเด็นที่ซับซ้อน โดยนักเรียนมีความสามารถระดับดีมากที่สุด ในการให้เหตุผลแบบอธิบายและแบบสมมตินัย ขณะที่การให้เหตุผลแบบนิรนัย และแบบอุปนัย อยู่ในระดับปรับปรุงมากที่สุด ดังนั้น การจัดการเรียนรู้นี้ช่วยส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยพัฒนานักเรียนจากความเข้าใจพื้นฐานสู่การสร้างข้อสรุปอย่างมีเหตุผลได้

คำสำคัญ : การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ กลวิธีโต้แย้ง ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์

Abstract

This research aimed to develop the scientific reasoning ability of students on the learning unit of the endocrine system by argument driven inquiry (ADI) learning management based on socio-scientific issues (SSI). The research was conducted using classroom action research with a target group of 37 Grade 12 students. Data on scientific reasoning abilities were collected before and after learning using a scientific reasoning test, consisting of retroductive, inductive, deductive, and abductive reasoning. Quantitative data were analyzed by finding the percentage mean of scores, and qualitative data were analyzed using content analysis. The research findings indicated that 16.22% of the students (n=6) demonstrated a "Good level" of scientific reasoning, characterized by the ability to connect scientific principles with empirical evidence and form logical conclusions. The majority, 45.95% (n=17), performed at a "Fair level", showing the ability to draw conclusions from clear data while lacking consistency in complex situations. Conversely, 37.84% (n=14) were at the "Needs Improvement level", as their reasoning relied on personal perceptions or direct observations rather than scientific evidence. Overall, the scientific reasoning ability scores after learning were higher than before learning, and the students' average score was at the Fair level. This shows that students could identify relationships or draw conclusions when there was clear information but still lacked depth in linking or predicting in complex issues. Students had the highest ability at the Good level in retroductive and abductive reasoning, while deductive and inductive reasoning were mostly at the needs Improvement level. Therefore, this learning management helps promote scientific reasoning ability by developing students from basic understanding to creating logical conclusions.

Keywords : Scientific Reasoning, Argument Driven Inquiry (ADI), Socio-scientific Issues (SSI)

บทนำ

จากประสบการณ์สอนนักเรียนของผู้วิจัยในวิชาชีววิทยา หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ กิจกรรม “เกิดอะไรขึ้นกับกระดูก” กิจกรรม “นี่เรา Multitasking หรือ “สมาธิสั้น” กันแน่” และกิจกรรม “ยิ่งออก...ยิ่งเกร็ง” โดยผู้สอนนำเสนอประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ตามหัวข้อกิจกรรม ผลพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่นำเสนอคำตอบได้ถูกต้อง แต่ขาดการอธิบายเหตุผลที่สนับสนุนคำตอบ สะท้อนถึงข้อจำกัดในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และเชื่อมโยงข้อมูลจากการวิเคราะห์เพื่อสนับสนุนคำตอบที่ยังไม่สมบูรณ์ เมื่อพิจารณาแบบฝึกหัด หรือแบบทดสอบบทเรียนที่ผ่านมา แม้นักเรียนสามารถตอบคำถามได้ถูกต้องในระดับเนื้อหา แต่ยังขาดทักษะการให้เหตุผลและระบุหลักฐานทางวิทยาศาสตร์มาสนับสนุนคำตอบที่ชัดเจน จึงเป็นข้อจำกัดในการอธิบายสถานการณ์ที่ซับซ้อนหรือปัญหาทางสังคม สอดคล้องกับงานวิจัยจำนวนมากที่ชี้ว่าทักษะการให้เหตุผลยังคงเป็นปัญหาให้ห้องเรียนวิทยาศาสตร์ของไทย (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2557; นารีรัตน์ สุภา, 2561; ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2559; สสวท., 2562) ทั้งที่หลักสูตรระบุว่าเป็นทักษะที่สำคัญ หรือทักษะที่จำเป็นในอนาคต จากรายงาน World Economic Forum 2021 ในการพัฒนาสติปัญญาและทักษะการคิดขั้นสูง ซึ่งช่วยเสริมต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนในด้านอื่น เช่น การคิดแก้ปัญหา รวมทั้งเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจ (วิชัย เสวกงาม, 2557) เมื่อเกิดประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จะช่วยให้นักเรียนรับมือกับปัญหาได้ โดยมีครูช่วยสนับสนุนการเรียนรู้ เพื่อให้สามารถตัดสินใจได้ถูกต้องบนพื้นฐานข้อมูลหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นข้อเท็จจริง (จักรกฤช อินเปี้ย และคณะ, 2563)

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific reasoning) คือ กระบวนการคิดที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลของปรากฏการณ์ โดยอาศัยหลักฐานเชิงประจักษ์จากการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์เพื่อสร้างข้อสรุปที่สมเหตุสมผลและมีหลักฐานสนับสนุนอย่างเป็นระบบ (Lawson, 2000; ทศพล สุวรรณพุฒิ, 2562) โดยมี 4 รูปแบบ ได้แก่ 1) การให้เหตุผลแบบสมมตินัย (Abductive reasoning) เป็นการให้เหตุผลที่เกิดขึ้นจากการสร้างสมมติฐานหรือข้อกล่าวอ้างที่จะใช้อธิบายเหตุการณ์กับหลักฐานที่สนับสนุนสมมติฐานนั้น 2) การให้เหตุผลแบบอธิบาย (Retroductive reasoning) เป็นการให้เหตุผลที่เกิดจากการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบสมมตินัยก่อนแล้วจึงมีการอนุมานเพิ่มเติมเพื่อหาข้อสรุปสุดท้าย 3) การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deductive reasoning) เป็นการให้เหตุผลเพื่อทดสอบสมมติฐานที่สามารถทำนายปรากฏการณ์ในอนาคต โดยเป็นกระบวนการคิดจากความรู้ทั่วไปสู่ความรู้ในเรื่องที่มีความจำเพาะ 4) การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Inductive reasoning) เป็นการให้เหตุผลที่สนับสนุนหรือคัดค้านข้อสรุปโดยเป็นกระบวนการคิดจากความรู้ที่มีความจำเพาะไปสู่ความรู้ทั่วไป (Lawson, 2000)

จากการศึกษางานวิจัย พบว่า การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มีหลากหลายวิธี หนึ่งในวิธีที่น่าสนใจคือกลวิธีโต้แย้ง (Argument Driven Inquiry : ADI) มีงานวิจัยจำนวนมาก

ที่พบว่า กลวิธีโต้แย้งสามารถพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เพราะเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนตั้งสมมติฐานและสร้างข้อโต้แย้งประกอบกับหลักฐานและเหตุผลสนับสนุนข้อสรุป (ณรงค์ชัย พงษ์ธะนะ, 2559; ชานท์ คำปิวทา และคณะ, 2561; ชญากานต์ ส่วนบุญ, 2562; ไอย์ลดา สมภาร, 2565) อย่างไรก็ตามประเด็นที่นำมาโต้แย้งควรเป็นประเด็นที่อยู่ในความสนใจของโลก (Kolsto, 2001) ทำให้นักเรียนพัฒนาการให้เหตุผลและนำไปใช้ในบริบทชีวิตจริง จึงมีการใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ (Socio-scientific Issue : SSI) มาร่วมในแนวทางการสอนด้วยกลวิธีโต้แย้ง ผู้วิจัยจึงเรียกวิธีสอนนี้ว่า การจัดการเรียนรู้ที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีโต้แย้งบนฐานของประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะเป็นแนวทางการเรียนรู้ที่ช่วยเสริมสร้างทักษะที่สำคัญสำหรับอนาคต และช่วยให้นักเรียนเตรียมพร้อมเผชิญหน้ากับความท้าทายของโลกยุคใหม่อย่างมีความรู้และความรับผิดชอบ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562; Zeidler, 2014) โดยมีขั้นตอนการสอนแบบ ADI 5 ขั้น และ SSI จะอยู่ในขั้นที่ 1 ขั้นนำเสนอประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ ขั้นที่ 3 ขั้นกิจกรรมโต้แย้ง และขั้นที่ 5 ขั้นสร้างแนวปฏิบัติต่อประเด็น ผลการพัฒนาคาดว่าจะช่วยให้นักเรียนสามารถแสดงประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ตามกระบวนการวิทยาศาสตร์ เพื่อให้เหตุผลสนับสนุนข้อสรุปต่าง ๆ ของประเด็นสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ ผ่านการจัดการเรียนรู้ที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีโต้แย้งบนฐานของประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) ดำเนินการวิจัยตามแนวคิดของ Kemmis & McTaggart (2014) ซึ่งมีวงรอบปฏิบัติการ 3 วงรอบ แต่ละวงรอบมี 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติ (Act) ขั้นสังเกต (Observe) และขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติการ (Reflect) แบ่งการศึกษาเป็น 3 ระยะ คือ ระยะที่ 1 ศึกษาปัญหาและปรับบริบทห้องเรียน ระยะที่ 2 พัฒนานักเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีโต้แย้งบนฐานของประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ และระยะที่ 3 สรุปผลการวิจัย

1. กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในจังหวัดสงขลา มีนักเรียนเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ตามระยะเวลาวิจัย จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียนทั้งสิ้น 37 คน จากห้องเรียนที่ผู้วิจัยรับผิดชอบสอน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 กลุ่มที่ศึกษาได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) ผู้วิจัยสำรวจความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อน

เรียน ผลที่ได้พบว่านักเรียนมากกว่าร้อยละ 70 มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ อยู่ในระดับปรับปรุง ในการอ้างถึงนักเรียนรายบุคคลจะใช้สัญลักษณ์ ST ตามด้วยเลข 1 - 37 เพื่อให้เป็นไปตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

2. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย เป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) รายวิชาเพิ่มเติมชีววิทยา 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 บทที่ 3 เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ ซึ่งประกอบด้วย เรื่อง ฮอร์โมนควบคุมการรักษาดุลยภาพของน้ำและแร่ธาตุ ฮอร์โมนที่ควบคุมและเกี่ยวข้องกับเมแทบอลิซึม และฮอร์โมนที่ทำหน้าที่อื่น ๆ

3. ตัวแปรที่ศึกษา

3.1 ตัวแปรต้น คือ การจัดการเรียนรู้ที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีโต้แย้งบนฐานของประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังนี้ ขั้นที่ 1 ขั้นวิเคราะห์ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ ขั้นที่ 2 ขั้นรวบรวมข้อมูล ขั้นที่ 3 ขั้นกิจกรรมโต้แย้ง ขั้นที่ 4 ขั้นเขียนรายงานและสะท้อนคิด และขั้นที่ 5 ขั้นสร้างแนวปฏิบัติต่อประเด็น

3.2 ตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการบอกความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล จากการวิเคราะห์ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ ซึ่งสามารถแบ่งรูปแบบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ Lawson (2010) ได้ 4 รูปแบบ ดังนี้ 1) การให้เหตุผลแบบอธิบาย (Retroductive Reasoning) 2) การให้เหตุผลแบบสมมตินัย (Abductive Reasoning) 3) การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deductive Reasoning) 4) การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Inductive Reasoning)

4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีโต้แย้งบนฐานของประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ รายวิชาชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ จำนวน 3 แผน แผนละ 4 ชั่วโมง ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง วัยหมดประจำเดือนเสี่ยงต่อการเป็นโรคกระดูกพรุนหรือไม่ 2) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ประเทศไทยควรปรับนโยบายควบคุมระดับไอโอดีนในประชากรหรือไม่ 3) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง เทคโนโลยีคือตัวร้ายทำลายสุขภาพคนยุคดิจิทัล รวมเวลา 12 ชั่วโมง แผนการจัดการเรียนรู้ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้จากผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คือครูชำนาญการพิเศษ 2 ท่าน และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ จากนั้นนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ก่อนนำไปใช้จริงกับกลุ่มเป้าหมาย



ภาพที่ 1 ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้

4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1) รายงานการสำรวจตรวจสอบของนักเรียน ใช้ในการวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในระหว่างการจัดการเรียนรู้แต่ละวงจรปฏิบัติ ซึ่งในรายงานประกอบด้วย 3 ส่วน คือ 1) การสร้างข้อสรุปที่สมเหตุสมผลบนพื้นฐานของประจักษ์พยานข้อมูล เป็นการนำเสนอข้อสรุปหรือข้อกล่าวอ้างเพื่อแสดงจุดยืนของตนเองต่อประเด็นปัญหาที่กำลังพิจารณาหรือโต้แย้งกันสอดคล้องกับการใช้เหตุผลแบบอุปนัย 2) การระบุข้อมูลหรือหลักฐานหรือประจักษ์พยาน เป็นการให้เหตุผลเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อกล่าวอ้างกับข้อมูลหลักฐานที่ได้จากการสืบเสาะ ศึกษา รวบรวมข้อมูล เพื่อทำให้ข้อกล่าวอ้างที่ตนเองยึดถือมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น ซึ่งเป็นข้อเท็จจริงหรือข้อมูลประกอบการอธิบายเหตุผล สอดคล้องกับการให้เหตุผลแบบอธิบายและนิรนัย และ 3) การคาดคะเนหรือการพยากรณ์จากข้อมูล ประจักษ์พยานหรือข้อสรุปที่สอดคล้องกับข้อมูล การแปลความหมาย การลงข้อสรุปและการพยากรณ์สิ่งที่จะเกิดขึ้นอย่างสมเหตุสมผล โดยอ้างอิงจากหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่รวบรวมได้สอดคล้องกับการให้เหตุผลแบบสมมุตินัยและอธิบาย

2) แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นข้อสอบแบบอัตนัย จำนวน 10 ข้อ โดยนักเรียนมีระยะเวลาในการทำแบบวัด 2 คาบเรียน (100 นาที) ใช้ทดสอบหลังสิ้นสุดการเรียนรู้ทุกวงจรปฏิบัติ ครอบคลุมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 4 รูปแบบ ตามแนวคิดของ Lawson (2010) คือ การให้เหตุผลแบบอธิบาย (4 ข้อ) การให้เหตุผลนิรนัย (3 ข้อ) การให้เหตุผลแบบอุปนัย (2 ข้อ) และการให้เหตุผลแบบสมมตินัย

(2 ข้อ) โดยผู้วิจัยศึกษาแนวทางของคำถามในแบบวัดของนลินี สอนชา (2561) และริญญาทิพย์ ศิริมนตรี (2565) เพื่อนำมาปรับใช้ในการวิจัยครั้งนี้

เครื่องมือทั้งหมดได้รับการประเมินความตรงเชิงเนื้อหา จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ได้แก่ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์ 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญผู้ที่มีประสบการณ์ด้านการสอนชีววิทยาในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย 1 ท่าน มีค่า IOC ระหว่าง 0.80-1.00 จากนั้นตรวจสอบความเหมาะสมของข้อคำถาม ภาษา รูปภาพและระยะเวลาในการทำแบบวัดกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมายจำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 39 คน ก่อนนำไปใช้จริงกับกลุ่มเป้าหมาย

5. การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อศึกษาการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยนำคำตอบมาวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content analysis) ประกอบด้วย 1) รายงานการสำรวจตรวจสอบของนักเรียนในแต่ละวงจรปฏิบัติการ วิเคราะห์คำตอบของนักเรียน จัดกลุ่มคำตอบออกเป็น 3 กลุ่ม คือ ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับดี ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับพอใช้ และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับปรับปรุง แล้วจึงนำผลที่ได้ไปคำนวณความถี่ของนักเรียนในแต่ละกลุ่ม 2) แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ ผู้วิจัยตรวจข้อสอบและวิเคราะห์ผลตามเกณฑ์ที่สร้างขึ้นซึ่งอ้างอิงตามนิยามศัพท์เฉพาะของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แต่ละรูปแบบในงานวิจัยครั้งนี้ ซึ่งมีคะแนนเต็มอยู่ที่ 10 คะแนน จากนั้นนำเสนอผลความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 รูปแบบของนักเรียนในรูปของค่าเฉลี่ย ร้อยละและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย

ผลการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ ผ่านการจัดการเรียนรู้ที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีโต้แย้งบนฐานของประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนแบบทดสอบก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ ดังตาราง

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนแบบทดสอบก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีโต้แย้งบนฐานของประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ (N=37)

การทดสอบ	$\overline{X}$	S.D.	*t*	*df*	*p*
ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	3.89	0.61	11.10	36	< .001
หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	6.03	1.07			

*หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 1 พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนแบบทดสอบก่อนการจัดการเรียนรู้ที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีโต้แย้งบนฐานของประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน ก่อนการจัดการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.89 คะแนนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.61 หลังการจัดการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.03 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.07 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนแบบทดสอบก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ จากการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ Paired Sample t-test สรุปได้ว่า นักเรียนมีคะแนนแบบทดสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้นี้ ช่วยส่งเสริมความเข้าใจ เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ และกระตุ้นให้นักเรียนใช้ทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหาหรือตัดสินใจในประเด็นต่าง ๆ ได้ ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนมีดังนี้

ก่อนเรียน : *“ร่างกายจะรักษาดุลยภาพของแคลเซียมโดยต่อมพาราไทรอยด์จะหลั่งพาราทอร์โมนและแคลซิโทนิน” (S26,แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์)*

หลังเรียน : *“ถ้าร่างกายมีระดับแคลเซียม Ca ในเลือดต่ำร่างกายก็จะรักษาสมดุลของ Ca โดยต่อมพาราไทรอยด์จะหลั่งพาราทอร์โมนทำให้กระตุ้นการสลาย Ca จากกระดูก เพิ่มการดูดกลับ Ca ในไต เพิ่มการดูดซึม Ca ในลำไส้เล็ก ทำให้ระดับ Ca ในเลือดกลับมาปกติ ในกรณีที่ระดับ Ca ในเลือดสูง แคลซิโทนินทำหน้าที่กระตุ้นการสะสม Ca ที่กระดูก ลดการดูดกลับ Ca ที่ไตและลดอัตราการดูดซึม Ca ที่ลำไส้เล็กส่งผลให้ระดับ Ca ในเลือดปกติ” (S26,แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์)*

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบผลการประเมินความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ก่อน-หลังการจัดการเรียนรู้ (N=37)

การทดสอบ	ระดับดี	ระดับพอใช้	ระดับปรับปรุง	รวม
ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	0 (0.00)	10 (27.03)	27 (72.97)	37 (100.00)
หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	6 (16.22)	17 (45.95)	14 (37.84)	37 (100.00)

จากตารางที่ 2 พบว่า ระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน จำนวน 37 คน ประเมินจากแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถดังกล่าวอยู่ในระดับปรับปรุง จำนวน 27 คน (ร้อยละ 72.97) กล่าวคือนักเรียนตอบโดยใช้ความรู้สึกหรือความรู้รอบตัวทั่วไป ไม่ระบุหลักฐานหรือเหตุผลที่เชื่อมโยงหลักการทางชีววิทยา รองลงมาคือระดับพอใช้ จำนวน 10 คน (27.03%) โดยนักเรียนกลุ่มนี้เริ่มมีการสร้างข้อกล่าวอ้างที่ตรงประเด็น แต่หลักฐานที่นำมาสนับสนุนยังมีความคลาดเคลื่อน ไม่สามารถอธิบายกลไกการทำงานของฮอร์โมนที่ซับซ้อนได้อย่างชัดเจน หลังเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในระดับพอใช้ จำนวน 17 คน (45.95%) โดยนักเรียนสามารถสร้างข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องมากขึ้น และนำข้อมูลจากการสืบค้นหรือกิจกรรมโต้แย้งมาเป็นหลักฐานสนับสนุน

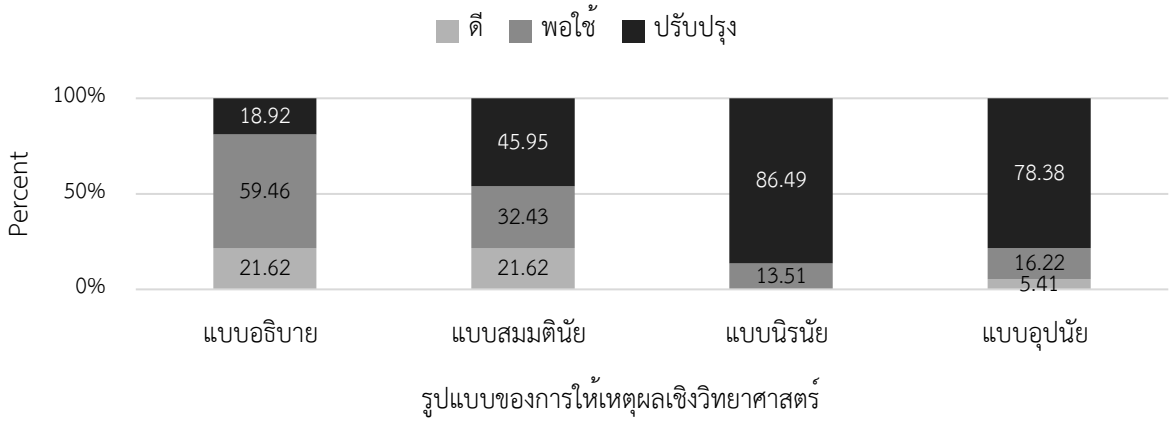
คำตอบได้ดีขึ้น แต่การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุผลและข้อสรุปในประเด็นที่ซับซ้อนยังไม่สมบูรณ์ รองลงมาคือระดับปรับปรุง จำนวน 14 คน (37.84%) นักเรียนกลุ่มนี้ยังไม่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อระบุข้อกล่าวอ้างและแสดงเหตุผลได้ และระดับดี 6 คน (16.22%) กล่าวคือนักเรียนสามารถให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ มีการระบุความเชื่อมโยงระหว่างการทำงานของฮอร์โมนในประเด็นสถานการณ์อย่างเป็นระบบ และสามารถให้ข้อเสนอแนะที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของข้อมูลที่น่าเชื่อถือ ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนมีดังนี้

กลุ่มความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับดี : *“ฮอร์โมนสองกลุ่มจะทำหน้าที่เพิ่มระดับน้ำตาลในเลือดโดยถูกกระตุ้นพร้อมกันและทำงานเสริมกันในภาวะฉุกเฉิน คือ ต่อมหมวกไตสร้างคอร์ทิซอล เอพิเนฟริน และนอร์เอพิเนฟรินซึ่งทำหน้าที่สลายไกลโคเจนเป็นกลูโคสทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดเพิ่มขึ้น ส่วนไอส์เลตออฟลังเกอร์ฮันส์สร้างกลูคากอนทำหน้าที่สลายไกลโคเจนทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดเพิ่มขึ้นเช่นกัน”* (ST01,แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์)

กลุ่มความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับพอใช้ : *“ฮอร์โมนสองกลุ่มจะทำหน้าที่เพิ่มระดับน้ำตาลในเลือดโดยถูกกระตุ้นพร้อมกันและทำงานเสริมกันในภาวะฉุกเฉิน”* (ST17,แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์)

กลุ่มความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับปรับปรุง : *“ระดับน้ำตาลในเลือดเพิ่มขึ้นเพราะฮอร์โมนจากต่อมไร้ท่อมีการสร้างฮอร์โมนออกมาเพิ่มระดับน้ำตาลเพิ่มขึ้น”* (ST04,แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์)

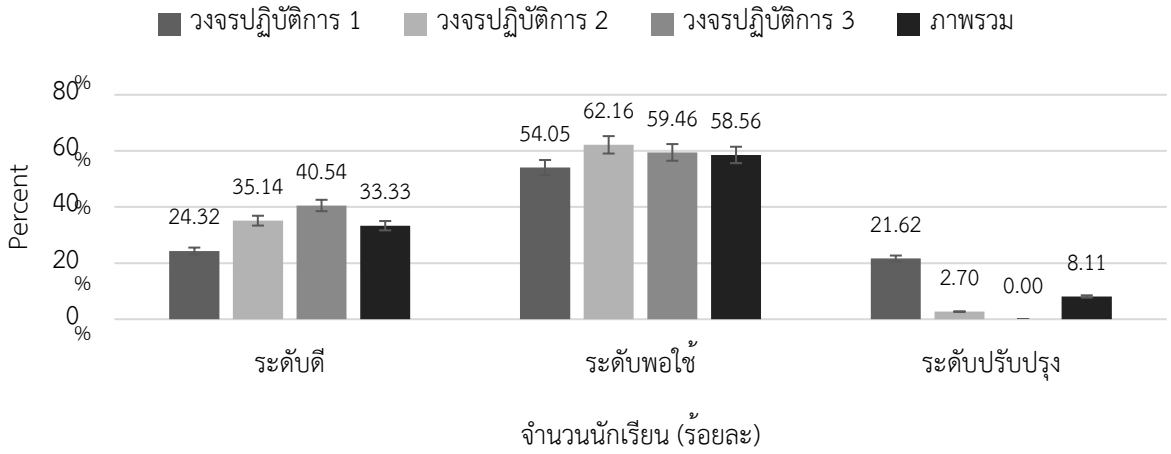
ภาพที่ 2 ผลการประเมินคำตอบของนักเรียนในแต่ละรูปแบบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ จากแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (N=37)



จากภาพที่ 2 พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบอธิบาย มากที่สุดอยู่ในระดับพอใช้ 59.46% รองลงมาคือ ระดับดี 21.62% และระดับปรับปรุง 18.92% กล่าวคือ นักเรียนสามารถ

อธิบายกลไกที่เกิดขึ้นในเรื่องระบบต่อมไร้ท่อได้ด้วยความรู้ทั่วไป ตัวอย่างคำตอบเช่น *“ขาดโกรทฮอร์โมน เนื่องจากโกรทฮอร์โมนมีหน้าที่ควบคุมการเจริญเติบโตผลิตจากต่อมใต้สมองส่วนหน้า ซึ่งเป็นต่อมที่อยู่ติดกับส่วนล่างของสมองส่วนไฮโพทาลามัส”* (ST24, แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์) แต่จะเห็นว่านักเรียนขาดการเชื่อมโยงเชิงลึก เช่น อธิบายถึงฮอร์โมนชนิดอื่นที่ทำหน้าที่ในกลุ่มเดียวกันและส่งผลต่อร่างกายเหมือนกันด้วย เช่น เทสโทสเทอโรน มีผลต่อการสร้างกระดูกและกล้ามเนื้อ ไทรอกซิน มีผลต่อการสร้างกระดูกและกล้ามเนื้อ การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบสมมตินัย มากที่สุด อยู่ในระดับปรับปรุง 45.95% รองลงมาคือ ระดับพอใช้ 32.43% และระดับดี 21.62% กล่าวคือ นักเรียนตั้งสมมติฐานได้ตรงประเด็น มีการคาดการณ์ที่ถูกต้อง แต่ยังไม่สามารถอธิบายเงื่อนไขหรือเหตุผลที่รองรับการคาดการณ์นั้นได้สมบูรณ์ ตัวอย่างคำตอบเช่น *“สารนั้นคือฮอร์โมน hcg (Human Chorionic Gonadotropin) ครับ แหล่งกำเนิดมาจากรกที่เริ่มสร้างขึ้นหลังการปฏิสนธิ เพราะชุดตรวจถูกออกแบบมาเพื่อตรวจจับฮอร์โมนตัวนี้โดยเฉพาะ ”* (ST07, แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์) จะเห็นว่าคำอธิบายยังเป็นลักษณะการจำได้มากกว่าการสร้างสมมติฐานว่าถ้าเป็นสารจากแม่เพียงอย่างเดียว ผลอาจจะไม่เป็นบวกอย่างรวดเร็ว การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบนิรนัย มากที่สุด อยู่ในระดับปรับปรุง 86.49% รองลงมาคือ ระดับพอใช้ 13.51% กล่าวคือ นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถนำความรู้ทั่วไปไปประยุกต์ใช้กับกรณีศึกษาใหม่ได้ ตัวอย่างคำตอบ เช่น *“ระดับน้ำตาลจะลดลง เพราะนักวิ่งเหนื่อยมากและใช้พลังงานไปหมดแล้วในการวิ่งกิโลเมตรสุดท้าย ร่างกายแทบจะไม่เหลือแรงแล้ว ”* (ST10, แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์) จะเห็นว่านักเรียนไม่ได้นำความรู้เรื่องฮอร์โมนในสภาวะเครียด มาคาดการณ์ แต่ใช้การคาดเดาจากสถานการณ์ความเหนื่อยล้าทางกายภาพแทน ซึ่งขัดกับหลักการทำงานของต่อมหมวกไต และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบอุปนัย มากที่สุด อยู่ในระดับปรับปรุง 78.38% รองลงมาคือ ระดับพอใช้ 16.22% และระดับดี 5.41% กล่าวคือ นักเรียนไม่สามารถรวบรวมข้อมูลจากหลายแหล่ง มาสร้างเป็นข้อสรุปหรือกฎเกณฑ์ใหม่ด้วยตนเองได้ ตัวอย่างคำตอบ เช่น *“ลุงสมจิตรมีอินซูลินต่ำมากต้องฉีดยา ส่วนป้าสมหวังมีอินซูลินปกติแต่ก็เป็นเบาหวานเหมือนกัน ถ้าป้าทำแบบเดิมต่อไปน้ำตาลก็น่าจะลดลง ”* (ST22, แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์) ซึ่งนักเรียนเพียงแค่ทวนข้อมูลในตารางข้อคำถาม แต่ไม่สามารถนำไปสู่การสร้างข้อสรุปว่าลุงสมจิตรเป็นเบาหวานชนิดที่ 1 และป้าสมหวังเป็นชนิดที่ 2

ภาพที่ 3 ร้อยละของจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จากการประเมินรายงานการสำรวจตรวจสอบ ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ (N=37)



จากภาพที่ 3 พบว่า แนวโน้มการพัฒนาทักษะการให้เหตุผลของนักเรียนทั้ง 3 วงจรอยู่ในระดับพอใช้ (58.56%) รองลงมาคือระดับดี (33.33%) และระดับปรับปรุง (8.11%) เมื่อพิจารณาแต่ละวงจรปฏิบัติการพบว่า วงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ มากที่สุดอยู่ในระดับพอใช้ (54.05%) รองลงมาคือระดับดี (24.32%) และระดับปรับปรุง (21.62%) วงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ มากที่สุดอยู่ในระดับพอใช้ (62.16%) รองลงมาคือระดับดี (35.14%) และระดับปรับปรุง (2.70%) และวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนมีระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ มากที่สุด อยู่ในระดับพอใช้ (59.46%) รองลงมาคือระดับดี (40.54%) จึงสรุปได้ว่า การพัฒนานักเรียนให้มีสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับสูง ยังต้องอาศัยการฝึกฝนผ่านสถานการณ์ที่ซับซ้อนและหลากหลายอย่างต่อเนื่อง

วิจารณ์ผลการวิจัย

การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผ่านการจัดการเรียนรู้ที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีโต้แย้งบนฐานของประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบดังกล่าว มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้นี้ช่วยทำให้นักเรียนเข้าใจในเนื้อหาได้มากขึ้น สอดคล้องกับ อลิษา รัชนิพนธ์ และคณะ (2564); ไอย์ลดา สมภาร (2563) และ ทศพล สุวรรณพุฒ (2561); พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเพิ่มสูงขึ้น อาจเนื่องมาจากในการจัดการเรียนรู้นี้เปิดโอกาสให้นักเรียนในกลุ่มได้

ช่วยกันสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราวเพื่อนำมาใช้ในกิจกรรมการโต้แย้ง ซึ่งส่งเสริมให้นักเรียนก้าวข้ามจากการอธิบายธรรมดา ไปสู่การใช้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อเอาชนะข้อโต้แย้ง สอดคล้องกับงานวิจัยของ ภคพร อิสระ และอลิศรา ชูชาติ (2558) ที่พบว่าการสอนวิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมให้นักเรียนให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ควรเป็นการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการแก้ไขสถานการณ์ปัญหา รวมทั้งมีการโต้แย้งโดยใช้หลักฐานและข้อโต้แย้ง และเป็นประเด็นที่อยู่ในความสนใจมีการถกเถียงกันได้ด้วยเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับ Klosterman, Sadler, และ Brown (2012) ที่ว่าการจัดการเรียนรู้บนฐานของประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ต้องเชื่อมโยงประเด็นที่ศึกษาเข้ากับความรู้วิทยาศาสตร์เพื่อให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาเชิงลึกเพิ่มขึ้น

งานวิจัยครั้งนี้ ในกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยให้นักเรียนวิเคราะห์ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ผ่านใบกิจกรรมที่ให้นักเรียนระบุความรู้เดิม และวางแผนเพื่อสืบเสาะสิ่งที่ยังไม่รู้แล้วเชื่อมโยงกันก่อนเข้าสู่กิจกรรมการโต้แย้ง เพื่อให้นักเรียนได้ทบทวนความรู้เดิมและใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของตนเอง และในการทำกิจกรรมกลุ่มร่วมกัน ซึ่งสอดคล้องกับ Zeineddin & Abd-El-Khalick, (2010) พบว่านักเรียนจะสามารถให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ดีมากขึ้น เมื่อนักเรียนมีความรู้เดิมทางวิทยาศาสตร์ที่มากเพียงพอในการนำมาใช้ประกอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ ด้วยเนื้อหาเรื่องระบบต่อมไร้ท่อ มีความซับซ้อนและต้องเชื่อมโยงความสัมพันธ์ขององค์ความรู้ส่วนต่าง ๆ อย่างมาก นักเรียนต้องใช้เวลาในการเชื่อมโยงกลไกการทำงานของฮอร์โมนเข้ากับประเด็นทางสังคมที่นำมาถกเถียงอย่างลึกซึ้ง นักเรียนสะท้อนหลังการจัดการเรียนรู้ว่า *“อยากให้มีเวลาให้แต่ละกลุ่มได้หาข้อมูลเพิ่มมากขึ้น เพื่อการโต้แย้งจะได้มีหลักฐานและข้อมูลที่มากพอในการให้เหตุผล”* (ST14,อนุทินบันทึกการเรียนรู้,8 สิงหาคม 2568) เพื่อให้นักเรียนได้สืบเสาะและค้นคว้าหาความรู้ และมีโอกาสได้แสดงออกเหตุผลอย่างเต็มที่ ดังนั้น กิจกรรมการเรียนรู้จึงต้องมีความยืดหยุ่นในเรื่องของเวลาเป็นอย่างมาก สอดคล้องกับ Chung et al. (2014) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ต้องมีความยืดหยุ่นในเรื่องของเวลาและความสามารถนักเรียน โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงแนวคิดออกมาอย่างเต็มที่ ซึ่งจะทำให้มีการแลกเปลี่ยนและแบ่งปันความรู้ซึ่งกันและกัน ส่งผลให้เกิดความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น *“อยากให้มีสื่อภาพ หรือวิดีโอที่ช่วยเพิ่มความเข้าใจในขั้นสรุปเพื่อให้เกิดความเข้าใจและจดจำได้มากขึ้น”* (ST32,อนุทินบันทึกการเรียนรู้,27 สิงหาคม 2568) และ *“อยากเห็นแอนิเมชั่นแสดงตอนฮอร์โมนเปลี่ยนไปแล้วมวลกระดูกลดลง”* (ST28,อนุทินบันทึกการเรียนรู้, 8 สิงหาคม 2568) สอดคล้องกับ Sadler (2012) พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ควรเลือกใช้สื่อและกระบวนการที่เหมาะสมกับจุดประสงค์ เนื้อหา กิจกรรม และตัวผู้เรียน

เมื่อพิจารณาระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่า มีการพัฒนาที่ดีขึ้น ก่อนเรียนนักเรียนส่วนมาก อยู่ในระดับปรับปรุง (72.97%) แต่หลังเรียนสามารถพัฒนาอยู่ในระดับพอใช้เป็นส่วนใหญ่

(45.95%) และเริ่มมีความสามารถระดับดีเพิ่มขึ้น (16.22%) เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่านักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบอธิบายดีที่สุด โดยส่วนใหญ่อยู่ในระดับพอใช้ (ร้อยละ 59.46) อย่างไรก็ตาม การให้เหตุผลแบบนิรนัย และแบบอุปนัย ยังคงเป็นจุดที่ควรพัฒนา เนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่ยังอยู่ในระดับปรับปรุง (ร้อยละ 86.49 และ 78.38 ตามลำดับ) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ริญญาทิพย์ ศิริมนตรี (2565) ที่พบว่า องค์ประกอบที่มีร้อยละของคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ การให้เหตุผลแบบนิรนัย ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนยังคงใช้ประสบการณ์ตรงของตนเองหรือความเชื่อทั่วไปมาเป็นข้อสรุป โดยไม่ได้อ้างอิงกลไกของระบบต่อมไร้ท่อสังเกตจากกิจกรรมโต้แย้ง ประเด็นเทคโนโลยีคือตัวร้ายทำลายสุขภาพของคนยุคดิจิทัล นักเรียนมีการโต้แย้งว่า *“ผมคิดว่าแสงสีฟ้าไม่ได้มีผลอะไรมากครับ เพราะปกติผมก็เล่นเกมก่อนนอนทุกคืนแต่ก็ยังหลับได้ปกติ ไม่เห็นจะนอนไม่หลับอย่างที่เขาว่าเลย ความรู้สึกง่วงมันขึ้นอยู่กับว่าเราเหนื่อยมาทั้งวันไหมมากกว่า ไม่เกี่ยวกับแสงจากหน้าจอครับ”* (บันทึกผลกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้สอน, 26 ธันวาคม 2568) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า นักเรียนใช้ประสบการณ์ส่วนตัวที่ทำได้มาโต้แย้งโดยละเลยหลักการวิทยาศาสตร์ Lawson (2000) ระบุว่า การที่นักเรียนสามารถให้เหตุผลแบบอธิบายได้ดี แต่ให้เหตุผลแบบนิรนัยไม่ได้นั้น เป็นเพราะการอธิบายมักอาศัยการคิดเชิงรูปธรรม ในขณะที่การให้เหตุผลแบบนิรนัยและอุปนัยต้องอาศัยการคิดเชิงนามธรรม ซึ่งเป็นทักษะขั้นสูงที่นักเรียนส่วนใหญ่ยังพัฒนาไม่เต็มที่ และงานวิจัยของ ไอย์ลดา สมภาร และคณะ (2565) พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถอธิบายข้อมูลที่มีอยู่ได้ แต่ความสามารถในการให้เหตุผลแบบนิรนัย และอุปนัย จะอยู่ในระดับที่ต่ำกว่า เนื่องจากต้องใช้การเชื่อมโยงข้อมูลกับทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่ซับซ้อนกว่า

เมื่อประเมินรายงานการสำรวจตรวจสอบในแต่ละวงจรปฏิบัติการ พบพัฒนาการที่ชัดเจน โดยสัดส่วนนักเรียนในระดับปรับปรุง ลดลงอย่างต่อเนื่องจากร้อยละ 21.62 ในวงจรที่ 1 เหลือร้อยละ 2.70 ในวงจรที่ 2 และไม่พบนักเรียนในระดับปรับปรุงเลย (0.00%) ในวงจรที่ 3 อีกทั้ง นักเรียนมีความสามารถระดับดีเพิ่มขึ้นตามลำดับ ดังนั้น เวลาและการฝึกฝนซ้ำ ในบริบทของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ทำให้นักเรียนเชื่อมโยงความคิดและให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่เป็นระบบมากขึ้น นอกจากนี้ในขั้นการโต้แย้ง นักเรียนทุกกลุ่มได้ร่วมกันแสดงความคิดเห็นและโต้แย้งถึงความน่าเชื่อถือหรือการยอมรับข้อกล่าวอ้างโดยพิจารณาหลักฐานเชิงประจักษ์จากการรวบรวมข้อมูล ซึ่งมีครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการโต้แย้ง ทั้งนี้ครูและนักเรียนยังร่วมกันอภิปรายข้อสรุปที่ได้จากการโต้แย้งและความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหานั้น ซึ่งจะส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาข้อกล่าวอ้างของตนและอธิบายปรากฏการณ์ได้ดีขึ้น (Sampson & Schleigh, 2013) อีกทั้ง การใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ ยังช่วยดึงดูดความสนใจและเชื่อมโยงองค์ความรู้ให้นักเรียนได้เป็นอย่างดี ส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ได้ดี นักเรียนสามารถจดจำและเข้าใจได้นานยิ่งขึ้น เกิดความคงทนของความรู้ และเป็นการเรียนรู้ที่มีความหมาย (ศศิเทพ ปิติพรเทพิน, 2558; Sadler, 2011)

Eastwood, Sadler, Sherwood, และ Schlegel (2012) กล่าวว่า กิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนเกิดประสบการณ์และการปฏิบัติ เช่น การโต้แย้ง ซึ่งนักเรียนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติขั้นสูงโดยเฉพาะการสะท้อนคิดและต้องให้เหตุผลเพื่อยืนยันแนวคิดของตนเอง ทำให้นักเรียนเกิดประสบการณ์จากการเรียนรู้ที่ได้ กระบวนการเรียนรู้ที่นี้จึงเป็นสิ่งหนึ่งที่ช่วยกระตุ้นความสนใจวิทยาศาสตร์ ให้กับนักเรียนได้ เพราะสามารถพบได้จริงในชีวิตประจำวัน (Lewis, 2003) ดังนั้น การจัดกิจกรรมการเรียนการรู้ด้วยกลวิธีโต้แย้งบนฐานของประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ ซึ่งเน้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมใช้ประสบการณ์ อิงบริบทของสถานการณ์ทางสังคมและเรียนรู้เนื้อหาชีววิทยาควบคู่ไปกับกระบวนการโต้แย้งจะทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาได้ดี ส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในระดับสูงขึ้นตามลำดับ

สรุปผล

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีโต้แย้งบนฐานของประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ สามารถส่งเสริมให้นักเรียนให้มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ โดยภาพรวมจากทุกสถานการณ์คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนอยู่ในระดับพอใช้และคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน เมื่อพิจารณาแต่ละวงจรปฏิบัติการความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับดี มีการพัฒนาเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่ระดับปรับปรุงลดลงในวงจรปฏิบัติที่ 2 และไม่มีระดับปรับปรุงในวงจรสุดท้าย ดังนั้น การสะท้อนผลและปรับปรุงการสอนในวงจรที่ 2 และ 3 และการฝึกฝนซ้ำในบริบทของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ทำให้นักเรียนมีความสารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ดีขึ้น โดยนักเรียนมีความสามารถระดับดีมากที่สุด ในการให้เหตุผลแบบอธิบายและแบบสมมตินัย ขณะที่การให้เหตุผลแบบนิรนัย และแบบอุปนัย อยู่ในระดับปรับปรุงมากที่สุด ดังนั้น การจัดการเรียนรู้นี้ช่วยส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยพัฒนานักเรียนจากความเข้าใจพื้นฐานสู่การสร้างข้อสรุปอย่างมีเหตุผลได้ อย่างไรก็ตาม เพื่อส่งเสริมนักเรียนไปสู่ระดับดี ครูควรเพิ่มกิจกรรมที่เน้นการเผชิญกับสถานการณ์ที่ซับซ้อน เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกการให้เหตุผลแบบนิรนัยและอุปนัยในระดับที่สูงขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 การจัดการเรียนรู้ที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีโต้แย้งบนฐานของประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ ครูควรวิเคราะห์บริบทของนักเรียนและรวบรวมข้อมูลสถานการณ์สังคมที่เป็นวิทยาศาสตร์ปัจจุบันมีผลต่อนักเรียนโดยตรง เพื่อเร้าความสนใจนักเรียน มาเป็นสถานการณ์ประกอบการจัดการเรียนรู้

1.2 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ต้องใช้ระยะเวลาในการทำกิจกรรม บางกิจกรรมต้องปฏิบัตินอกตารางเรียนโดยเฉพาะขั้นที่ 3 ขั้นกิจกรรมโต้แย้ง ในการสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว ครูต้องมีความพร้อมในการวางแผนกำหนดประเด็นในการโต้แย้งให้ชัดเจน เพื่อบริหารเวลาในการจัดกิจกรรมในชั้นเรียนได้อย่างมีคุณภาพ

1.3 การนำการจัดการเรียนรู้ที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีโต้แย้งบนฐานของประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ ไปใช้ผู้สอนควรคำนึงถึงข้อมูลป้อนกลับ เช่น คำชี้แนะ และให้คำปรึกษาโดยใช้เกณฑ์เป็นคะแนนในการเขียนรายงานของนักเรียนในขั้นที่ 4 ขั้นการเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ เพื่อให้นักเรียนได้สำรวจผลลัพธ์ของตัวเอง

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 การจัดการเรียนรู้ที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีโต้แย้งบนฐานของประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ ทำให้สร้างโอกาสในการแสดงความคิดเห็นที่หลากหลายในขั้นที่ 3 การเปิดพื้นที่การโต้แย้ง มีส่วนในการส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ จนนำไปสู่การสร้างแนวปฏิบัติที่ดีต่อประเด็นนั้น ๆ ดังนั้น ในการวิจัยครั้งต่อไปอาจนำการจัดการเรียนรู้ที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีโต้แย้งบนฐานของประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์มาพัฒนาทักษะการตัดสินใจและทักษะการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันเพื่อดูความสอดคล้องกัน

2.2 จากผลการวิจัยที่พบว่านักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบอุปนัย และแบบนิรนัย อยู่ในระดับปรับปรุงโดยส่วนใหญ่ ดังนั้น ในการวิจัยครั้งต่อไปอาจนำการจัดการเรียนรู้ที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีโต้แย้งบนฐานของประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ หรือการจัดการเรียนรู้รูปแบบอื่น ๆ มาพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบอุปนัย และแบบนิรนัยของนักเรียนต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ธนิกา วศินยานุวัฒน์ และ ผศ.ดร.สิงหา ประสิทธิ์พงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิจัยที่สละเวลาให้คำแนะนำแนวคิด และแนวทางการวิจัย ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องในการวิจัยตั้งแต่เริ่มต้น นางอรนุช บุญสนิท และนางสาวผกาทิพย์ ยันตะสิริ ซึ่งได้ให้ความอนุเคราะห์ สนับสนุน ให้คำปรึกษาและตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย นักเรียนที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัย ทำให้การศึกษาวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี และครอบครัวที่สนับสนุน ให้กำลังใจและให้โอกาสทางการศึกษาที่ดี คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากการศึกษาวิจัย ผู้วิจัยขอน้อมบูชาพระคุณบิดา มารดา และบูรพาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนวิชาความรู้และให้ความเมตตาแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

เอกสารอ้างอิง

จักรกฤช อินเปี้ย, สุรศักดิ์ ละลอกน้ำ และ นันทรัตน์ เครืออินทร์. (2563). การพัฒนาทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร*. 22(3), 49-64.

ชญากานต์ ส่วนบุญ, จีระวรรณ เกษสิงห์ และ วีระศักดิ์ ฟุ้งเฟื่อง. (2562). การสำรวจความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบนิรนัยและอุปนัยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. ใน *รายงานสืบเนื่องจากการประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์* ครั้งที่ 57 (หน้า 33–39). สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

ณรงค์ชัย พงษ์ธะนะ. (2559). *ผลของการจัดการเรียนการสอนแบบโต้แย้งและประเมินที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย* [วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. คลังปัญญาจุฬาฯ. https://doi.org/10.58837/CHULA.THE.2016.271

ทศพล สุวรรณพุฒ. (2562). การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง พอลิเมอร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการเรียนรู้สืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง. [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยนเรศวร].

วิชัย เสวกงาม. (2557). ความสามารถในการให้เหตุผล ความสามารถที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21. *วารสารครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*, 42(2), 209–223. https://digital.car.chula.ac.th/educujournal/vol42/iss2/15

ศศิเทพ ปิติพรเทพิน. (2558). *การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์กับสังคมแห่งศตวรรษที่ 21*. บอสส์การพิมพ์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2567). *ผลการประเมิน PISA 2022: บทสรุปสำหรับผู้บริหาร.* https://pisathailand.ipst.ac.th/pisa2022-summary-result/

อลิษา รัชนิพนธ์, ดวงเดือน สุวรรณจินดา และนวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์, (2564). ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จังหวัดภูเก็ต, *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ*, 21(2), 357-377.

ไอย์ลดา สมภาร, จีระวรรณ เกษสิงห์ และ เมษยะมาศ คงเสมา. (2563). ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในสถานการณ์ปัญหาทางชีววิทยา. ใน *รายงานสืบเนื่องจากการประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 58* (หน้า 10–19). สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ.

Cetin, P.S., & Eymur, G. (2017). Developing students' scientific writing and presentation skills through argument driven inquiry: An exploratory study. *Journal of Chemical Education*, 94(7), 837-843. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00915

Chung, Y., Yoo, J., Kim, S.-W., Lee, H., and Zeidler, D. (2014). Enhancing students'communication skills in the science classroom through socioscientific issues. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 14(1), 1-27. https://doi.org/10.1007/s10763-014-9557-6

Eastwood, J. L., Sadler, T. D., Sherwood, R., & Schlegel, W. M. (2012). Students' participation in an interdisciplinary, socio-scientific issues based undergraduate human biology major and their under- standing of scientific inquiry. *Research in Science Education*. https://doi.org/10.1007/s11165-012-9298-x

Kemmis, S., Mctaggart, R., & Nixon, R. (2014). *The action research planner: Doing critical participatory action research.* Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-4560-67-2

Klosterman, M. L., Sadler, T. D., & Brown, J. (2012). Viral news: Media literacy for the 21st century. *Science Scope*, 35(9), 61-69.

Kolsto, S. D. (2001). Scientific literacy for citizenship: Tools for dealing with the science. *Science Education* 85(3), 291–310. https://doi.org/10.1002/sce.1011

Lawson, A. E. (2000). The generality of hypothetico-deductive reasoning: Making scientific thinking explicit. *The American Biology Teacher*, 62(7), 482-495.

Lawson, A. E. (2010). Basic inferences of scientific reasoning, argumentation, and discovery. *Science Education*, 94(2), 336–364. https://doi.org/10.1002/sce.20357

Lewis, S.E. (2003). *Issue-Based Teaching in Science Education*. ActionBioscience. http://www.actionbioscience.org/education/lewis.html

Sadler, T. D. (2011). Socio-scientific issues-based education: What we know about science education in the context of SSI. In T. D. Sadler (Ed.), *Socio-scientific issues in the classroom: Teaching, learning and research* (pp. 355–369). Springer.

FACTORS INFLUENCING EMPLOYEE RETENTION AND JOB SATISFACTION IN AIRLINE INDUSTRY

SITIPATEEMAH HAJIJEK-ARLEE

Christ University in India

***Corresponding author E-mail: sitipateemahhajijekarlee@gmail.com**

Abstract

Employee retention and job satisfaction have been persistent problems in the airline industry. High turnover rates interfere with service quality, increase operational expenses, and deteriorate organizational stability. This paper investigates the drivers of retention and job satisfaction, specifically commitment to the company, employee engagement, career progress, and work environment. A quantitative research design was employed, and survey data were collected from 102 employees in Thailand's airline industry. Job satisfaction was assessed with standardized measures, and employee retention was quantified with corresponding indicators. Descriptive analysis indicated that most of the respondents were aged 25–35, had one to six years of service, and were mostly female.

Findings from Mann–Whitney U and Kruskal–Wallis tests showed that there were no significant differences based on gender, while some variations appeared in terms of age groups. Differences across years of service were not statistically significant. Overall, the results suggest that demographic characteristic have limited influence on employee retention and job satisfaction. The implication is that promoting more opportunities for career advancement and facilitating supportive management can positively impact employee retention and satisfaction, thereby contributing to greater workforce stability in the airline industry.

Keywords: job satisfaction, employee retention

Introduction

With today's intensely competitive business environment, the airline industry faces unique challenges in maintaining and managing its workforce. Employee retention and job satisfaction have emerged as critical issues for airlines, as high turnover increases recruitment and training costs, disrupts service quality, and reduces organizational stability. Therefore, retaining experienced and satisfied employees is essential for sustaining operational effectiveness and long-term competitiveness.

Employee retention refers to an organization's ability to retain qualified employees and ensure a stable workforce over time. Job satisfaction, on the other hand, represents the extent to which employees feel positively or negatively toward their jobs, shaped by factors such as pay, working environment, professional growth, recognition, and support from management. Both constructs are interconnected: greater job satisfaction enhances organizational commitment, which reduces turnover, whereas dissatisfaction leads to absenteeism, low morale, and resignations.

In the airline industry, these challenges are even more pronounced due to irregular working schedules, customer service demands, and high-performance expectations. Previous research highlights the role of organizational commitment, supportive leadership, employee engagement, and career development opportunities in shaping both retention and satisfaction. Demographic variables such as age, gender, and years of service may also influence employee attitudes and career choices.

Although awareness of these issues is increasing, limited empirical research has been conducted in Thailand's airline industry. Most retention and satisfaction studies have focused on other industries such as IT, healthcare, or manufacturing. Given the strategic importance of airlines to the national economy, it is timely and necessary to address this gap.

The present study aims to analyze the determinants of employee retention and job satisfaction among airline employees in Thailand. Specifically, it examines whether demographic factors (age, gender, years of service) significantly affect these outcomes, and it evaluates the extent of employee retention and satisfaction levels within the airline. By identifying the most relevant influences, this study seeks to contribute both to academic theory and practical human resource management strategies for improving workforce stability in the airline industry.

Employee Retention in the Airline Industry

Employee retention is understood as an organization's capacity for lowering voluntary turnover and ensuring workforce stability, which is particularly key to the airline sector where safety and service quality are reliant on experienced staff (Hom et al., 2012; Griffeth, Hom, & Gaertner, 2000). High levels of turnover among airline employees increase training expenditures, interfere with operations, and erode organizational stability (Bamber et al., 2009). Models like Price's (2001) turnover model and Meyer and Allen's (1991, 1997) three-component model of commitment underscore the contributions of costs, alternatives, and organizational attachment in determining retention. Specifically, affective commitment correlates directly with intention to remain, whereas continuance commitment keeps employees through perceived costs but not necessarily satisfaction (Jaros, 2007). Transformational leadership encourages recognition, trust, and loyalty and reduces turnover intentions (Bass, 1990; Avolio et al., 2004; Kim & Jogaratnam, 2010). Relational coordination between pilots, cabin crew, and ground staff also enhances cooperation and retention by minimizing operational conflict (Gittell, 2003). Compensation and benefits, such as pay equity, allowances, and travel advantages, are always associated with retention results (Williams, McDaniel, & Nguyen, 2008; Singh & Loncar, 2010; Chiu, Luk, & Tang, 2002).

Career development prospects also contribute significantly. Clear promotion schemes, formal training, and career progression channels are necessary to maintain competent personnel (Kraimer, Seibert, & Liden, 2011; Jehanzeb & Bashir, 2013; Deery & Jago, 2015). Work–life balance initiatives, including flexible work arrangements and wellness programs, further decrease turnover intentions within a sector marked by variable shifts and long-distance responsibilities (Greenhaus, Collins, & Shaw, 2003; Chen & Kao, 2011; Deery & Jago, 2009). Asian research emphasizes cultural variables, whereby collectivism and loyalty principles strongly influence retention rates (Choi & Kim, 2012; Mohd Yusoff et al., 2017; Lub et al., 2016).

In conclusion, airlines' key retention drivers are supportive leadership, equitable compensation, career opportunities, organizational commitment, and work–life balance, with engagement as a mediator connecting workplace resources and lowered turnover intentions (Schaufeli & Bakker, 2004; Karatepe, 2013).

Job Satisfaction in the Airline Industry

Job satisfaction is a positive emotional state arising from the evaluation of one's job and experiences (Locke, 1976). Employee satisfaction is crucial to service quality and customer loyalty in service businesses such as airlines, as outlined in the service–profit chain (Heskett et al., 1994). Herzberg's (1966) Two-Factor Theory describes how achievement, recognition, and career growth are motivators and how pay, work conditions are hygiene factors that influence satisfaction. The Job Characteristics Model (Hackman & Oldham, 1976) also looks at job design factors—skill variety, autonomy, task significance—that affect satisfaction.

The aviation context offers specific stressors like irregular rhythms, jet lag, and affective labor (Hochschild, 1983; Maslach & Leiter, 1997). Without adequate resources, these pressures reduce satisfaction; nonetheless, favorable resources like teamwork and role clarity raise it (Schaufeli & Bakker, 2004). Pay and benefits continue to be key to satisfaction, especially if employees feel justice and job security (Chiu et al., 2002; Williams et al., 2008). Career development, such as training and career opportunities, greatly enhances satisfaction by providing employees with a sense of direction and advancement (Kraimer et al., 2011; Gittell, 2003).

Job satisfaction is enhanced directly by leadership and supervisory support. Effective communication by transformational leaders and the giving of recognition enhance morale among cabin crew and ground staff (Avolio et al., 2004; Tsaur & Lin, 2004). Work–life balance policies are also significant: flexible working and well-being schemes decrease stress and enhance satisfaction (Chen & Kao, 2011; Deery & Jago, 2009). Emotional labour, although inevitable when dealing with customers, can be controlled by supportive practices, thus enhancing satisfaction levels (Brotheridge & Lee, 2003).

Lastly, studies unequivocally demonstrate that job satisfaction is a predictor of employee retention. Employees who are satisfied do not leave even in challenging environments, and satisfaction also mediates the relationship between pay, leadership, and work–life balance and turnover (Tett & Meyer, 1993; Griffeth et al., 2000; Inegbedion, 2024). Therefore, enhancing job satisfaction is both an end and a means to minimizing turnover in airlines.

Objectives of the Study

The present study focuses on investigating the determinants of employee job satisfaction and retention in Thailand's airline industry. Specifically, the research seeks to:

1. Examine the demographic characteristics of airline employees in terms of age, gender, and years of service.
2. Determine whether these demographic factors significantly influence employee retention and job satisfaction.
3. Assess the overall levels of employee retention and job satisfaction among airline employees.
4. Provide recommendations for human resource practices that can enhance employee retention and job satisfaction, thereby promoting greater workforce stability in the airline industry.

Material and Method

This study employed a quantitative research design to examine the factors influencing employee retention and job satisfaction in the airline industry in Thailand. Data were collected through a structured questionnaire

Participants and Procedures

This study applied a quantitative survey method to collect data from employees in Thailand's airline industry. Thailand-based airlines were chosen due to the researcher's language limitations, which could otherwise introduce errors if the study were conducted in another country. A total of 102 full-time employees participated in the study, recruited through purposive sampling. Participation was voluntary, and respondents were informed about the objectives of the research, their right to withdraw at any stage, and the confidentiality of their responses.Oral informed consent was obtained from all participants prior to data collection. Informed consent was obtained prior to participation, and anonymity was ensured by coding all responses before analysis.

Table 1

Descriptive analysis of participants' profiles

Variable	Group	Frequency	Percentage%
Age	18- 25	10	9.8
	25-35	73	71.6
	35-50	19	18.6
Gender	Male	23	22.5
	Female	79	77.5
Years of service	Less than 1 year	7	6.9
	1–3 years	45	44.1
	4–6 years	44	43.1
	7–10 years	4	3.9
	More than 10 years	2	2

With respect to demographic characteristics, most respondents were between 25 and 35 years old (71.6%), followed by 18.6% aged 35–50 years, and 9.8% aged 18–25 years. In terms of gender, the majority of the respondents were female (77.5%), while 22.5% were male. For years of service, 44.1% had been employed for 1–3 years, 43.1% for 4–6 years, 6.9% for less than one year, 3.9% for 7–10 years, and 2.0% had more than 10 years of service. These figures suggest that the majority of the participants were relatively early in their careers, particularly those with one to six years of work experience.

Measures

Socio-demographic information of the participants, including age, gender, and years of service, was collected through a structured questionnaire. Standardized instruments were applied in the second part of the questionnaire: the Minnesota Satisfaction Questionnaire (MSQ) was used to measure job satisfaction, while *the* Employee Retention Scale (ERS) was used to measure employee retention. Both scales employed a five-point Likert-type format, where responses ranged from 1 ("very dissatisfied/strongly disagree") to 5 ("very satisfied/strongly agree"). Higher scores on the MSQ indicated greater job satisfaction, whereas higher scores on the ERS reflected stronger employee retention.

Statistical Analysis

The data were analyzed using Jamovi software. Descriptive statistics, including frequency distributions, percentages, median, and standard deviations, were used to summarize the demographic characteristics of the participants and the study variables of job satisfaction and employee retention.

The Mann–Whitney U test was applied to compare differences between male and female respondents, while the Kruskal–Wallis H test was used to analyze differences across age groups and years of service. A cutoff p-value of < 0.05 was adopted for all analyses.

Result

A total of 102 employees from the airline industry in Thailand participated in the study. Most respondents were aged 25–35 years (71.6%), followed by 35–50 years (18.6%) and 18–25 years (9.8%). In terms of gender, 77.5% were female and 22.5% were male. With respect to years of service, 44.1% of participants had 1–3 years of work experience, 43.1% had 4–6 years, 6.9% had less than one year, 3.9% had 7–10 years, and only 2.0% had more than 10 years of experience, suggesting that the majority were relatively early in their careers.

The Mann–Whitney U test was used to compare job satisfaction and employee retention between male and female respondents. The results showed no significant differences between the two gender groups ($p > 0.05$). The Kruskal–Wallis H test was applied to examine differences based on age groups and years of service. The Kruskal–Wallis H test revealed statistically significant differences in employee retention across age groups ($p < 0.05$), indicating that retention levels varied according to age. However, no statistically significant differences were found in job satisfaction across age groups or in either employee retention or job satisfaction across years of service ($p > 0.05$). These findings suggest that age and tenure are important factors influencing job satisfaction and employee retention within the airline industry.

Table 2

Mann–Whitney test showing differences in employee retention and job satisfaction across gender groups

Variables	Gender	Frequency	M	SD	U	p	d
Employee Retention	Male	23	14	0.984	895	0.912	0.0149
	Female	79	14	0.992			
Job Satisfaction	Male	23	77	6.554	887	0.865	0.0237
	Female	79	77	6.805			

Note. *M* = Median, *SD* = Std Deviation, U = Mann–Whitney U test.

* p <.05, ** p <.01;

The table summarizes the relationship between gender and two organizational outcomes—employee retention and job satisfaction—using descriptive and inferential statistics. For employee retention, male employees (N = 23) reported a median score of 14 with a standard deviation (SD) of 0.98, while female employees (N = 79) reported the same median of 14 with a nearly equal SD of 0.99. The Mann–Whitney U test produced a value of U = 895 with a significance level of p = 0.912, which is well above the 0.05 threshold, indicating no statistically significant difference in retention between male and female employees.

For job satisfaction, male employees (N = 23) reported a mean score of 77 with an SD of 6.55, while female employees (N = 79) also reported a mean of 77 with a slightly higher SD of 6.81, suggesting almost identical central tendency and minimal differences in variability. The Mann–Whitney U test for job satisfaction yielded U = 887 with a p-value of 0.865, again above the 0.05 threshold, confirming that there is no statistically significant difference in job satisfaction between male and female employees.

Table 3

Kruskal–Wallis tests showing the difference in job satisfaction and employee retention across age groups.

Variables	Age	Frequency	M	SD	χ^2	p	d
Employee Retention	18- 25	10	14	0.943	7.1	0.029	0.0703
	25-35	73	14	0.95			
	35-50	19	15	1.01			
Job Satisfaction	18- 25	10	75	8.21	7.1	0.6	0.0101
	25-35	73	77	6.43			
	35-50	19	77	7.08			

Note. * *p <.05, ** p <.01; M = Median, SD = Std, Deviation*, χ^2= Kruskal–Wallis test; *d= Mean Difference.*

The table presents descriptive and inferential statistics of employee retention and job satisfaction across age groups. For employee retention, respondents aged 18–25 years (N = 10) reported a median score of 14 with a standard deviation (SD) of 0.94. The 25–35 age group (N = 73) also had a median of 14 but with a slightly higher SD of 0.95, showing similar central tendency with marginally greater variability. In contrast, the 35–50 age group (N = 19) reported the highest median of 15 with an SD of 1.01, suggesting stronger retention perceptions among older employees.

For job satisfaction, the youngest group (18–25 years) had the lowest mean score of 75 (SD = 8.21), indicating relatively high variability in satisfaction levels. Employees aged 25–35 years reported a slightly higher mean of 77 with lower variability (SD = 6.43), while the 35–50 group also had a mean of 77 with an SD of 7.08, indicating consistent levels of satisfaction among mid-age and older employees.

The Kruskal–Wallis H test showed statistically significant differences in employee retention across age groups ($p < 0.05$), indicating that older employees tended to have higher retention scores than younger employees. However, the test revealed no significant differences in job satisfaction

across age groups ($p > 0.05$), suggesting that satisfaction levels remained relatively stable regardless of age.

Table 4

Kruskal–Wallis tests showing the difference in employee retention and job satisfaction across years of service groups.

Variables	Years of service	Frequency	M	SD	χ^2	p	d
Employee Retention	Less than 1 year	7	14	0.951	6.42	0.17	0.0635
	1–3 years	45	14	1.02			
	4–6 years	44	14	0.949			
	7–10 years	4	14.5	0.957			
	More than 10 years	2	15	0			
Job Satisfaction	Less than 1 year	7	75	8.82	9.4	0.052	0.093
	1–3 years	45	77	6.79			
	4–6 years	44	77.5	5.86			
	7–10 years	4	78	1.26			
	More than 10 years	2	60.5	0.707			

Note. * *p <.05, ** p <.01; M = Median, SD = Std, Deviation*, χ^2= Kruskal–Wallis test; *d= Mean Difference.*

The table presents descriptive and inferential statistics of employee retention and job satisfaction across years of service. For employee retention, respondents with less than one year of service (N = 7) reported a median score of 14 (SD = 0.95). Employees with 1–3 years of service (N = 45) also reported a median of 14 with slightly greater variability (SD = 1.02). Similarly, those with 4–6 years of service (N = 44) reported a median of 14 with an SD of 0.95, indicating consistent perceptions across these groups. Employees with 7–10 years of service (N = 4) had a slightly higher median of 14.5 (SD = 0.96), while those with more than 10 years of service (N = 2) reported the highest score of 15 with no variability (SD = 0), reflecting complete consistency in this very small subgroup.

For job satisfaction, respondents with less than one year of service reported the lowest mean of 75 (SD = 8.82). Employees with 1–3 years of service reported a higher mean of 77 (SD = 6.79), while those with 4–6 years reported the highest mean of 77.5 (SD = 5.86), suggesting more consistent satisfaction. The 7–10 years group reported a slightly higher mean of 78 with very low variability (SD = 1.26), indicating uniform satisfaction. By contrast, the more than 10 years group showed a sharp decline in satisfaction with a mean of 60.5 (SD = 0.71).

The Kruskal–Wallis H test revealed no statistically significant differences in employee retention or job satisfaction across years of service ($p > 0.05$). However, the job satisfaction score reported by employees with more than 10 years of service should be interpreted with caution, as this subgroup consisted of only two respondents ($n = 2$). These results indicate that employees with longer tenure tended to report different levels of retention and satisfaction compared to those with fewer years of service.

Discussion

The current research examined the determinants of job satisfaction and employee retention in the Thai airline industry. The results indicated that gender and years of service did not show statistically significant differences in either job satisfaction or employee retention. However, age was found to have a statistically significant influence on employee retention, while no significant differences were observed in job satisfaction across age groups**.** This finding suggests that while age showed a statistically significant influence on employee retention, demographic characteristics overall were not the most influential factors compared to organizational and job-related factors within this sector. The results are consistent with previous research (e.g., Singh & Dixit, 2019; Lee, 2021), which concluded that demographic variables generally have weaker effects compared to organizational and job-related factors.

The absence of meaningful differences by demographic groups implies that organizational culture, leadership practices, and HR policies are likely to play a more significant role in shaping employees' attitudes than age, gender, or tenure. In the airline sector, where working conditions can be challenging, employees are more likely to evaluate their career choices based on job satisfaction, rewards, and opportunities for development rather than demographic identity.

These results have practical implications for airline management. Improving job satisfaction through better working conditions, recognition, fair pay, and opportunities for career growth may directly contribute to stronger employee retention. Managers should therefore priorities strategies that enhance satisfaction and organizational commitment rather than interventions based solely on demographic categories.

Overall, this research contributes to the existing literature on retention and job satisfaction by highlighting that while demographic variables did not show significant effects, organizational factors and workplace practices are likely to be more critical in influencing employee retention in the airline industry.

Implications of the Study

The findings of this study have important practical implications for the aviation industry. Although demographic variables such as gender showed no significant differences. The findings indicate that age plays a role in shaping employee retention, whereas gender and years of service do not show statistically significant effects on either job satisfaction or employee retention. This suggests that workforce management strategies should be more sensitive to employees' career stages rather than demographic characteristics alone

For airline managers and human resource practitioners, the results indicate that efforts to retain employees should prioritize improving working conditions, ensuring fair and competitive compensation, and creating opportunities for professional growth. Recognition and supportive management practices may also play a critical role in maintaining a motivated and stable workforce.

By investing in policies and practices that promote satisfaction and retention, airlines can reduce turnover, strengthen organizational stability, and ensure a committed workforce, which is essential for maintaining service quality and competitiveness in the airline industry.

Limitations of the Study

While this research contributes to the understanding of factors affecting job satisfaction and employee retention in the airline sector, some limitations should be acknowledged. Firstly, the study was conducted with a relatively small sample size of 102 airline employees in Thailand,

which may limit the generalizability of the findings to other settings or larger populations. Secondly, the use of purposive sampling introduces the possibility of sampling bias, as participants may not fully represent the entire workforce of the aviation industry. Thirdly, the cross-sectional design restricts the ability to observe changes over time, since the data were collected at only one point in time. Finally, reliance on self-reported questionnaires may have introduced response bias, such as social desirability bias, which could influence the accuracy of responses.

Recommendations

Based on these findings, the Recommendations for future research are to expand the sample size and include employees from multiple airlines and job categories to enhance generalizability. Employing longitudinal designs would allow researchers to observe changes in job satisfaction and retention over time, while mixed-methods approaches that integrate surveys with interviews or focus groups could provide deeper insights into employee experiences. To address response bias, future studies should consider anonymous surveys or triangulating self-reported data with organizational records such as turnover and absenteeism rates. Comparative studies across cultures and regions are also recommended to identify whether influencing factors are universal or context-specific.

From a practical standpoint, the recommendations for airlines are to invest in career development opportunities, implement fair and transparent compensation systems, encourage supportive leadership, and adopt flexible scheduling policies. These strategies can enhance job satisfaction and improve employee retention, thereby strengthening the long-term competitiveness of the airline industry.

Conclusion

This study set out to investigate the determinants of job satisfaction and employee retention within the Thai airline industry, with a particular focus on demographic factors such as age, gender, and years of service. The findings revealed that gender and years of service did not significantly influence either job satisfaction or employee retention, whereas age showed a statistically significant variation in employee retention but not in job satisfaction. These findings

suggest that age may play a limited role in shaping retention, while other demographic characteristics have minimal influence. However, the overall results indicate that demographic factors alone are not the strongest predictors of employee outcomes in this sector.

More importantly, the study highlights that organizational and human resource management practices exert a stronger influence on job satisfaction and retention than demographic variables. In an industry marked by demanding schedules, irregular shifts, and high levels of customer service pressure, employees tend to place greater value on organizational factors such as fair and transparent compensation systems, recognition and support from supervisors, and opportunities for career advancement. These elements are more likely to determine whether employees remain committed to their organizations than personal attributes such as age or gender.

From a practical standpoint, the findings emphasize the importance for airline management to implement human resource policies that foster employee satisfaction and organizational commitment. This includes establishing equitable pay structures, offering structured career development pathways, and cultivating a leadership style that is supportive and motivational. Such measures not only enhance employee morale but also contribute to workforce stability, reduce turnover costs, and sustain service quality, which are all critical to maintaining long-term competitiveness in the airline industry.

In summary, this research contributes to the academic understanding of job satisfaction and retention by showing that while demographic characteristics may have some impact, it is organizational culture and workplace practices that play a decisive role in shaping employee outcomes. By addressing these factors, airlines can create a more satisfied, loyal, and stable workforce, which in turn strengthens organizational effectiveness. Ultimately, this study underscores the value of aligning human resource strategies with employee needs, ensuring that airlines can meet the dual objectives of enhancing employee well-being and sustaining operational performance in a highly competitive business environment.

References

Bamber, G. J., Gittell, J. H., Kochan, T. A., & von Nordenflycht, A. (2009). *Up in the air: How airlines can improve performance by engaging their employees.* Cornell University Press.

Chen, C.-F., & Kao, Y.-L. (2011). The effects of work–family conflict and work–family facilitation on job satisfaction: The role of work–life balance for flight attendants. *Journal of Air Transport Management, 17*(2), 115–117. https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2010.12.005

Deery, M., & Jago, L. (2015). Revisiting talent management, work–life balance and retention strategies. *International Journal of Contemporary Hospitality Management, 27*(3), 453–472. https://doi.org/10.1108/IJCHM-12-2013-0538

Griffeth, R. W., Hom, P. W., & Gaertner, S. (2000). A meta-analysis of antecedents and correlates of employee turnover: Update, moderator tests, and research implications. *Journal of Management, 26*(3), 463–488. https://doi.org/10.1177/014920630002600305

Hackman, J. R., & Oldham, G. R. (1976). Motivation through the design of work: Test of a theory. *Organizational Behavior and Human Performance, 16*(2), 250–279. https://doi.org/10.1016/0030-5073(76)90016-7

Herzberg, F. (1966). *Work and the nature of man.* World Publishing.

Hom, P. W., Lee, T. W., Shaw, J. D., & Hausknecht, J. P. (2017). One hundred years of employee turnover theory and research. *Journal of Applied Psychology, 102*(3), 530–545. https://doi.org/10.1037/apl0000103

John, M. N. (2024). The relationship between job satisfaction and employee retention. *Proceedings of the International Business Conference.* South African Aviation Organisation. Retrieved from https://internationalbusinessconference.com/wp-content/uploads/2024/10/CP149-Muofhe-Relationship-between-job-satisfaction-final-corrected.pdf

Locke, E. A. (1976). The nature and causes of job satisfaction. In M. D. Dunnette (Ed.), *Handbook of industrial and organizational psychology* (pp. 1297–1349). Rand McNally.

Meyer, J. P., & Allen, N. J. (1991). A three-component conceptualization of organizational commitment. *Human Resource Management Review, 1*(1), 61–89. https://doi.org/10.1016/1053-4822(91)90011-Z

Schaufeli, W. B., & Bakker, A. B. (2004). Job demands, job resources, and their relationship with burnout and engagement: A multi-sample study. *Journal of Organizational Behavior, 25*(3), 293–315. https://doi.org/10.1002/job.248

Sharma, R., Choudhary, P., Dabi, B., Vishwakarma, L. S., Shikha, & Chand, P. (2024). An empirical study on employee's job satisfaction affects their performance in low-cost airlines. *Journal of Positive School Psychology, 6*(2), 6424–6437. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/379429376

Shrivastava, S., & Sharma, A. (2025). Employee job satisfaction in aviation industry: An exploratory study on workplace dynamics. *Journal of Informatics Education and Research, 5*(1). Retrieved from https://jier.org/index.php/journal/article/view/2357

Siddiqui, N. N., & Srivastava, A. (2024). Analyzing leadership style, organizational commitment and career development opportunities. In *Human resource strategies in the era of artificial intelligence.* Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/384644297

Tabakovic, J. (2024). *Effective strategies to decrease employee turnover in the airline industry* (Doctoral dissertation). Walden University. Retrieved from https://scholarworks.waldenu.edu/dissertations/18363

Yakupoğlu, E. Ç. (2025). Impact of job satisfaction and motivation on intention to quit and organizational commitment among airline employees. *Journal of Organizational Behavior Research, 10*(3), 98–110. Retrieved from https://odad.org/storage/files/article/b3d8516f.pdf

Species diversity of Trichoptera from some streams, Ta Pi Tributary, Southern Thailand

Chayanun Tipkeaw[1*], Pongsak Laudee[1]

[1]**Faculty of Innovative Agriculture Fisheries and Food, Prince of Songkla University, Surat Thani Campus, Muang District, Surat Thani Province, Thailand 84100**

[*]**Corresponding author E-mail:** chayanan161059@gmail.com

Abstract

A study of the biodiversity of aquatic insects in the order Trichoptera revealed 52 species representing 24 genera and 14 families. The families with the highest species richness were Hydropsychidae, Philopotamidae, and Leptoceridae respectively, with *Chimarra argax* species being the most abundant species in the study sites. Among these families, Hydropsychidae exhibited the greatest species diversity in southern Thailand

Keywords: caddisfly, species richness, faunistics

Introduction

Thailand is a developing country facing issues of river degradation Dudgeon, (1992), Muttamara and Sales, (1994), Krairapanond and Atkinson, (1998). The impacts of river degradation have adverse effects on aquatic life and humans. Water quality monitoring in various water sources relies on assessments in terms of physical, chemical, and biological aspects. Physical and chemical assessments are effective in determining water quality at a specific moment. However, if we aim to study the overall quality of the environmental system, it becomes crucial to assess biological water quality. The development of biological water quality assessments relies on the presence of living organisms in the water, such as small fish, algae, protozoa, and aquatic insects, which serve as indicators of water quality. Therefore, there is interest in utilizing biological water quality assessment techniques, particularly the use of soil animals as indicators of water quality (Mustow, 2002). In Thailand, continuous research on aquatic insects, specifically Trichoptera, has primarily involved adult specimens due to their relatively comprehensive knowledge base. These studies have identified more than 1,000 Trichoptera species in Thailand (Malicky, 2010). Furthermore, investigations into the diversity and distribution of Trichoptera in

the Tapi River, Surat Thani Province, revealed the presence of 105 species Suwannarat et al., 2020).

Materials and Methods

The biodiversity of caddisflies was studied at 4 freshwater streams in southern Thailand including Ban Suan Saran Chon, Suan Ta Sing Camping, Khao Sok National Park, and 357 Waterfall. To collect the specimens, UV pan light traps (12 V, 10 W) were set near the streams. The Trichoptera specimens were preserved in 70% ethanol and manually sorted afterwards. The adult male genitalia were cut and macerated by heating in 10% KOH at 60°C for 30–60 minutes. Only male insects were identified and counted in this study. The specimen collection sites were as follows:

(1) Thailand, Surat Thani Province, Ban Na San, Lamphun Stream, Ban Suan Saran Chon, 8°’52’31”N. 99°’26’27’’E 07.vi.2024 a.s.l 180 m leg. Chayanan Tipkeaw

(2) Thailand, Surat Thani Province, Ban Na San, Lamphun Stream, Suan Ta Sing Camping, 8°’52’43”N. 99°’28’31’’E 07.vi.2024 a.s.l 180 m leg. Chayanan Tipkeaw

(3) Thailand, Surat Thani Province, Phanom, Kholong Sok Stream, Khao Sok National Park, 8°’58’39”N. 98°’38’16’’E 07.vi.2024 a.s.l 180 m leg. Chayanan Tipkeaw

(4) Thailand, Surat Thani Province, Ban Song, Kholong Tan Stream, Samhajet Waterfall, 8° 41’10.0”N 99°28’20.5”E 08 iv.2024 a.s.l. 400 m leg. Chayanan Tipkeaw

Results

A study of the biodiversity of Trichoptera from four different freshwater habitats in Surat Thani Province revealed a total of 926 male individuals, identified into 52 species, 24 genera, and 14 families (Table 1). The most abundant families were Hydropsychidae (28.84%), Philopotamidae (15.38%) and Leptoceridae (15.38%) respectively (Fig 1).

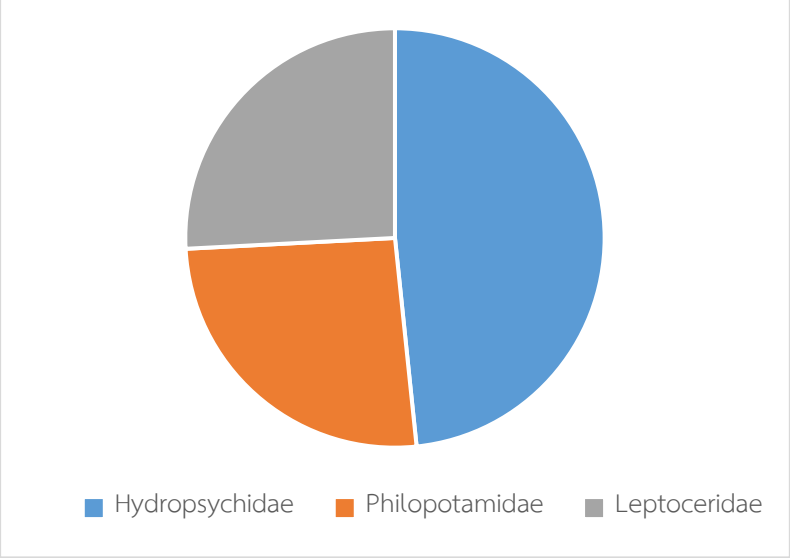


FIGURE 1. The most abundant families of Trichoptera collected from four different freshwater habitats in Surat Thani Province

The most common species which was found in all study sites including *Chimarra argax*, *Cheumatopsyche copia*, *Cheumatopsyche charites*, *Macrostemum flordum*, and *Macrostemum midas*. The highest individual number of species found including *Cheumatopsyche charites* and *Cheumatopsyche copia*. The only specimens collected were such as *Rhyacophila curvata*, *Agapetus dangoram*, *Chimara monorum*, *Gunungiella fiarafiazga*, *Wormaldia lot*, *Stenopsyche siamensis*, *Pseudoneureclipsis tramot*, *Pseudoneureclipsis ramosa*, *Psychomyia adun*, *Paduniella Semarangensis*, *Ecnomus puro*, *Ecnomus totiio*, *Dipseudopsis nebulosa*, *Cheumatopsyche trilari*, *Hydropsyche briareus*, *Hydropsyche camillus*, *Ganonema fuscipenne*, *Gastrocentrides sumatra*, *Goera echo*, *Helicopsyche boniata*, *Lepidostoma abruptum*, *Lepidostoma moulmina*, *Oecetis purusamedha*, *Setodes neleus*, and *Adicella evadne*

TABLE 1. List of Trichoptera species by family from Ta Pi Tributary, Southern Thailand

Family	Genus and Species	1	2	3	4
Rhyacophilidae	*Rhyacophila curvata* MORTON 1900	-	-	-	4
Glossosomatidae	*Agapetus dangoram* OLAH 1998	-	-	-	2
Philoptamidae	*Chimarra argax* MALlCKY 1979	19	453	1	-
	Chimarra chiangmaiensis CHANTARAMONGKOL& MALlCKY 1989	7	6	-	3
	Chimarra bimbltona MALlCKY 1979	-	-	8	3
	Chimara okuihorum MEY 1998	-	-	11	2
	Chimara monorum CHANTARAMONGKOL& MALlCKY 1989	-	-	-	8
	Gunungiella fimfafiazga MALlCKY & CHANTARAMONGKOL 1993	-	-	-	2
	Gunungiella fiarafiazga MALlCKY & CHANTARAMONGKOL 1993	-	-	-	1
	Wormaldia lot MALlCKY & CHANTARAMONGKOL 2009	-	-	-	3
Stenopsychidae	*Stenopsyche siamensis* MARTYNOV 1931	-	-	1	-
Polycentropodidae	*Pseudoneureclipsis cheiron* MALICKY& SOMPONG 2000	-	1	-	26
	Pseudoneureclipsis tramot MALlCKY & CHANTARAMONGKOL 1993	-	-	-	3
	Pseudoneureclipsis ramosa ULMER 1913	-	-	1	-
	Pseudoneureclipsis uma MALlCKY & CHANTARAMONGKOL 1993	-	-	-	2
Psychomyiidae	*Psychomyia adun* MALlCKY & CHANTARAMONGKOL 1993	-	-	-	4
	Psychomyia capillata ULMER 1910	-	-	-	3
	Paduniella semarangensis ULMER 1913	-	-	11	-

Family	Genus and Species	1	2	3	4
Ecnomidae	*Ecnomus puro* MALlCKY & CHANTARAMONGKOL 1993	-	-	3	-
	Ecnomus totiio MALlCKY & CHANTARAMONGKOL 1993	-	1	-	-
Dipseudopsidae	*Dipseudopsis nebulosa* ALBAROA 1881	-	-	1	
Hydropsychidae	*Diplectrona gombak* OLAH 1993	-	12	-	4
	Diplectrona duliensis KIMMINS 1955	-	-	-	2
	Macrostemum flordum NAVAS 1929	3	4	1	-
	Macrostemum midas MALlCKY & CHANTARAMONGKOL 1998	1	4	12	5
	Potamyia phaidra MALlCKY & CHANTARAMONGKOL 1997	9	5	-	3
	Cheumatopsyche lucida ULMER 1907	1	27	-	-
	Cheumatopsyche charites MALlCKY & CHANTARAMONGKOL 1997	-	5	8	1
	Cheumatopsyche copia MALlCKY & CHANTARAMONGKOL 1997	22	7	25	8
	Cheumatopsyche tritolemos MALlCKY 2008	-	12	-	1
	Cheumatopsyche trilari MALlCKY & CHANTARAMONGKOL 1997	-	-	-	2
	Hydropsyche formosana ULMER 1911	3	4	1	-
	Hydropsyche briareus MALlCKY & CHANTARAMONGKOL 2000	-	-	-	1
	Hydropsyche camillus MALlCKY & CHANTARAMONGKOL 2000	-	-	-	1
	Hydromanicus abiud MALlCKY & CHANTARAMONGKOL 1993	-	-	-	2
	Hydromanicus pallipenne BANKS 1938	-	-	-	1
Calamoceratidae	*Ganonema fuscipenne* ALBARDA 1881	-	1	-	-

Family	Genus and Species	1	2	3	4
Goeridae	Gastrocentrides s*umatra* ULMER 1930	2	-	-	-
	Goera echo MALlCKY&THANI 2000	-	-	-	9
	Goera unica ULLMER 1951	-	-	-	3
Helicopsychidae	*Helicopsyche boniata* MALlCKY & CHANTARAMONGKOL 1992	-	-	-	2
Lepidostomatidae	*Lepidostoma abruptum* BANKS 1931	-	5	-	-
	Lepidostoma moulmina MOSELY 1949	-	-	-	2
	Lepidostom doligung MALlCKY 1979	-	-	-	3
Leptoceridae	*Oecetis tripunctata* FABRICIUS 1793	-	15	1	-
	Oecetis lotis MALlCKY&THAPANYA 2004	-	-	2	1
	Oecetis purusamedha SCHMID 1995	-	-	1	-
	Trichosetodes sisyphos MALlCKY&PROMMI 2006	-	11	-	4
	Setodes gangaya GORDON & SCHMID 1987	20	-	-	1
	Setodes Neleus MALlCKY & CHANTARAMONGKOL 2006	-	-	27	-
	Setodes thoneti MALlCKY & CHANTARAMONGKOL 2006	-	-	23	-
	Adicella evadne SCHMID 1994	-	-	-	2

Discussion

A study of the biodiversity of Trichoptera from four different freshwater habitats in Surat Thani Province identified 52 species, 24 genera, and 14 families. The most abundant families were Hydropsychidae (28.84%), Philopotamidae (15.38%), and Leptoceridae (15.38%). The family Hydropsychidae has the highest species richness in southern Thailand (Prommi 2007). However, the families with the greatest number of species in Thailand overall are Leptoceridae, Hydroptilidae, and Hydropsychidae (Malicky 2010).

In comparison with caddisfly assemblages from Doi Suthep–Pui and Doi Inthanon National Parks, several families occurred in both areas, including Rhyacophilidae, Glossosomatidae, Philopotamidae, Stenopsychidae, Polycentropodidae, Psychomyiidae, Ecnomidae, Hydropsychidae, Calamoceratidae, Goeridae, Helicopsychidae, Lepidostomatidae, and Leptoceridae. However, several families namely Hydrobiosidae, Hydroptilidae, Xiphocentronidae, Arctopsychidae, Phryganeidae, Brachycentridae, Limnocentropodidae, Limnephilidae, Odontoceridae, and Molannidae were not found in this study. In addition, Dipseudopsidae was recorded exclusively in the study area and was absent from Doi Suthep–Pui and Doi Inthanon National Parks (Bunlue et al., 2012).

Acknowledgement

This research was financially supported by Prince of Songkla University, Surat Thani campus Collaborative Research Fund.

References

Bunlue, P., Chantaramongkol, P., Thapanya, D. & Malicky, H. 2012. The biodiversity of Trichoptera assemblage in Doi Suthep-Pui and Doi Inthanon National Parks, Chiang Mai, Thailand. Braueria, 39, 7–21.

Malicky, H. 2010. Atlas of Southeast Asian Trichopteran. Faculty of Science Printing Unit, Chiang Mai University, Chiang Mai Province.

Prommi, T. 2007. Taxonomy of Hydropsychidae Trichoptera in mountain stream south of Thailand. Ph.D. Thesis, Faculty of Science, Prince of Songkla University, 338 pp.

Dudgeon, D. 1992. Endangered ecosystems: a review for the conservation status of tropical Asian rivers. Hydrobiology, 248(1), 167-191.

Krairapanond, N., and Atkinson, A. 1998. Watershed management in Thailand: concepts, problems and implementation. Regul. River, 14(1), 485-489.

Muttamara, S., and sales, C. L. 1994. Water-quality management of the Chao-Phraya River (a case-study). Environ. Techno, 15, 501-516.

Mustow, S. E. 2002. Biological monitoring of rivers in Thailand: use and adaptation of the BMWP score. Hydrobiologia, 479(1), 191–229.

Suwannarat, N., Malicky, H., and Laudee, P. 2020. Four new species of caddisflies (Trichoptera: Polycentropodidae, Psychomyiidae, Hydropsychidae, Odontoceridae) from Khao Nan and Tairom Yen National Parks, southern Thailand. Zootaxa, 4801(3), 577-583.

Consumer Acceptance of Jackfruit Chips in Bangladesh: A Sensory Evaluation Study

Israt Jahan Emu[1*], Bhawat Chaichannawatik[2], and Sakchai Rakkarn[3]

[1] Master Student, Engineering Management Program, Graduate School, Kasem Bundit University, Bangkok, Thailand

[2,3] Lecturer, Engineering Management Program, Graduate School, Kasem Bundit University, Bangkok, Thailand

***Corresponding author E-mail: isratemu2000@gmail.com**

Abstract

Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*), the national fruit of Bangladesh, is produced in large quantities but experiences high post-harvest losses due to limited processing and preservation methods. This study evaluates consumer acceptance of jackfruit chips as a value-added snack product. A sensory evaluation was conducted in Dhaka with 390 participants. Adults and teenagers (n = 249, aged 8 years and above) used a 9-point hedonic scale, while younger children (n = 141) used a facial expression scale. Results indicate that most adults and teenagers moderately liked the chips, with flavor and texture identified as key factors affecting acceptance. Many participants preferred thinner, crispier, and spicier chips. Approximately 73% of adults expressed willingness to purchase the product. Younger children showed lower acceptance due to difficulty chewing. The findings suggest that jackfruit chips have market potential in Bangladesh, though product optimization is required, particularly to improve texture and palatability for children.

Keywords : Jackfruit chips, sensory evaluation, consumer acceptance, Bangladesh, snack food innovation, post-harvest utilization, hedonic scaling

1.Introduction

Agriculture remains central to life in Bangladesh, both economically and culturally. Among the fruits produced in the country, jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) holds a unique position. As the national fruit, it is widely available during the summer season and has long been an important food source, particularly for low-income households, where it is often

referred to as the “poor man’s food” (Prakash et al., 2009). Bangladesh is one of the leading producers of jackfruit worldwide, contributing significantly to the global annual production of approximately 1.25 million metric tons (APAARI, 2012).

Despite this high production, nearly half of the jackfruit harvested each year is lost due to its highly perishable nature and limited processing and preservation facilities (Al-Masum Molla, 2019). These losses represent not only wasted food but also significant economic loss for farmers, as well as missed opportunities to improve nutrition and food security.

At the same time, the snack food market in Bangladesh has been expanding rapidly. Chips and crackers dominate this market, with the majority of products made from potatoes. Major local brands such as Pran, Bombay Sweets, and Akij Food & Beverage account for more than 90% of chip production using potatoes as the primary raw material (Haque, 2015). This heavy dependence on a single crop makes the snack industry vulnerable to fluctuations in potato production and pricing, while also limiting the nutritional value and diversity of available snack options.

Jackfruit presents a promising alternative raw material for snack production. It is locally grown, rich in nutrients, and frequently wasted due to lack of value-added uses. Processing jackfruit into shelf-stable snack products could reduce post-harvest losses, increase farmer income, offer consumers a more nutritious option, and diversify the snack food market. However, the success of such products ultimately depends on consumer acceptance.

Food preferences are shaped by multiple factors, including taste, texture, appearance, cultural familiarity, and habitual consumption patterns (Nilkant et al., 2021). In Bangladesh, jackfruit is traditionally consumed fresh as a sweet fruit or cooked as a vegetable in savory dishes. The concept of jackfruit in a crispy, savory chip form is relatively new. Therefore, developing the product alone is not sufficient; understanding consumer perception and willingness to adopt such a product is essential.

Previous research has largely focused on the technical aspects of jackfruit processing, including drying methods (Yi et al., 2016), shelf-life extension (Saxena et al., 2009), and nutritional composition (Swami et al., 2012; Ranasinghe et al., 2019). However, limited research has examined consumer acceptance of processed jackfruit snack products in the Bangladeshi context. This gap makes it difficult to design effective product development strategies and market entry plans.

This study aims to evaluate consumer responses to jackfruit chips in Dhaka using sensory evaluation methods tailored to different age groups. The objectives include assessing overall liking based on sensory attributes such as taste, aroma, and texture; identifying areas for product improvement to align with local preferences; and examining consumers' willingness to purchase the product. The findings are intended to provide practical insights for food manufacturers, agri-based startups, and policymakers seeking to develop sustainable value chains for jackfruit. By aligning product development with consumer expectations, jackfruit can be transformed from a highly seasonal and perishable fruit into a value-added snack available year-round, supporting both economic growth and nutritional improvement in Bangladesh.

2. Materials and Methods

2.1 Research Design

This study was designed as a descriptive, cross-sectional research project using quantitative sensory evaluation. The main purpose was to understand how much people like jackfruit chips by measuring their responses at a single point in time.

The research followed five clear steps. First, the study objectives and research questions were defined. Second, existing literature was reviewed to understand previous findings. Third, data were collected using specially designed questionnaires. Fourth, the data were analyzed to identify patterns and key results. Finally, the findings were summarized and interpreted.

This structured, step-by-step approach helped transform consumer opinions into clear and useful insights.

2.2 Population, Sampling, and Sample Size

For this study, consumers in Bangladesh were selected, with a focus on people living in Dhaka. This location was chosen because Dhaka is highly accessible and has a large and diverse population. Bangladesh has a population of over 180 million people, so selecting an appropriate sample size was important.

The Yamane (1967) formula was used to determine the required sample size. This method is widely used for large populations and provides reliable results. The formula is:

$n = N / (1 + N \times e^2)$

Where:

- *n* is the required sample size,
- *N* is the total population (approximately 180 million for Bangladesh),
- *e* is the margin of error, set at 0.05 for a 95% confidence level.

Based on this calculation, the required sample size was approximately 400 respondents. After data collection, 10 responses were excluded due to incomplete or inconsistent information. As a result, 390 valid responses were included in the final analysis.

2.3 Data Collection Instruments and Procedures

Data were collected through organized sensory evaluation sessions. Ready-to-eat jackfruit chips imported from Thailand were used for the evaluation. These chips were commercially produced, safe for consumption, and consistent in quality, ensuring that all participants evaluated the same product.

Two separate questionnaires were developed, each designed for a specific age group.

2.3.1 For Teenagers and Adults (Aged 8 Years and Above)

A 9-point hedonic scale questionnaire was used, which is a standard method in sensory evaluation for measuring product liking (Peryam & Pilgrim, 1957). Participants evaluated the jackfruit chips based on six attributes: color, flavor, texture, taste, appearance, and overall acceptability. The scale ranged from 1 (“Dislike Extremely”) to 9 (“Like Extremely”), with 5 representing “Neither Like Nor Dislike.”

The questionnaire also collected basic demographic information, including age, gender, occupation, education level, and income. Additional questions explored previous experience with jackfruit chips, comparison with other snack products, and willingness to purchase the product in the future.

2.3.2 For Young Children (Below 8 Years)

Because young children may have difficulty using numerical rating scales, a 5-point facial expression (emoji) scale was used. This method has been validated in previous studies involving children (Chen et al., 1996). The scale showed faces ranging from a strong frown (“Dislike Extremely”) to a big smile (“Like Extremely”). After tasting the chip, children were asked to point

to the face that best matched their feelings. This approach effectively captured emotional responses from this age group.

2.3.3 Sampling Locations and Procedure

Data were collected from several schools, colleges, and universities in Dhaka to ensure access to students and young adults. At the beginning of each session, participants received a clear explanation of the study's purpose and procedure. Each participant received one jackfruit chip, a glass of water for palate cleansing, and the questionnaire. Evaluations were conducted either individually or in small supervised groups to minimize peer influence.

Strict hygiene practices were followed throughout the process. Participants sanitized their hands before tasting, and only disposable serving materials were used.

2.4 Data Analysis

After the data was taken, it was then run through both descriptive stats and some basic inferential statistics. For the 9-point hedonic scale, all scores were arranged, and percentages for each sensory attribute were calculated to understand how opinions were distributed. The average (mean) score for each attribute was also calculated to show the overall preference of the participants. For the children's facial expression ratings, each response was counted and converted to percentages in the same way. Demographic data were analyzed to describe the characteristics of the sample. For the open-ended feedback on product improvement, the comments were grouped into categories such as texture, flavor, and spiciness, and the frequency of each category was counted. By combining numerical data with qualitative feedback, a clear understanding of both overall liking and specific consumer expectations was obtained.

3. Results

3.1 Demographic Profile of Respondents

Out of the 390 participants included in the final sample, 221 were male (approximately 57%) and 169 were female (43%). Participants were divided into two groups based on the data collection method. A total of 141 children under the age of 8 evaluated the product using a

facial expression scale. The remaining 249 participants, aged 8 years and above, used a 9-point hedonic scale.

Within the hedonic scale group, most participants were between 8 and 18 years old, accounting for 189 respondents (76%). The 18–28 and 28–38 age groups each included 30 respondents (12% per group). In terms of occupation, students represented the largest group, with 218 respondents (56%). Job holders accounted for 140 respondents (36%), while business owners made up 31 respondents (8%).

Education levels reflected this distribution. The sample was comprised of school students (40%), high school students (12%), college students (19%), undergraduate students (20%), and postgraduate students (8%). Regarding income, 52% of participants reported having no personal income, mainly because they were students. Among the remaining respondents, 19% earned up to 10,000 BDT, 11% earned between 10,000 and 20,000 BDT, 10% earned between 20,000 and 30,000 BDT, and 8% reported a monthly income between 30,000 and 40,000 BDT.

3.2 Sensory Evaluation Based on 9-Point Hedonic Scale (n = 249)

Participants showed generally positive responses to the jackfruit chips across most sensory attributes. Color was well accepted, with around 70% of respondents expressing some level of liking. Although only 4% selected “Like Extremely,” the overall appearance was considered appealing.

Flavor received more mixed responses. About 56% of participants gave positive ratings, while 6% reported slight dislike. The most frequent response was “Like Slightly” (33%), suggesting that the flavor was acceptable but not highly impressive.

Texture performed relatively well, with approximately 71% of participants indicating positive responses. The most common rating was “Like Moderately” (33%). However, 9% expressed dislike, indicating that texture was a concern for some respondents.

Taste received strong approval, with 71% of participants giving positive ratings. Higher levels of liking were observed, including “Like Moderately” (39%) and “Like Very Much” (24%). Appearance showed similar results, with 71% of respondents expressing positive opinions.

Overall acceptability results showed that 74% of participants rated the jackfruit chips positively. More than half (52%) selected “Like Moderately,” indicating solid acceptance, while also suggesting room for further improvement.

3.3 Consumer Experience and Preference

Almost all respondents (98%) had never tried jackfruit chips before. Only five out of 249 participants reported previous experience with the product, confirming that jackfruit chips are largely unfamiliar in the local market.

When asked about preferred ways of consuming jackfruit, most participants (63%) favored ripe jackfruit. However, after tasting the chips, 36% reported preferring the chip form. Only 1% selected jackfruit curry as their preferred option.

When compared with common snack options, potato chips remained the most popular choice, with 72% of respondents preferring them. Jackfruit chips were chosen by 26% of participants, while 2% preferred corn chips. Although potato chips dominated, jackfruit chips attracted a notable share of preference.

In terms of purchase intention, 73% of respondents stated that they would buy jackfruit chips if available in the market. Another 5% were undecided, while 22% indicated no intention to purchase. Among those willing to buy the product, many felt improvements were needed. Texture was identified as the main issue by 62% of respondents, followed by flavor (27%), taste (9%), and color (2%). Additional feedback suggested a preference for thinner slices, increased crispiness, and stronger spice levels.

Responses from children under 8 years old showed lower acceptance. Based on the facial expression scale, only 28% of children showed positive reactions. The largest group (38%) expressed dislike, while 18% showed strong dislike. Neutral responses accounted for 16%. Observations from teachers and supervisors indicated that children struggled with chewing and swallowing the chips due to their hardness.

4. Discussion

The findings highlight promising potential for jackfruit chips in the Bangladeshi snack market. Nearly three-quarters of teenagers and adults rated the product as moderately to highly acceptable, which is encouraging for a new snack made from a fruit traditionally consumed fresh or cooked. Additionally, 73% of respondents expressed willingness to purchase the product, suggesting real commercial potential.

Flavor and texture emerged as the most critical factors influencing acceptance. Many respondents felt that the chips lacked the level of spice commonly expected in Bangladeshi snacks. Local snack preferences typically favor bold and spicy flavors, and the tested chips did not fully meet these expectations. Adapting flavor profiles to local tastes is therefore essential for repeat purchase and long-term success (Nilkant et al., 2021).

Texture was identified as another major challenge. Participants preferred thinner and crispier chips, similar to conventional potato chips. The tested jackfruit chips were perceived as slightly tough or chewy, which reduced overall enjoyment. Addressing this issue requires technical adjustments in slicing thickness and processing methods.

Clear differences were observed across age groups. While teenagers and adults generally accepted the product, younger children showed low acceptance due to difficulty chewing. This indicates that a single product format may not suit all age groups. A softer version, such as baked or puffed chips, may be more appropriate for children.

From a broader perspective, the findings align well with a SWOT analysis framework (Rucitra, 2020). Strengths include product novelty, perceived health benefits, and positive adult acceptance. Weaknesses involve texture issues, limited flavor adaptation, and low acceptance among young children. Opportunities exist in the growing demand for healthier snacks and the use of surplus jackfruit. Threats include strong competition from potato chips, higher production costs, and consumer hesitation toward unfamiliar snacks.

Overall, the study demonstrates the role of engineering management in food product development. Consumer feedback provides clear direction for improving processing parameters, such as slice thickness, frying or drying techniques, and spice formulation. These insights also support decisions related to sourcing, scaling production, and quality control.

6. Acknowledgements

A big thank you goes out to the administration, teachers, and students at the schools in Dhaka—Milestone School & College, Daffodil School, College & University, and Dhaka Women's University.

7. References

Al-Masum Molla, M. (2019, September). *Jackfruit: The delicious fruit Bangladesh fails to capitalise on*. The Business Standard.

APAARI. (2012). *Jackfruit Improvement in the Asia-Pacific Region—A Status Report*. Asia-Pacific Association of Agricultural Research Institutions.

Chen, A. W., Resurreccion, A. V. A., & Paguio, L. P. (1996). Age appropriate hedonic scales to measure food preferences of young children. *Journal of Sensory Studies, 11*(2), 141-163.

Chowdhury, M. G. F. (2020). Baseline survey on existing status of fried potato chips from processing to marketing in selected locations of Bangladesh. *Bangladesh Journal of Agricultural Research, 45*(1), 137-144.

Haque, N. (2015). *An analysis of marketing strategy practiced by O'Potato in Bangladesh: In context of Akij Food & Beverage Limited* [Unpublished manuscript].

Kothari, C. R. (2004). *Research methodology: Methods and techniques* (2nd ed.). New Age International.

Molla, M. M., et al. (2008). Preparation and packaging of jackfruit chips. *International Journal of Sustainable Crop Production,*

Nilkant, V., Agarwal, S., & B K, S. (2021). Consumer behaviour in the chips industry: Trends and implications. *Journal of Food Products Marketing, 27*(5), 245-260.

Peryam, D. R., & Pilgrim, F. J. (1957). Hedonic scale method of measuring food preferences. *Food Technology, 11*(9), 9-14.

Prakash, O., Kumar, R., Mishra, A., & Gupta, R. (2009). Artocarpus heterophyllus (Jackfruit): An overview. *Pharmacognosy Reviews, 3*(6), 353.

Ranasinghe, R. A. S. N., Maduwanthi, S. D. T., & Marapana, R. A. U. J. (2019). Nutritional and health benefits of jackfruit (Artocarpus heterophyllus Lam.): A review. *International Journal of Food Science, 2019*, 1-12.

Rucitra, A. L. (2020). The implementation of integrated quality function deployment (QFD) and SWOT analysis in the quality improvement strategy of jackfruit chips. *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri, 9*(1), 35-42.

Saxena, A., Bawa, A. S., & Raju, P. S. (2009). Optimization of a multitarget preservation technique for jackfruit (Artocarpus heterophyllus L.) bulbs. *Journal of Food Engineering, 91*(1), 18-28.

Swami, S. B., Thakor, N. J., Haldankar, P. M., & Kalse, S. B. (2012). Jackfruit and its many functional components as related to human health: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 11*(6), 565-576.

Yamane, T. (1967). *Statistics: An introductory analysis* (2nd ed.). Harper & Row.Yi, J., Zhou, L., Bi, J., Chen, Q., Liu, X., & Wu, X. (2016). Influence of pre-drying treatments on physicochemical and organoleptic properties of explosion puff dried jackfruit chips. *Journal of Food Science and Technology, 53*(2), 1120-1129.

ผลของคอลลาเจนเพปไทด์ต่อความเครียดออกซิเดชันและยีน *CATALASE* ในเซลล์คีราติโนไซต์มนุษย์

Effects of collagen peptides on oxidative stress and *CATALASE* gene in human keratinocytes

นัฐพงษ์ จันทศรี[1] และ รัชนีกร ธรรมโชติ[1*]

Natthaphong Jantasri[1] and Rachaneekorn Tammachote[1*]

1 สาขาวิชาพันธุศาสตร์ ภาควิชาพฤกษาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

254 ถนนพญาไท แขวงปทุมวัน เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330

[1] Division of Genetics, Department of Botany, Faculty of Science, Chulalongkorn University

254 Phaya Thai Rd., Pathum Wan Subdistrict, Pathum Wan District, Bangkok 10330

***Corresponding author E-mail: ratchaneekorn.t@chula.ac.th**

บทคัดย่อ

การเสื่อมสภาพของเซลล์ผิวหนังเกิดจากทั้งปัจจัยภายในและภายนอก กระบวนการนี้ส่งผลให้เกิดการสะสมของสารอนุมูลอิสระ (Reactive Oxygen Species, ROS) ซึ่งเป็นโมเลกุลที่ไม่เสถียรและมีปฏิกิริยาสูง งานวิจัยนี้ ศึกษาประสิทธิภาพของสารให้ความชุ่มชื้นที่พบได้ทั่วไปในอาหารเสริมและเครื่องสำอาง คือ คอลลาเจนเปปไทด์ โดยแบ่งคอลลาเจนเปปไทด์ออกเป็นคอลลาเจนไดเพปไทด์ (CDP) และคอลลาเจนไตรเพปไทด์ (CTP) ในการศึกษานี้ ตรวจสอบผลกระทบของสารเหล่านี้ต่อภาวะเครียดออกซิเดชันในเซลล์เคราติโนไซต์ของมนุษย์ (HaCaT) ภาวะเครียดจากออกซิเดชันกระตุ้นให้เซลล์เคราติโนไซต์ควบคุม ROS ส่วนเกินผ่านการแสดงออกของยีนจำเพาะภายในเซลล์ เพื่อประเมินความมีชีวิตของเซลล์ จึงกระตุ้นให้เกิดภาวะเครียดออกซิเดชันในเซลล์ HaCaT โดยใช้ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ (H_2O_2) จากนั้นจึงทำการรักษาด้วยสารให้ความชุ่มชื้นในความเข้มข้นต่าง ๆ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า ในขณะที่สารดังกล่าวไม่สามารถเพิ่มการรอดชีวิตของเซลล์ในระยะป้องกัน (ป้องกันความเสียหายเบื้องต้น) ได้ แต่สารเหล่านี้ช่วยเพิ่มความอยู่รอดของเซลล์ในระยะฟื้นฟู (การรักษาหลังการกระตุ้น) ได้อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับเซลล์ที่ไม่ได้รับการรักษา นอกจากนี้ การวิเคราะห์การแสดงออกของยีนยังเผยให้เห็นว่า มีการลดลงของการแสดงออกของยีน *CATALASE* ซึ่งเป็นยีนที่เกี่ยวข้องกับ ROS เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยสรุปแล้ว แม้ว่าสารให้ความชุ่มชื้นเหล่านี้จะไม่สามารถปกป้องเซลล์จากความเสียหายจากปฏิกิริยาออกซิเดชันในระยะเริ่มต้นได้ แต่ก็แสดงให้เห็นถึงความสามารถที่สำคัญในการช่วยฟื้นฟูเซลล์ผิว

คำสำคัญ : คอลลาเจนเพปไทด์, ความเครียดออกซิเดชัน, คีราติโนไซต์มนุษย์, การชะลอวัย

Abstract

Skin cell degeneration is driven by both intrinsic and extrinsic factors. This process leads to the accumulation of reactive oxygen species (ROS), which are unstable and highly reactive molecules. This study investigates the efficacy of moisturizing agents commonly found in supplements and cosmetics: collagen peptides. Collagen peptides were categorized into collagen dipeptides (CDP) and collagen tripeptides (CTP). The study examined the effects of these substances on oxidative stress in human keratinocytes (HaCaT). Oxidative stress triggers keratinocytes to regulate excess ROS through the expression of specific intracellular genes. To assess cell viability, oxidative stress was induced in HaCaT cells using hydrogen peroxide (H_2O_2), followed by treatment with the moisturizing agents at various concentrations. Results indicated that while the agents failed to improve cell viability in the protective phase (preventing initial damage), they significantly improved cell viability in the restorative phase (post-stimulation treatment) compared to untreated cells. Furthermore, gene expression analysis revealed a downregulation of *CATALASE*, an ROS-related gene compared to the control group. In conclusion, while these moisturizing agents did not protect cells from initial oxidative damage, they demonstrated a significant ability to aid in the restoration of skin cells.

Keywords : collagen peptides, oxidative stress, human keratinocytes, anti-aging

Introduction

The degeneration of skin cells that occurs is due to many factors. Both within the body and from the external environment, as time passes, skin cells have a shorter lifespan, including components within the skin that decrease as well, such as collagen, elastin, and hyaluronic acid. Therefore, daily use affects the deterioration of the skin, such as exposure to ultraviolet rays from sunlight, smoking, and drinking alcohol. Including eating food that has insufficient nutritional value causes cells to create free radicals (วาสนภ วชิรมน, 2557).

Free radicals are molecules or ions that have unpaired valence electrons and have a short stay. This is because it is an unstable molecule and can react quickly. Free radicals will be created. It is the result of burning energy or receiving toxins. It will occur as a chain reaction from

the oxidation of oxygen-containing molecules called reactive oxygen species (ROS). Substances that can stimulate ROS to form, such as hydrogen peroxide, can break down into water and hydroxyl radical (OH) molecules and result in oxidative stress and tissue damage (Hassan et al., 2024). Moisturizing agents in various products can help reduce ROS within cells due to their chemical structure.

Collagen peptides are used as a health supplement. Because it has antioxidant properties. The structure of collagen peptides can bind with Ca^{+} ions to help promote absorption by the body (León-López et al., 2019). Collagen peptides can be divided into 2 types: collagen dipeptides and collagen tripeptides. Collagen dipeptides is collagen that has 2 amino acids connected, which is small and can be absorbed more easily than larger collagen (ณัฐพง อมรนพรัตกุล, 2564), and tripeptides collagen is collagen that has 3 amino acids connected, which is also an element found in the skin and is an antioxidant as well. It can increase moisture and increase skin elasticity (Pyun et al., 2012).

Keratinocytes are the cells that make up the epidermis, the outermost layer of the skin. Its function is to prevent damage to cells within the body from the outside environment, such as ultraviolet rays from sunlight, germs, and abrasions. It is responsible for creating keratin and accumulating it mostly inside cells. And they can send signals that help in the immune response and in repairing damaged tissue (รสญา เหล่าเรืองธนา, 2555). The outermost layer of human keratinocyte cells will be stimulated by the environment to create ROS until oxidative stress occurs. This causes keratinocytes to regulate and remove excess ROS by expressing various ROS-related genes in keratinocytes (Hu et al., 2016).

There are several genes involved and used as markers of oxidative stress in keratinocytes that are commonly used in research, such the *CATALASE* (*CAT*) gene is a gene that creates the enzyme catalase, which is an enzyme present in the peroxisomes of all oxygen-using cells. Serves to catalyze the reaction of hydrogen peroxide to split into water and oxygen. Reducing toxicity to cells (Shim et al., 2005).

From the study information, collagen dipeptides was used to combat oxidative stress in NHEK skin cells. Collagen dipeptides-treated cells were found to be able to scavenge UVB-

induced ROS (Kumazawa et al., 2024). However, skin cells are more synergistic and require more antioxidants. 1 type, as well as the antioxidant activity between the two types of collagen peptides, has not been confirmed. Therefore, we are interested in studying the effects of collagen peptides on oxidative stress in keratinocytes stimulated with hydrogen peroxide, and examining the expression of ROS-related genes, including *CAT* gene, to confirm the response of HaCaT cells at the molecular biology level. So, in this project want to focus on determining the effects of collagen peptides on oxidative stress and gene expression in human keratinocytes.

Materials and methods

1. Cell culture

Human keratinocyte immortal cells (HaCaT) were cultured according to the method of Suntornnont et al., 2025 by culturing in DMEM/F12 media and added 10% FBS and 1% Antibiotic-antimycotic (Sigma-Aldrich®, USA). The conditions were maintained in a CO_2 incubator at 37°C and 5% carbon dioxide gas. Then, the growth of keratinocytes was observed. When the cells grow, they have cover 90% confluences. will be used for study in the next step.

2. Effects of hydrogen peroxide on cell viability

2.1 Cells were cultured in 96-well plates with 1×10^4 initial cells per well. When cells reached approximately 90% confluency, oxidative stress was stimulated, using hydrogen peroxide from 0 to 80 µg/mL in at least 8 concentrations for 24 hours.

2.2 Cell viability was analyzed using Alamar Blue. 200 µL of 1X Alamar Blue in cDMEM/F12 was added to each well, incubated at 37°C for 2 hours, and then the fluorescence was measured using a microplate reader at 570 and 600 nm. The experiment was repeated 3 times. Then, cell viability and the lethal concentration of 50% (LC_{50}) of hydrogen peroxide were calculated by comparing with the control set.

2.3 Calculate the percentage of cell viability. Compared with the control set, and calculated the lethal concentration of 50% (LC_{50}) of hydrogen peroxide on cell viability. Cell viability was calculated using the specified equation:

$$\text{Cell viability (\%)} = ((\Delta A_s - \Delta A_b) / (\Delta A_c - \Delta A_b)) \times 100$$

Where ΔA_s is the sample absorbance (A_{600} - A_{570}), ΔA_c is the control absorbance (A_{600} - A_{570}), and ΔA_b is the blank absorbance (A_{600} - A_{570}).

3. Effects of collagen peptides on cell viability

3.1 Keratinocytes were cultured in 96-well plates with 1 x 10^4 initial cells per well and were stimulated with hydrogen peroxide keratinocytes to imitate oxidative stress. H_2O_2 at a concentration of LC_{50} was used as the negative control, and 50 µg/mL L-ascorbic acid (vitamin C) was used as the positive control.

3.2 For cells treated with collagen peptides, keratinocytes were stimulated with hydrogen peroxide at a concentration of LC_{50}, and then with collagen dipeptides and collagen tripeptides. There were 2 groups: the simultaneous group and the post-stress group. The simultaneous group will receive H_2O_2 and collagen peptides simultaneously. The post-stress group will receive H_2O_2 for 24 hours and then receive collagen peptides. Collagen peptides were obtained from a company with known source of collagen and has a certificate of quality analysis indicating the molecular mass of collagen dipeptides and collagen tripeptides. Cells were treated with collagen peptides at four concentrations of each type, namely 0, 125, 250, and 1000 µg/mL, and were incubated for 24, 48, and 72 hours. Then cell viability was analyzed similar to 2.2.

4. Effects of collagen peptides on the expression of *CAT* gene expression.

4.1 Cells were cultured in a 6-well cell culture plate with 1 × 10^5 starting cells per well and incubated with hydrogen peroxide, collagen peptides, that have a high survival percentage, considering the results of experiments in 3, doing 3 replicates each. There were 2 groups: the simultaneous group and the post-stress group. The simultaneous group will receive H_2O_2 and collagen peptides simultaneously. The post-stress group will receive H_2O_2 for 24 hours and then receive collagen peptides.

4.2 RNA of each experimental set was extracted with TRI-Reagent (Molecular Research Center, Inc, USA), checked for quality and quantity with Nanodrop 2000, and then cDNA was synthesized using 5X iScript™ Reverse Transcription Supermix for RT-qPCR (Bio-Rad Laboratories, USA).

4.3 *CAT* gene expressions were analyzed by quantitative real-time PCR. Primers are described in Table 1. PCRs were performed with iTaq Universal SYBR Green Supermix (Bio-Rad Laboratories, USA), using the *GAPDH* gene as an internal control. The gene expression levels were determined the Threshold cycle (Ct) value, and calculating the $2^{-\Delta\Delta Ct}$ value (Livak and Schmittgen, 2001).

Table 1: The sequences of the primers used in this study.

Primer name	Primer sequence (5'-3')	Tm (°C)	%GC	Product size (bp)
CAT forward*	CATTCGATCTCACCAAGGTTTGGCC (25 bp)	65.5	52 %	257
CAT reverse*	AGCACGGTAGGGACAGTTCACAGG (24 bp)	68.1	58 %	
GAPDH forward**	AAGGTCATCCATGACAACTTTG (22 bp)	57.5	41 %	226
GAPDH reverse**	GTAGAGGCAGGGATGATGTTCT (22 bp)	61.1	50 %	

**CAT* primers are according to Mougiakakos et al., 2011.

***GAPDH* primers are according to Gourronc et al., 2010.

5. Analyze the experimental results and summarize.

Statistically analyzing the differences between the experimental groups using the SPSS program using the One-way ANOVA method.

Results

Morphology of the HaCaT cell line

From culturing the immortalized human keratinocytes cell line (HaCaT) in DMEM/F12 medium, it was found that the cells have been in adherent and sheet growth, which has a polyhedral shape. The size of the HaCaT cell is 20-25 μm (Figure 1).



Figure 1: The morphology of the HaCaT cell line at 100% confluence. Scale bar = 450 µm.

Effects of hydrogen peroxide (H_2O_2) on cell viability for LC_{50}

The toxicity of H_2O_2 on HaCaT cells using concentrations ranging from 5 to 80 µg/mL for 24 hours was found that H_2O_2 resulted in a statistically significant decrease in cell survival. According to increased concentration (dose-dependent manner). When analyzed with a graph of the relationship between concentration and percentage of cell survival, it was found that the LC_{50} value of H_2O_2 to this type of cell was approximately 50-55 µg/mL (Figure 2).

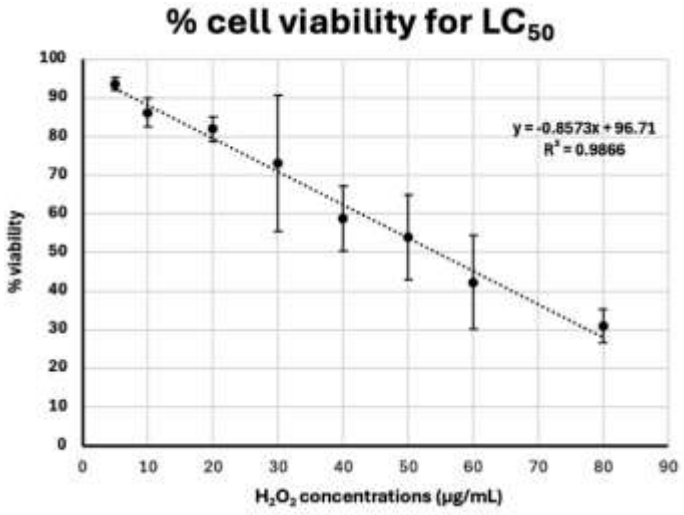


Figure 2: Effects of H_2O_2 on HaCaT cell viability. Data are presented as mean ± SD (n=3).

Effects of collagen peptides on cell viability

The effect of humectants on cell survival when exposed to H_2O_2 simultaneously for 24, 48, and 72 hours revealed that time had a significant impact on cell survival in all experimental

groups. At 24 hours, the survival rate in the group receiving H_2O_2 alone decreased to approximately 50% in the Positive Control group (Vit C, 50 µg/mL). It was able to protect cells from the toxic effects of H_2O_2 well, with a survival rate higher than 70%. Among the test substances (CDP and CTP), when added together with H_2O_2 at 24 hours, it was found that they were still unable to protect cells. Compared with vitamin C, it caused cells to survive less than the H_2O_2 group compared to the control group, while at 48 hours, it was found that there was cell recovery. In all experimental groups, including the control group, the survival rate increased significantly (mostly > 80%), which may be due to increased cell division to replace dead cells or the effect of H_2O_2 had worn off. The survival rate was stable or decreased at 72 hours compared to 48 hours, but was still higher at 24 hours (Figure 3). The survival rate of cells in the CDP treated group at 24 hours. The combination of CDP with H_2O_2 increased cell death compared to H_2O_2 alone. But they recovered very well at 48 hours (Figure 3a), and the survival rate of cells in the group that received CTP had similar results to CDP, that is, at 24 hours, it did not protect the cells. But cells recovered at 48 hours (Figure 3b).

The survival rate of receiving H_2O_2 first and then adding moisturizer for 24, 48, and 72 hours was found to be the most important factor. In the control group, at 24 and 48 hours, cells still had a moderate survival rate (40–60%). In contrast, at 72 hours, delayed toxicity occurred. Cells in the control group died quickly. The survival rate dropped to only 30–40% at the same time. CDP and CTP showed effects on rescue/protective effect on cells from long-term death, which was very good. The control group died, but the group that received all 2 types of substances was able to maintain a survival level significantly higher than 50–80% (Figure 4). In the group that received CDP at 72 hours, every concentration of the substance helped cells survive better than the control group (from 35% increased to 60–70%), which gave similar or better results than vitamin C (Figure 4a). In the group that received CTP, the results were in the same direction. That is, it significantly prevents the decrease in cell numbers at 72 hours. Especially at high concentrations. (Figure 4b).

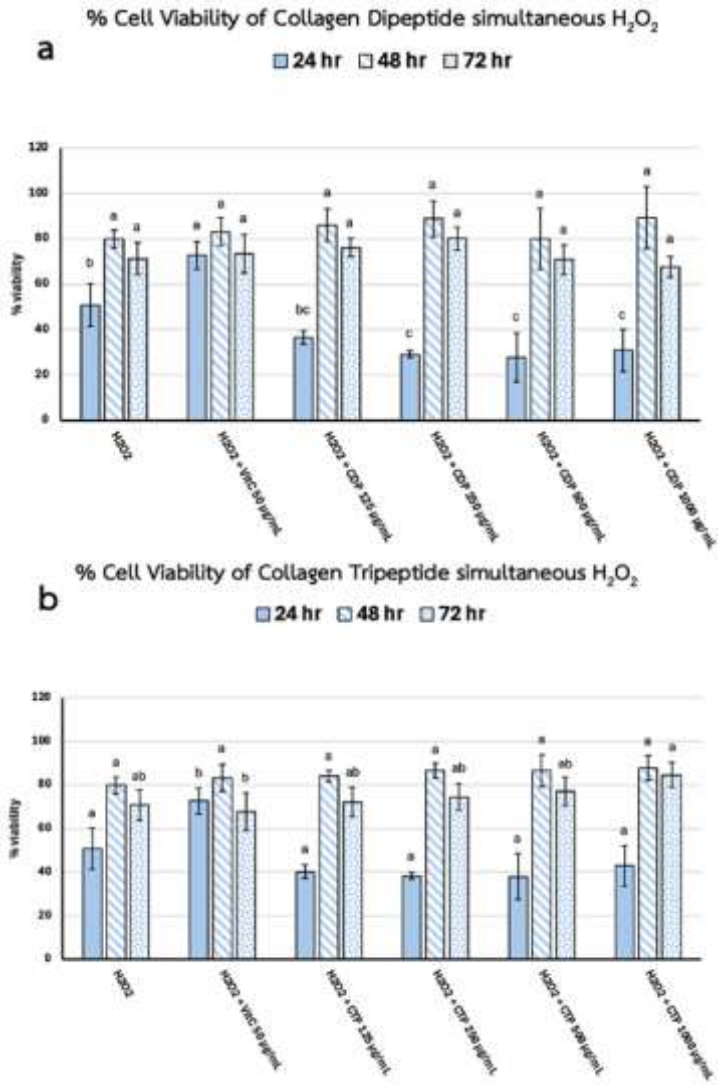


Figure 3: % Cell Viability of Effect of collagen peptides when stimulating with H_2O_2 (Simultaneous treatment) at 24, 48, and 72 hours (a) Collagen Dipeptides (CDP); (b) Collagen Tripeptides (CTP); Tested in comparison with the control group (H_2O_2). And a positive control group (vitamin C 50 µg/mL). Graphs show Mean ± SD values from 3 replicate experiments (n=3). Graphs show statistically significant differences at $p<0.05$ using the Tukey post hoc test.

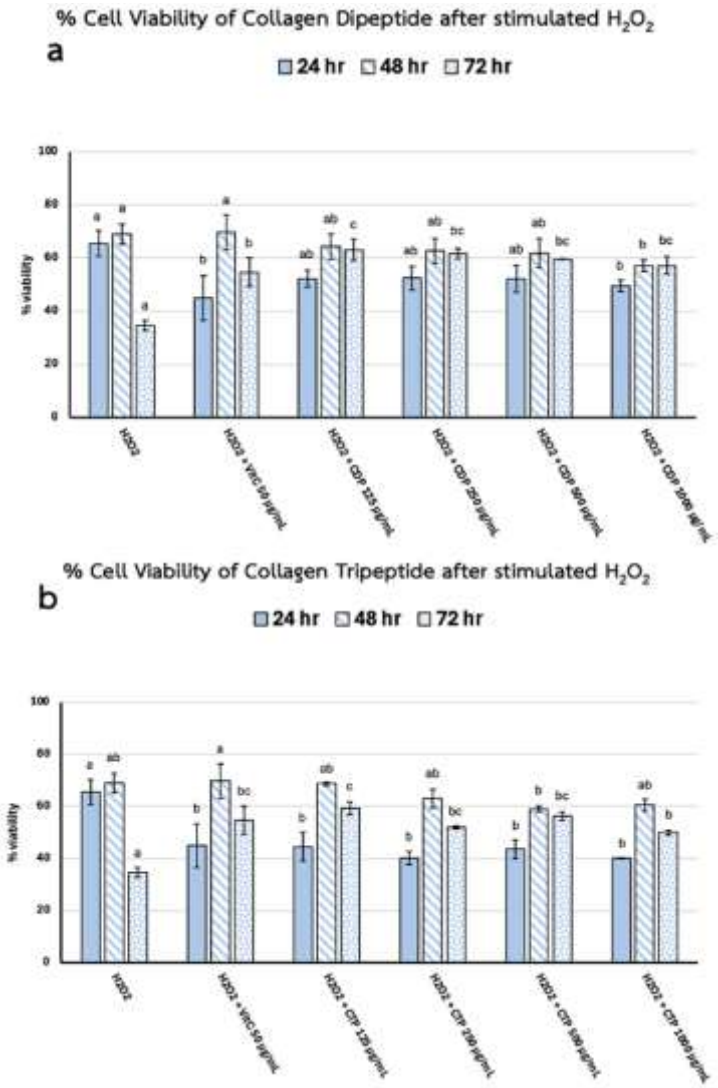


Figure 4: Effects of collagen peptides on cell viability when cells were stimulated with H_2O_2 (after stimulated H_2O_2 treatment) at 24, 48, and 72 hours (a) Collagen Dipeptides (CDP); (b) Collagen Tripeptides (CTP); Tested in comparison with the control group (H_2O_2) and a positive control group (vitamin C 50 µg/mL). Graphs show mean ± SD (n=3). Graphs show statistically significant differences at $p<0.05$ using the Tukey post hoc test.

Effects of collagen peptides on gene expression

Gene expression of the *CAT* gene at 24 hours, was compared between the simultaneous and the post-stress group. The concentration of collagen peptides was selected based on the effect on cell viability. The result was that the Simultaneous group (Figure 5a) had more pronounced changes in genes that responded to the extract than the Simultaneous group. The post-stress (Figure 5b), gene expression in all groups decreased compared to the control group,

and there was no difference between the experimental groups. The *CAT* gene (antioxidant enzyme), it was found that H_2O_2 decreased *CAT* expression, and vitamin C (Positive Control) helped increase *CAT* levels back up to the best. Other substances were still unable to stimulate the *CAT* gene to return as high as vitamin C at 24 hours (Figure 5a). As for the results of the groups, post-stress was lower than control, and there was no difference between the experimental groups (Figure 5b).

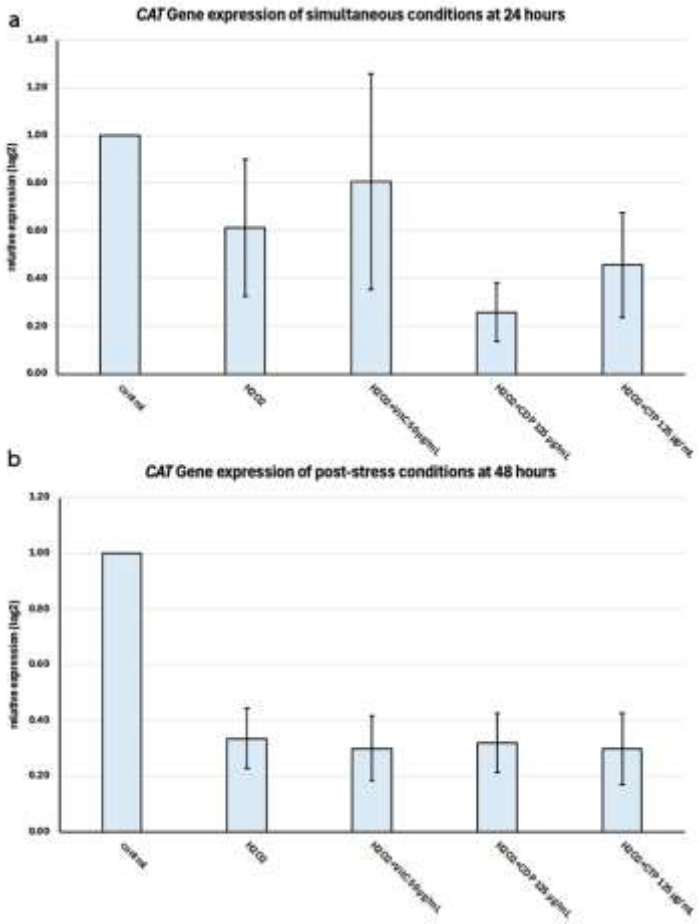


Figure 5: Effect of collagen peptides on relative expression at 24, 48, and 72 hours (a) *CAT* gene at simultaneous condition; (b) *CAT* gene at post-stress condition; Tested in comparison with the control group (H_2O_2). And a positive control group (vitamin C 50 µg/mL). Calculate by the $2^{-\Delta\Delta Ct}$ method. Graphs show Mean ± SD values from 3 replicate experiments (n=3). Graphs show statistically significant differences at $p<0.05$ using the Tukey post hoc test.

Discussion

In previous studies of Chen et al. (2023), the cytotoxicity of different concentrations of collagen peptides on HaCaT cells was examined by Cell Counting Kit-8 to determine the appropriate amount of collagen peptides. Collagen peptides was exposed for 24 hours and stimulated with H_2O_2 for 6 hrs. It was found that the viability of the cells of the control group decreased. The cell viability of the H_2O_2 model group increased significantly when treated with collagen peptides at a concentration of 50 µg/mL, and cell survival increased. When the collagen peptides concentration was increased, it was not significantly different from that of the group that did not receive H_2O_2. Therefore, the increased collagen peptides concentration could significantly increase the cell survival rate. In conclusion, collagen peptides at a concentration of more than 50 µg/mL showed a significant protective effect against H_2O_2 -induced damage to HaCaT cells when collagen peptides was exposed before the damage occurred, and can help restore cells, but it cannot protect cells immediately.

In the study of genes related to oxidative stress of Chen et al. (2023), from a study of CAT activity, which are expressed at the protein level that is derived from the translation of the code from the *CAT* gene, it was found that their activity increased significantly when treated with collagen peptides, which is a study of protection before exposure to H_2O_2, which can increase the activity of the enzyme. In contrast, collagen peptides was unable to increase the expression of the *CAT* gene both immediately and in terms of recovery. From the experiment, it was found that gene expression in the treated group decreased compared to the control group, and there were no differences in the rehabilitation groups. This is because the selection of the time for the study was not enough. Therefore, the results of the study do not follow the theory. Therefore, it is recommended that ROS production be used as a component in deciding on the selection of the time for further gene expression studies.

Conclusions

Therefore, in the study of the effect of collagen peptides in HaCaT cells stimulated with H_2O_2 simultaneously, they could not prevent sudden oxidative stress. At the same time, it can restore cells damaged by H_2O_2. In studies at the *CAT* gene level, it may not answer the question.

Acknowledgements

This research was partly supported by the Project for the Development and Promotion of Science and Technology Talents Project Scholarship (DPST).

References

ณัฐพง อมรนพรัตกุล. 2564. คอลลาเจนไดเพปไทด์ที่มี PO และ OG เป็นองค์ประกอบ: นวัตกรรมของคอลลาเจนเพื่อสุขภาพผิวและข้อ. แหล่งที่มา: http://www.foodfocusthailand.com/whats-in/collagen-dipeptides-containing-po-and-og-the-innovative-collagen-for-skin-and-joint-health ค้นเมื่อ 20 มกราคม 2568

รสญา เหล่าเรืองธนา. 2555. Basic concepts of skin science. แหล่งที่มา: http://www.med.nu.ac.th/pathology/405314/book54/skin.pdf ค้นเมื่อ 24 มกราคม 2568

วาสนภ วชิรมน. 2557. เมื่อผิวชรา ตอนที่ 1... ทำไมผิวหนังคนต้องแก่. แหล่งที่มา: https://www.rama.mahidol.ac.th/atrama/issue012/beauty-full ค้นเมื่อ 14 มกราคม 2568

Chen, X., Xia, P., Zheng, S., Li, Y., Fang, J., Ma, Z., ... and Zhang, H. 2023. Antioxidant peptides from the collagen of antler ossified tissue and their protective effects against H2O2-induced oxidative damage toward HaCaT cells. Molecules. 28(19): 6887.

Gourronc, F. A., Robertson, M. M., Herrig, A. K., Lansdorp, P. M., Goldman, F. D., and Klingelhutz, A. J. 2010. Proliferative defects in dyskeratosis congenita skin keratinocytes are corrected by expression of the telomerase reverse transcriptase, TERT, or by activation of endogenous telomerase through expression of papillomavirus E6/E7 or the telomerase RNA component, TERC. Experimental Dermatology. 19(3): 279-288.

Guo, W., An, Y., Jiang, L., Geng, C., and Zhong, L. 2010. The protective effects of hydroxytyrosol against UVB-induced DNA damage in HaCaT cells. Phytotherapy Research. 24(3): 352-359.

Hassan, H. A., Ahmed, H. S., and Hassan, D. F. 2024. Free radicals and oxidative stress: Mechanisms and therapeutic targets. Human Antibodies. 32(4): 151-167.

Kobiela, T., Milner-Krawczyk, M., Pasikowska-Piwko, M., Bobecka-Wesołowska, K., Eris, I., swieszkowski, W., and Dulinska-Molak, I. 2018. The effect of anti-aging peptides on mechanical and biological properties of HaCaT keratinocytes. International Journal of Peptide Research and Therapeutics. 24(4): 577-587.

Kumazawa, Y., Mizuno, K., and Taga, Y. 2024. Collagen-derived hydroxyproline-containing cyclic dipeptides prevent photoaging-related inflammatory response in UVB-irradiated epidermal keratinocytes. Research Square. ISSN 2693-5015.

León-López, A., Morales-Peñaloza, A., Martínez-Juárez, V. M., Vargas-Torres, A., Zeugolis, D. I., and Aguirre-Álvarez, G. 2019. Hydrolyzed collagen—sources and applications. Molecules. 24(22): 4031.

Livak, K. J., and Schmittgen, T. D. 2001. Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the 2− ΔΔCT method. Methods. 25(4): 402-408.

Mougiakakos, D., Jitschin, R., Johansson, C. C., Okita, R., Kiessling, R., and Le Blanc, K. 2011. The impact of inflammatory licensing on heme oxygenase-1–mediated induction of regulatory T cells by human mesenchymal stem cells. Blood, The Journal of the American Society of Hematology. 117(18): 4826-4835.

Pyun, H. B., Kim, M., Park, J., Sakai, Y., Numata, N., Shin, J. Y., ... and Hwang, J. K. 2012. Effects of collagen tripeptide supplement on photoaging and epidermal skin barrier in UVB-exposed hairless mice. Preventive Nutrition and Food Science. 17(4): 245.

Shim, J. H., Cho, K. J., Lee, K. A., Kim, S. H., Myung, P. K., Choe, Y. K., and Yoon, D. Y. 2005. E7-expressing HaCaT keratinocyte cells are resistant to oxidative stress-induced cell death via the induction of catalase. Proteomics. 5(8): 2112-2122.

Suntornnont, N., Kovavisarach, A., and Tammachote, R. 2025. Effects of coenzyme Q10 on H2O2-induced oxidative stress of human keratinocytes. OBM Genetics. 9(1): 1-13.

การศึกษาปัจจัยการดูดซับเมทิลีนบลูด้วยกาบมะพร้าวที่ได้จากกระบวนการย้อมผ้า

Factors Affecting Methylene Blue Adsorption by Coconut Husk from the Dyeing Process

หิรัญ แสวงแก้ว[1] กานดา ปุ่มสิน[2] สุธาสินี ครุฑธกะ[2] เตือนใจ ศิริพาหนะกุล[2] และ ศิริรัตน์ แจ้งกรณ์[2*]

Hirun Sawaengkaew[1], Kanda Pumsin[2], Suthasinee Kruttaga[3], Tuenjai Siripahanakul[4], and Sirirat Jangkorn[2*]

[1] สถาบันวิจัยเพื่อพัฒนาสังคม มหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมืองขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

[2] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย 234 ถนนเลย-เชียงคาน ตำบลเมือง อำเภอเมืองเลย จังหวัดเลย 42000

[1] Research for Social Development Institute KhonKaen University, Mueang Khon Kaen District, Khon Kaen Province, 40002

[2] Faculty of Science and Technology, Loei Rajabhat University, 234 Loei-Chaiang Khan Road, Mueang Subdistrict, Mueang Loei District, Loei Province, 42000

*Corresponding author E-mail: s.jangkorn@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูด้วยตัวดูดซับกาบมะพร้าว ซึ่งเป็นของเสียหลังจากกระบวนการย้อมผ้าด้วยสีธรรมชาติจากกาบมะพร้าว เพื่อเป็นการจัดการของเสียและประยุกต์ใช้ของเสียให้เกิดประโยชน์ โดยนำมาเป็นตัวดูดซับใช้บำบัดน้ำเสียที่ปนเปื้อนสีย้อมเมทิลีนบลู โดยได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับดังนี้ ปริมาณตัวดูดซับ ความเข้มข้นสีย้อมเมทิลีนบลู เวลาในการดูดซับ ความเร็วรอบในการดูดซับ และความเป็นกรด-ด่างในการดูดซับ นอกจากนี้ยังได้ศึกษารูปแบบการดูดซับด้วย จากการทดลองพบว่า การดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูด้วยกาบมะพร้าว มีปัจจัยที่เหมาะสมคือ ปริมาณตัวดูดซับ 0.5 กรัม ความเข้มข้นสีย้อมเมทิลีนบลู 60 มิลลิกรัม/ลิตร ใช้เวลาในการดูดซับ 2 ชั่วโมง ด้วยความเร็วรอบ 200 รอบ/นาที และความเป็นกรด-ด่างของสารละลายเท่ากับ 5 ส่วนผลการศึกษารูปแบบในการดูดซับพบว่าสอดคล้องกับ สมการฟรุนดริชไอโซเทอม ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.9397 ดังนั้น การดูดซับสีย้อมเมทิลีบลูด้วยตัวดูดซับกาบมะพร้าว เป็นการดูดซับแบบหลายชั้น บนพื้นผิวของตัวดูดที่มีลักษณะพื้นผิวไม่เป็นเนื้อเดียวกัน

คำสำคัญ: เมทิลีนบลู การบำบัดน้ำเสีย การดูดซับ และกากของเสีย

Abstract

This research aimed to investigate the adsorption of methylene blue dye using coconut husk as an adsorbent, which is a waste material generated after the natural dyeing process employing coconut husk. The study sought to manage waste and add value to waste materials by reutilizing them as adsorbents for the treatment of wastewater contaminated with methylene blue dye. The effects of various factors influencing the adsorption process were examined, including adsorbent dosage, initial methylene blue concentration, contact time, agitation speed, and solution pH. In addition, adsorption isotherm behavior was also studied. The experimental results revealed that the optimal conditions for methylene blue adsorption using coconut husk were an adsorbent dosage of 0.5 g, an initial methylene blue concentration of 60 mg/L, an adsorption time of 2 hours, an agitation speed of 200 rpm, and a solution pH of 5. The adsorption isotherm analysis indicated that the experimental data were best fitted to the Freundlich isotherm model, with a correlation coefficient (R^2) of 0.9397. These results suggest that the adsorption of methylene blue onto coconut husk occurs as multilayer adsorption on a heterogeneous adsorbent surface.

Keywords: Methylene blue, Wastewater treatment, Adsorption, and Waste residue.

บทนำ

การพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมนี้ต้องใช้น้ำปริมาณมากในกระบวนการฟอกย้อมสีผ้า จึงเป็นสาเหตุของการปนเปื้อนสีย้อมผ้าในแหล่งน้ำและทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและระบบนิเวศ (Dutta et al., 2024) โดยประเภทสีที่ใช้ย้อมผ้าในอุตสาหกรรมมีหลายชนิด ได้แก่ สีเอซิด (Acid Dyes) สีเบสิค (Basic Dyes) สีไดเร็กท์ (Direct Dyes) สีรีแอกทีฟ (Direct Dyes) สีดิสเพอร์ส (Disperse Dyes) และสีแว็ต (Vat Dyes) (Gupta and Suhas, 2009; Mall et al., 2006) ซึ่งสีที่มักถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมฟอกย้อมคือสีเมทิลีนบลู (Methylene Blue) ซึ่งเป็นสีย้อมผ้าประเภทเบสิค เนื่องจากมีคุณสมบัติลายน้ำได้ดี ได้สีน้ำเงินเข้มสวยงาม และย้อมติดเส้นใยผ้าได้ทนทาน แต่เมื่อปนเปื้อนสู่แหล่งน้ำจะทำให้ทัศนียภาพของแหล่งน้ำธรรมชาติไม่น่ามอง หากปล่อยทิ้งไว้อาจทำให้น้ำเน่าเสียและ

ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ (พชรวรรณ อึ้งศิริสวัสดิ์ และ เฉลิม เรืองวิริยะชัย, 2559) ดังนั้นการบำบัดน้ำเสียที่ปนเปื้อนสีย้อมเมทิลีนบลูจึงเป็นสิ่งสำคัญ

วิธีการบำบัดน้ำเสียในอุตสาหกรรมฟอกย้อมมีหลายวิธี ได้แก่ การบำบัดน้ำโดยกระบวนการทางชีวภาพ (Biological Process) การบำบัดน้ำโดยกระบวนการทางเคมี (Chemical Process) และการบำบัดน้ำโดยวิธีการกายภาพ (Physical Process) เป็นต้น ซึ่งแต่ละกระบวนการดังกล่าวมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง และต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการดูดแลระบบบำบัดน้ำเสีย ดังนั้นการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีการดูดซับ (Adsorption) จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากเป็นวิธีบำบัดน้ำเสียที่ง่ายไม่ซับซ้อน มีค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียไม่สูงมากนัก และมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียด้วย (Kahapana et al., 2020)

โดยตัวดูดซับที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียมีหลากหลายชนิด ในงานวิจัยนี้ใช้ตัวดูดซับกาบมะพร้าว ที่ได้จากกระบวนการย้อมผ้าด้วยสีธรรมชาติจากกาบมะพร้าว ที่เก็บจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนทอผ้าพื้นเมืองบ้านสูบ ตำบลน้ำสวย อำเภอเมือง จังหวัดเลย ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อนำมาใช้เป็นตัวดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลู เนื่องจากกาบมะพร้าวมีองค์ประกอบของเซลลูโลสสูงถึงร้อยละ 35 เฮมิเซลลูโลสร้อยละ 26 และลิกนินร้อยละ 16 (Kour et al., 2025) ซึ่งเซลลูโลสในกาบมะพร้าวมีคุณสมบัติในการดูดซับได้ดี (Salaenoi et al., 2024) จึงนำมาทำเป็นตัวดูดซับเพื่อแก้ไขปัญหาน้ำเสียจากสีย้อมผ้าและยังเป็นการจัดการของเสียเพื่อนำของเสียกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมตัวดูดซับ

เก็บตัวอย่างเศษกาบมะพร้าว หลังจากนำมาต้มด้วยความร้อน 100 องศาเซลเซียส เพื่อทำเป็นสีย้อมผ้าจากธรรมชาติ ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนทอผ้าพื้นเมืองบ้านสูบ ตำบลน้ำสวย อำเภอเมือง จังหวัดเลย ช่วงเดือนตุลาคม-พฤศจิกายน 2567 จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นให้สะอาด แล้วทำให้แห้งในตู้อบลมร้อนด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำมาบดให้เป็นผงละเอียดด้วยเครื่องบดสมุนไพร และร่อนผ่านตะแกรงสแตนเลส 40 เมส ซึ่งมีขนาดช่องตะแกรง 0.38 มิลลิเมตร เพื่อคัดขนาดผงกาบมะพร้าว หลังจากนั้นนำใส่ในถุงซิปและเก็บไว้ในบริเวณที่ปราศจากความชื้น

2. การทดลองปัจจัยการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลู

เตรียมน้ำสีสังเคราะห์เมทิลีนบลูด้วยผงเมทิลีนบลูแบบเกรดการวิเคราะห์ (AR grade) โดยนำมาละลายในน้ำปราศจากไอออน เตรียมเป็นความเข้มข้นต่าง ๆ เพื่อใช้ทดสอบปัจจัยการดูดซับ จำนวน 5 ปัจจัย ดังต่อไปนี้

2.1 การทดลองปัจจัยปริมาณตัวดูดซับ

เตรียมปริมาณผงกาบมะพร้าว น้ำหนัก 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร ซึ่งมีความเข้มข้นสีย้อมเมทิลีนบลู 10 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปเขย่าที่ความเร็วรอบ 300 รอบ/นาที เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 4,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 10 นาที เพื่อแยกสารละลายออกจากตัวดูดซับ แล้วนำสารละลายไปวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นของสีย้อมเมทิลีนบลูที่เหลืออยู่หลังการดูดซับ เพื่อหาปัจจัยปริมาณตัวดูดซับที่ดูดซับได้สูงสุด

2.2 การทดลองปัจจัยความเข้มข้นสีย้อมเมทิลีนบลู

เตรียมสารละลายสีย้อมเมทิลีนบลูที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 และ 80 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาตรละ 100 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร และชั่งปริมาณผงกาบมะพร้าวที่ได้จากการทดลองใน ข้อ 2.1 ใส่ลงในสารละลายสีย้อมเมทิลีนบลูความเข้มข้นต่าง ๆที่เตรียมไว้ แล้วนำไปเขย่าที่ความเร็วรอบ 300 รอบ/นาที เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 4,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 10 นาที เพื่อแยกสารละลายออกจากตัวดูดซับ แล้วนำสารละลายไปวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นของสีย้อมเมทิลีนบลูที่เหลืออยู่หลังการดูดซับ เพื่อหาปัจจัยความเข้มข้นสีย้อมเมทิลีนบลูที่ถูกดูดซับได้สูงสุด

2.3 การทดลองปัจจัยเวลาในการดูดซับ

เวลาที่ใช้ทดสอบการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลู มีดังนี้ 1, 2, 3, 4 และ 5 ชั่วโมง โดยชั่งปริมาณผงกาบมะพร้าว ที่ได้จากการทดลองใน ข้อ 2.1 และเตรียมความเข้มข้นของสีย้อมเมทิลีนบลูที่ได้จากการทดลองใน ข้อ 2.2 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปเขย่าที่ความเร็วรอบ 300 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 4,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 10 นาที เพื่อแยกสารละลายออกจากตัวดูดซับ แล้วนำสารละลายไปวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นของสีย้อมเมทิลีนบลูที่เหลืออยู่หลังการดูดซับ เพื่อหาปัจจัยเวลาในการดูดซับที่กำจัดสีย้อมเมทิลีนบลูได้สูงสุด

2.4 การทดลองปัจจัยความเร็วรอบในการดูดซับ

ความเร็วรอบที่ใช้ทดสอบการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลู มีดังนี้ 100, 150, 200, 250 และ 300 รอบ/นาที โดยชั่งปริมาณผงกาบมะพร้าวที่ได้จากการทดลองใน ข้อ 2.1 ใส่ลงในสารละลายสีย้อมเมทิลีนบลูตามความเข้มข้นที่ได้จากการทดลองใน ข้อ 2.2 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร นำไปเขย่าตามเวลาที่ใช้ในการดูดซับที่ได้จากการทดลองใน ข้อ 2.3 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 4,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 10 นาที เพื่อแยกสารละลายออกจากตัวดูดซับ แล้วนำ

สารละลายไปวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นของสีย้อมเมทิลีนบลูที่เหลืออยู่หลังการดูดซับ เพื่อหาปัจจัยความเร็วรอบในการดูดซับที่กำจัดสีย้อมเมทิลีนบลูได้สูงสุด

2.5 การทดลองปัจจัยความเป็นกรด-ด่างในการดูดซับ

เตรียมสารละลายสีย้อมเมทิลีนบลูที่มีความเป็นกรด-ด่างที่ใช้ทดลอง ดังนี้ 1, 3, 5, 7, 9 และ 11 โดยชั่งปริมาณผงกาบมะพร้าวที่ได้จากการทดลองใน ข้อ 2.1 ใส่ลงในสารละลายสีย้อมเมทิลีนบลูตามความเข้มข้นที่ได้จากการทดลองใน ข้อ 2.2 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร นำไปเขย่าตามเวลาที่ใช้ในการดูดซับที่ได้จากการทดลองใน ข้อ 2.3 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ด้วยความเร็วรอบในการดูดซับที่ได้จากการทดลองในข้อ 2.4

โดยทั้ง 5 ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูด้วยผงกาบมะพร้าว นำไปวิเคราะห์ความเข้มข้นของสีย้อมเมทิลีนบลูที่เหลืออยู่หลังการดูดซับ ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV-Visible Spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่น 664 นาโนเมตร และคำนวณร้อยละการดูดซับเมทิลีนบลู แสดงดังสมการที่ (1)

$$\text{ร้อยละการดูดซับเมทิลีนบลู (\%)} = ((C_0-C_e)/C_0) \times 100 \qquad (1)$$

3. การศึกษารูปแบบการดูดซับ

การศึกษารูปแบบการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูด้วยผงกาบมะพร้าว เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นที่สมดุลกับจำนวนของตัวดูดซับที่อุณหภูมิคงที่ โดยใช้สองสมการในการดูดซับ คือ สมการแลงเมียร์ไอโซเทอม (Langmuir isotherm) และสมการฟรุนดิชไอโซเทอม (Freundlich isotherm) ซึ่งแสดงดังสมการที่ (2) และ (3) ตามลับดับ

$$C_e/q_e = (1/q_m{}^b) + (C_e/q_m) \qquad (2)$$

โดย

q_e หมายถึง ปริมาณเมทิลีนบลูที่ถูกดูดซับ (มิลลิกรัม) ต่อปริมาณของตัวดูดซับ (กรัม) ที่ภาวะสมดุล

q_m หมายถึง ปริมาณเมทิลีนบลูที่ถูกดูดซับมากที่สุด (มิลลิกรัม/กรัม)

b หมายถึง ค่าคงที่ของสมการแลงเมียร์ (ลิตร/มิลลิกรัม)

C_e หมายถึง ความเข้มข้นของตัวดูดซับที่สมดุล (มิลลิกรัม/ลิตร)

$$\log q_e = \log k_f + 1/n \log C_e \quad (3)$$

โดย

C_e หมายถึง ความเข้มข้นของตัวดูดซับที่สมดุล (มิลลิกรัม/ลิตร)

q_e หมายถึง ปริมาณเมทิลีนบลูที่ถูกดูดซับ (มิลลิกรัม) ต่อปริมาณของตัวดูดซับ (กรัม) ที่ภาวะสมดุล

k_f หมายถึง ค่าคงที่ของสมการฟรุนดิช (ลิตร/มิลลิกรัม)

n หมายถึง ค่าคงที่สัมพันธ์กับพลังงานของการดูดซับและความเข้มข้นของเมทิลีนบลู

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาลักษณะตัวดูดซับ

ลักษณะทางกายภาพพบว่า ตัวดูดซับกาบมะพร้าวที่เก็บหลังจากนำมาต้มเพื่อทำสีย้อมผ้า มีลักษณะเป็นชิ้นขนาดแตกต่างกันพื้นผิวขรุขระเป็นเส้นใยสีน้ำตาล แสดงดังภาพที่ 1(ก) เมื่อนำมาล้างด้วยน้ำกลั่น แล้วทำให้แห้งในตู้อบลมร้อนและบดให้เป็นผงละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงสแตนเลสจะได้ผงกาบมะพร้าวที่เป็นตัวดูดซับมีลักษณะเป็นผงละเอียดสีน้ำตาลอ่อน แสดงดังภาพที่ 1(ข)



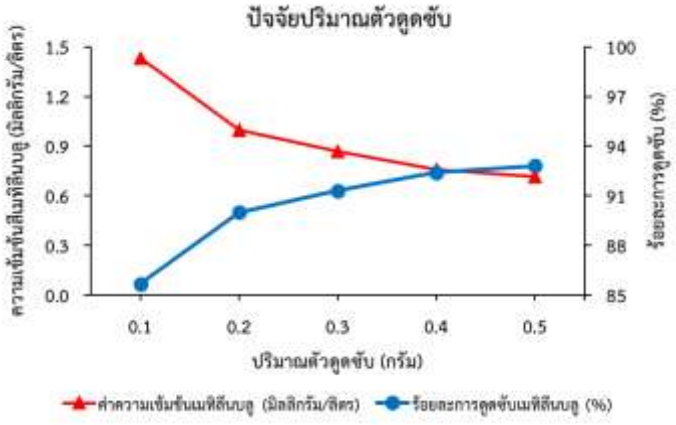
(ก) (ข)

ภาพที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของตัวดูดซับ (ก) กาบมะพร้าว และ (ข) ผงกาบมะพร้าว

2. ผลการทดลองปัจจัยการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลู

2.1 ผลการทดลองปัจจัยปริมาณตัวดูดซับ

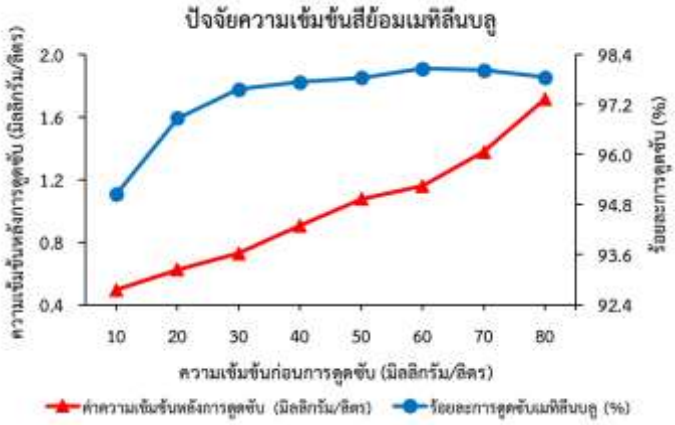
ผลการทดลองพบว่า ตัวดูดซับที่ปริมาณ 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 กรัม ดูดซับได้ร้อยละ 85.69, 90.01, 91.31, 92.40 และ 92.82 ตามลำดับ ซึ่งปริมาณตัวดูดซับที่ 0.5 กรัม สามารถดูดซับเมทิลีนบลูได้สูงสุดที่ร้อยละ 92.82 แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กราฟผลการทดลองปัจจัยปริมาณตัวดูดซับ

2.2 ผลการทดลองปัจจัยความเข้มข้นสีย้อมเมทิลีนบลู

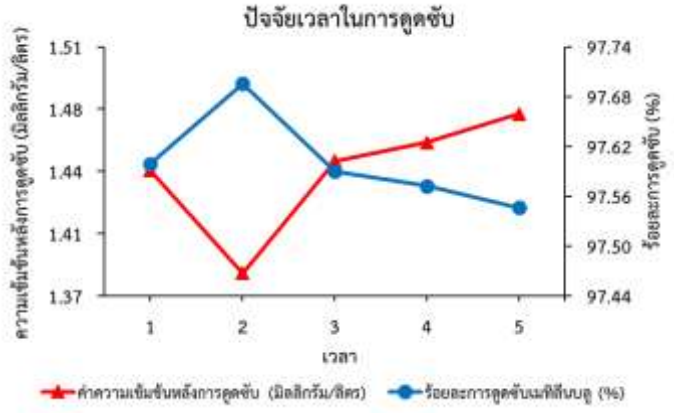
ผลการทดลองพบว่า สีย้อมเมทิลีนบลูที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 และ 80 มิลลิกรัม/ลิตร ได้ร้อยละการดูดซับ 95.06, 96.88, 97.57, 97.74, 97.85, 98.07, 98.03 และ 97.85 ตามลำดับ ซึ่งความเข้มข้นสีย้อมเมทิลีนบลูที่ตัวดูดซับกาบมะพร้าวสามารถดูดซับได้สูงสุดที่ความเข้มข้น 60 มิลลิกรัม/ลิตร โดยมีร้อยละการดูดซับที่ 98.07 แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กราฟผลการทดลองปัจจัยความเข้มข้นสีย้อมเมทิลีนบลู

2.3 ผลการทดลองปัจจัยเวลาในการดูดซับ

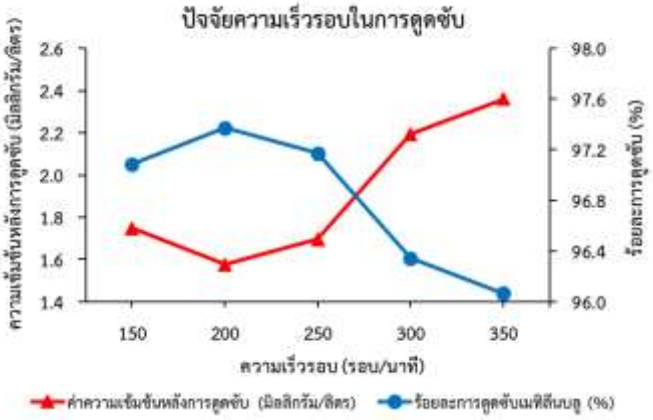
ผลการทดลองพบว่า การดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูในเวลา 1, 2, 3, 4 และ 5 ชั่วโมง ได้ร้อยละการดูดซับ 97.60, 97.70, 97.59, 97.57 และ 97.55 ตามลำดับ ซึ่งเวลาในการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูที่ดีที่สุดของการดูดซับด้วยตัวดูดซับกาบมะพร้าวคือเวลา 2 ชั่วโมง โดยมีค่าร้อยละการดูดซับที่ 97.70 แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 กราฟผลการทดลองปัจจัยเวลาในการดูดซับ

2.4 ผลการทดลองปัจจัยความเร็วรอบในการดูดซับ

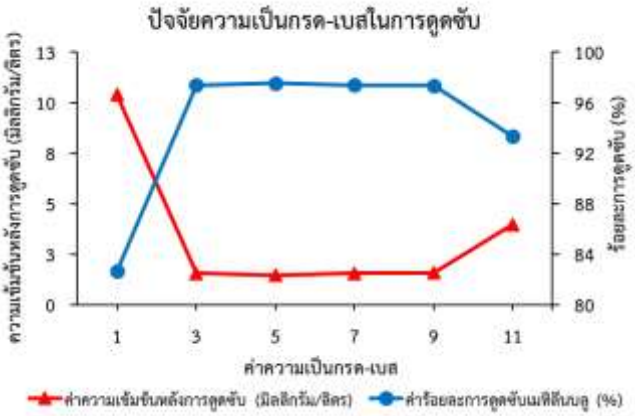
ผลการทดลองพบว่า การดูดซับใช้ความเร็วรอบ 100, 150, 200, 250, 300 และ 350 รอบ/นาที ได้ร้อยละการดูดซับ 96.95, 97.09, 97.37, 97.17, 96.34 และ 96.07 ตามลำดับ โดยตัวดูดซับกาบมะพร้าวสามารถดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูได้สูงสุดที่ความเร็วรอบ 200 รอบ/นาที คิดเป็นร้อยละ 97.37 แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 กราฟผลการทดลองปัจจัยความเร็วรอบในการดูดซับ

2.5 ผลการทดลองปัจจัยความเป็นกรด-ด่างในการดูดซับ

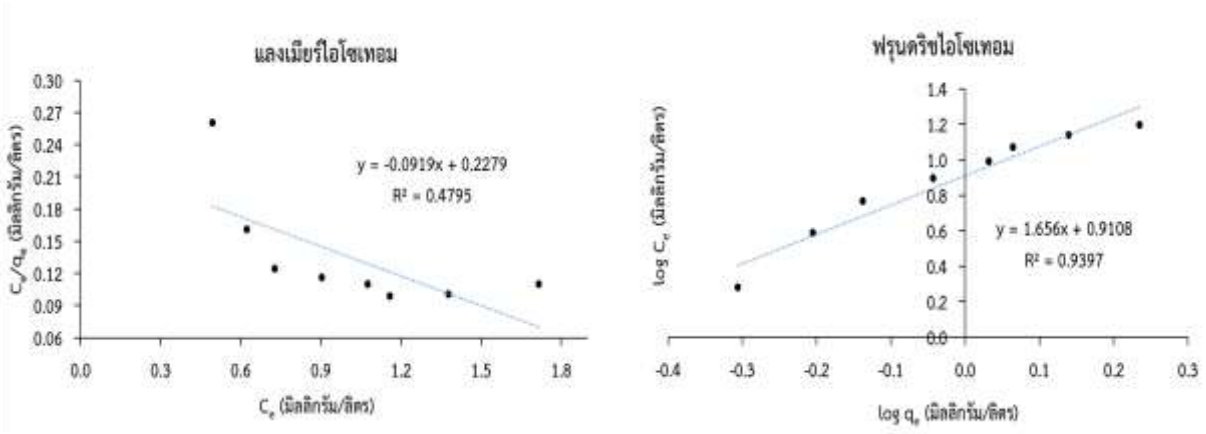
ผลการทดลองพบว่า การดูดซับสารละลายเมทิลีนบลูที่ความเป็นกรด-ด่าง 1, 3, 5, 7, 9 และ 11 คิดเป็นร้อยละการดูดซับ 82.65, 97.40, 97.54, 97.39, 97.41 และ 93.35 ตามลำดับ ซึ่งความเป็นกรด-ด่างในการดูดซับเมทิลีนบลูที่ดีที่สุดของกาบมะพร้าว คือความเป็นกรด-ด่างที่ 5 มีค่าร้อยละการดูดซับ 97.54 แสดงดังภาพที่ 4-6 (ก)



ภาพที่ 6 กราฟผลการทดลองปัจจัยความเป็นกรด-ด่างในการดูดซับ

3. การศึกษารูปแบบการดูดซับ

รูปแบบการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูด้วยตัวดูดซับกาบมะพร้าว พบว่า สมการแลงเมียร์ไอโซเทอมซึ่งมีค่า R^2 เท่ากับ 0.4795 แสดงดังภาพที่ 7(ก) ส่วนฟรุนดริชไอโซเทอมพบว่า มีค่า R^2 เท่ากับ 0.9397 แสดงดังภาพที่ 7 (ข) ซึ่งรูปแบบของการดูดซับนี้มีความสอดคล้องกับสมการฟรุนดริชไอโซเทอม เนื่องจากมีค่า R^2 ใกล้เคียง 1 มากกว่า R^2 ของสมการแลงเมียร์ไอโซเทอม



(ก) (ข)

ภาพที่ 7 รูปแบบการดูดซับสีย้อมเมทิลันบลู (ก) แลงเมียร์ไอโซเทอม และ (ข) ฟรุนดริชไอโซเทอม

วิจารณ์ผลการวิจัย

1. ลักษณะตัวดูดซับ

กาบมะพร้าวก่อนนำมาต้มเพื่อสกัดสีใช้ย้อมผ้า ในโครงสร้างจะมีองค์ประกอบของลิกโนเซลลูโลส ซึ่งประกอบด้วย 4 กลุ่ม ดังนี้คือ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน และสารสกัดที่ทำให้เกิดสี คือ แทนนิน และโฟลีฟีนอล (Poornachandhra et al., 2023) เมื่อนำกาบมะพร้าวหลังจากผ่านการต้มเพื่อสกัดสีและใช้ย้อมแล้วมาทำเป็นตัวดูดซับ โดยนำมาล้างด้วยน้ำกลั่น ทำให้แห้งจากนั้นบดเป็นผง จะได้ผงกาบมะพร้าวที่เป็นตัวดูดซับมีลักษณะเป็นผงละเอียดสีน้ำตาลอ่อน ซึ่งหลังจากที่กาบมะพร้าวถูกนำมาต้มและสกัดสีเพื่อใช้ย้อมผ้าแล้ว จะเหลือเพียงองค์ประกอบเพียงองค์ประกอบที่เป็นโครงสร้างหลักคือ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ส่วนโครงสร้างที่ให้สี คือ แทนนิน และโฟลีฟีนอล จะละลายออกจากกาบมะพร้าวรวมเป็นเนื้อเดียวกันกับน้ำ (Sirisangsawang and Phetyim, 2023) จึงทำให้ผงกาบมะพร้าวที่ได้เพื่อนำมาทำเป็นตัวดูดซับมีสีน้ำตาลอ่อน

2. ปัจจัยการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลู

2.1 ปัจจัยปริมาณตัวดูดซับ

การดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูด้วยตัวดูดซับกาบมะพร้าว โดยใช้ปริมาณตัวดูดซับตั้งแต่ 0.1-0.4 กรัม สามารถกำจัดสีย้อมเมทิลีนบลูได้เพียงร้อยละ 85.69-92.40 เมื่อเพิ่มปริมาณตัวดูดซับกาบมะพร้าวเป็น 0.5 กรัม พบว่าสามารถกำจัดสีย้อมเมทิลีบลูได้มากกว่าปริมาณตัวดูดซับอื่น ๆ ซึ่งสามารถดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูได้สูงสุดที่ร้อยละ 92.82 เนื่องจากบนพื้นผิวของตัวดูดซับสีย้อมจะมีบริเวณดูดซับ (Active site) ซึ่งสามารถจับกับอนุภาคสีย้อมได้ จากผลการทดลองเมื่อใช้ปริมาณตัวดูดซับน้อย คือปริมาณ 0.1-0.4 กรัม จึงทำให้มีบริเวณดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูน้อย การดูดซับอนุภาคสีบนพื้นผิวตัวดูดซับกาบมะพร้าวจึงมีร้อยละการดูดซับน้อยตามไปด้วย (Villabona-Ortíz et al., 2022) แต่เมื่อปริมาณตัวดูดซับกาบมะพร้าวเพิ่มเป็น 0.5 กรัม พบว่าร้อยละการดูดซับเพิ่มขึ้นตามไปด้วยเป็นร้อยละ 92.82 เนื่องจากการเพิ่มปริมาณตัวดูดซับ เป็นการทำให้มีพื้นที่ผิวหรือบริเวณดูดซับอนุภาคสีเพิ่มตามไปด้วย อีกทั้งยังทำให้พื้นที่ดังกล่าวมีการสัมผัสกับอนุภาคสีย้อมในสารละลายเพิ่มขึ้นด้วย (Hambisa et al., 2023)

2.2 ปัจจัยความเข้มข้นสีย้อมเมทิลีนบลู

ความเข้มข้นของสีย้อมเมทิลีนบลูที่ใช้ในการดูดซับคือ 10-80 มิลลิกรัม/ลิตร จากผลการทดลองเมื่อเพิ่มความเข้มข้นสีย้อมสูงขึ้นจาก 10 มิลลิกรัม/ลิตร จนถึงความเข้มข้นสีย้อม 50 มิลลิกรัม/ลิตร ตัวดูดซับมีร้อยละการดูดซับเพิ่มขึ้น จากร้อยละการดูดซับ 95.06 เพิ่มเป็นร้อยละ 97.85 เนื่องจากเมื่อเพิ่มความเข้มข้นสีย้อมเมทิลีนบลูสูงขึ้นจะทำให้ความสามารถในการดูดซับของตัวดูดซับกาบมะพร้าวสูงขึ้นด้วย เพราะการเพิ่มความเข้มข้นสีย้อมเมทิลีนบลูจะทำให้เกิดความแตกต่างของอนุภาคสีย้อมที่อยู่ในสารละลายและอนุภาคสีย้อมที่อยู่บนพื้นผิวตัวดูดซับ และทำให้เกิดแรงขับดันที่เพิ่มขึ้น จึงทำให้เมื่อเพิ่มความเข้มข้นสีย้อมเมทิลีนบลูสูงขึ้นจึงเกิดการดูดซับที่มากขึ้นตามไปด้วย (พชรวรรณ อึ้งศิริสวัสดิ์ และ เฉลิม เรืองวิริยะชัย, 2559) แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเมทิลีนบลูเป็น 60-70 มิลลิกรัม/ลิตร พบว่าร้อยละการดูดซับกลับลดลง เนื่องจากปริมาณตัวดูดซับกาบมะพร้าวคงที่ อนุภาคสีย้อมเมทิลีบลูจึงแย่งกันเพื่อเข้าจับกับตำแหน่งว่างบนพื้นผิวของตัวดูดซับ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นสีย้อมเมทิลีนบลูมากขึ้น แต่ปริมาณตัวดูดซับยังคงเดิม จึงส่งผลให้อนุภาคสีย้อมเมทิลีบลูเข้าจับบนพื้นผิวของตัวดูดซับที่มีอย่างจำกัดจนเต็ม จึงทำให้เมื่อเพิ่มความเข้มขึ้นสีย้อมเมทิลีนบลูร้อยละการดูดซับจึงลดลง ดังนั้นตัวดูดซับกาบมะพร้าวสามารถดูดซับที่ความเข้มข้นสีย้อมเมทิลีนบลูได้สูงสุดที่ 60 มิลลิกรัม/ลิตร โดยมีค่าร้อยละการดูดซับเท่ากับ 98.07

2.3 ปัจจัยเวลาในการดูดซับ

ปัจจัยเวลาในการดูดซับสารละลายเมทิลีนบลูใช้เวลาทดลองตั้งแต่ 1-5 ชั่วโมง พบว่าที่เวลา 2 ชั่วโมง การดูดซับสารละลายเมทิลีนบลูด้วยตัวดูดซับกาบมะพร้าวดูดซับได้สูงสุดที่ร้อยละ 97.70 ซึ่งการเพิ่มเวลาดูดซับจาก 1 ชั่วโมง เป็น 2 ชั่วโมง ตัวดูดซับกาบมะพร้าวมีแนวโน้มการดูดซับที่สูงขึ้น เนื่องจากตำแหน่งบนตัวดูด

ซับของกาบมะพร้าวยังว่างอยู่เป็นจำนวนมาก และการเพิ่มเวลาในการดูดซับทำให้เพิ่มโอกาสการสัมผัสกันระหว่างอนุภาคของสีย้อมเมทิลีบลูและพื้นที่ผิวของตัวดูดซับ จึงทำให้การดูดซับมีร้อยละสูงขึ้น แต่เมื่อเพิ่มเวลาในการดูดซับเป็น 3-5 ชั่วโมง พบว่าค่าร้อยละการดูดซับเมทิลีนบลูลดลง เนื่องจากพื้นผิวของตัวดูดซับถูกจับด้วยอนุภาคสีย้อมเมทิลีนบลูจนเต็มหมดแล้ว จึงไม่สามารถดูดซับได้อีกถึงแม้จะเพิ่มเวลาในการดูดซับให้มากขึ้นก็ตาม (อภิวัชร์ บุญกูลธนพัฒน์ และคณะ, 2564)

2.4 ปัจจัยความเร็วรอบในการดูดซับ

ปัจจัยความเร็วรอบในการดูดซับตั้งแต่ 100-150 รอบ/นาที พบว่าค่าร้อยละการดูดซับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นที่ 96.95-97.09 เมื่อเพิ่มความเร็วรอบในการดูดซับเป็น 200 รอบ/นาที พบว่ามีค่าร้อยละการดูดซับสูงสุดที่ 97.37 เนื่องจากการเพิ่มความเร็วรอบในการดูดซับทำให้เกิดการเพิ่มแรงผลักและเพิ่มโอกาสการสัมผัสกันระหว่างอนุภาคสีย้อมเมทิลีนบลูและพื้นที่ผิวของตัวดูดซับกาบมะพร้าวให้สัมผัสกันมากขึ้น จึงทำให้มีค่าร้อยละการดูดซับเพิ่มขึ้น (พชรวรรณ อึ้งศิริสวัสดิ์ และ เฉลิม เรืองวิริยะชัย, 2559) แต่เมื่อเพิ่มความเร็วรอบในการดูดซับเป็น 250-350 รอบ/นาที กลับพบว่ามีค่าร้อยละการดูดซับลดลง เนื่องจากเมื่อเพิ่มความเร็วรอบมากเกินไปจะทำให้เกิดแรงเฉือน จึงทำให้อนุภาคสีย้อมเมทิลีนบลูที่ดูดซับไว้บนพื้นผิวตัวดูดซับกาบมะพร้าวหลุดออกมา จึงทำให้ค่าร้อยละการดูดซับกลับลดลงถึงแม้ว่าจะเพิ่มความเร็วรอบในการดูดซับมากขึ้นก็ตาม (Baig, 2020)

2.5 ปัจจัยความเป็นกรด-ด่างในการดูดซับ

การดูดซับของตัวดูดซับกาบมะพร้าวในสารละลายเมทิลีนบลูที่ความเป็นกรด-ด่าง 1, 3, 7 และ 9 พบว่ามีค่าร้อยละการดูดซับอยู่ระหว่าง 82.65-97.41 แต่เมื่อปรับความเป็นกรด-ด่างของสารละลายเมทิลีนบลูเป็น 5 พบว่ามีค่าร้อยละการดูดซับสูงสุด เนื่องจากสภาวะความเป็นกรดทำให้โครงสร้างของสีย้อมเมทิลีนบลูมีประจุเป็นบวก ซึ่งสามารถยึดเกี่ยวกับโมเลกุลของเซลลูโลสซึ่งเป็นองค์ประกอบของตัวดูดซับกาบมะพร้าวด้วยพันธ์โควาเลนท์ได้ดี ซึ่งมีงานวิจัยพบว่าสีย้อมเมทิลีนบลูดูดซับได้สูงสุดที่ความเป็นกรด-ด่างที่ 4.32-4.83 ซึ่งใกล้เคียงกลับความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 จากการทดลองนี้ (Kahapana et al., 2020)

3. รูปแบบการดูดซับ

การศึกษารูปแบบการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูด้วยตัวดูดซับกาบมะพร้าว พบว่ารูปแบบการดูดซับสอดคล้องกับสมการฟรุนดริชไอโซเทอมมากกว่าสมการแลงเมียร์ไอโซเทอม โดยเปรียบเทียบจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ที่มีค่าใกล้เคียง 1 มากกว่า (Waiyasusri, 2016) โดยมีค่าเท่ากับ 0.9397 ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าการดูดซับสีย้อมเมทิลีบลูเป็นการดูดซับแบบหลายชั้น (Multilayer) บนพื้นผิวของตัวดูดซับกาบมะพร้าวที่มีลักษณะพื้นผิวไม่เป็นเนื้อเดียวกัน (Heterogeneous) (Üner et al., 2016)

แต่อย่างไรก็ตามจากการวิจัยการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูด้วยกาบมะพร้าวที่ได้จากกระบวนการย้อมผ้านี้เป็นเพียงการทดลองระดับนำร่อง (Pilot Scale) ซึ่งจะต้องนำมาทดลองดูดซับสีย้อมผ้าจากอุตสาหกรรมเพิ่มเติม และยังต้องปรับปรุงตัวดูดซับหลังจากการดูดซับแล้วให้สามารถแยกออกจากสารละลายได้ง่ายขึ้น และสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ในภายหลังซึ่งเป็นข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในการทดลองขั้นต่อไป

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองกาบมะพร้าวที่เป็นของเสียจากกระบวนการย้อมผ้าด้วยสีธรรมชาติ สามารถนำมาทำเป็นตัวดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูเพื่อแก้ไขปัญหาน้ำเสียจากสีย้อมผ้าได้ ซึ่งเป็นการจัดการของเสียเพื่อนำกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยผลการศึกษาปัจจัยการดูดซับเมทิลีนบลู พบว่าปัจจัยที่เหมาะสมในการดูดซับมีดังนี้ ปริมาณตัวดูดซับ 0.5 กรัม สามารถดูดซับความเข้มข้นสีย้อมเมทิลีนบลู 60 มิลลิกรัม/ลิตร โดยใช้เวลาในการดูดซับ 2 ชั่วโมง ด้วยความเร็วรอบ 200 รอบ/นาที ที่ความเป็นกรด-ด่างของสารละลายเท่ากับ 5 สำหรับการศึกษารูปแบบในการดูดซับพบว่า สอดคล้องกับสมการฟรุนดริชไอโซเทอม ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.9397 สามารถอธิบายได้ว่าการดูดซับสีย้อมเมทิลีบลูด้วยตัวดูดซับกาบมะพร้าวเป็นการดูดซับแบบหลายชั้น บนพื้นผิวของตัวดูดซับที่มีลักษณะไม่เป็นเนื้อเดียวกัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ที่สนับสนุนสถานที่ทำวิจัย เครื่องมือ และอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ ในงานวิจัยนี้ให้สำเร็จด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

พชรวรรณ อึ้งศิริสวัสดิ์ และเฉลิม เรืองวิริยะชัย. (2559). การดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูโดยใช้เปลือกหน่อไม้แห้ง. การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติด้านการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา 2559, 343–350.

อภิวัชร์ บุญกูลธนพัฒน์ กมลทิพย์ ดีบุกคำ และขวัญเนตร สมบัติสมภพ. (2564). การกำจัดสีย้อมเมทิลีนบลูโดยใช้วัสดุดูดซับในท้องถิ่น. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุสาหกรรม, 17(3), 16–18. https://doi.org/10.14416/j.ind.tech.2021.09.002

Baig, K. S. (2020). Interaction of enzymes with lignocellulosic materials: causes, mechanism and influencing factors. Bioresources and Bioprocessing, 7(1), 21. https://doi.org/10.1186/s40643-020-00310-0

Dutta, S., Adhikary, S., Bhattacharya, S., Roy, D., Chatterjee, S., Chakraborty, A., Banerjee, D., Ganguly, A., Nanda, S., and Rajak, P. (2024). Contamination of textile dyes in aquatic environment: Adverse impacts on aquatic ecosystem and human health, and its management using bioremediation. Journal of Environmental Management, 353, 120103. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120103

Gupta, V. K., and Suhas. (2009). Application of low-cost adsorbents for dye removal – A review. Journal of Environmental Management, 90(8), 2313–2342. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.11.017

Hambisa, A. A., Regasa, M. B., Ejigu, H. G., and Senbeto, C. B. (2023). Adsorption studies of methyl orange dye removal from aqueous solution using Anchote peel-based agricultural waste adsorbent. Applied Water Science, 13(1), 1–11. https://doi.org/10.1007/s13201-022-01832-y

Kahapana, C., Phowan, N., Toei, K., Subdistrict, N., District, W., Biodegradation, M., Analysis, M. P., and Centre, D. (2020). A study on adsorption efficiency of methylene blue dye using adsorbent material prepared from water hyacinth. Srinakharinwirot University Engineering Journal, 15(2), 58–70.

Kour, M., Chaudhary, S., and Kumar, R. (2025). Cellulose based bioplastics: A sustainable approach toward environmental safety - A review. Sustainable Materials and Technologies, 46, e01694. https://doi.org/10.1016/j.susmat.2025.e01694

Mall, I. D., Srivastava, V. C., and Agarwal, N. K. (2006). Removal of Orange-G and Methyl Violet dyes by adsorption onto bagasse fly ash—kinetic study and equilibrium isotherm analyses. Dyes and Pigments, 69(3), 210–223. https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2005.03.013

Poornachandhra, C., Jayabalakrishnan, R. M., Balasubramanian, G., Lakshmanan, A., Selvakumar, S., Maheswari, M., and John, J. E. (2023). Coconut Husk Fiber: A Low-Cost Bioresource for the Synthesis of High-Value Nanocellulose. Biointerface Research in Applied Chemistry, 13(6), 1–25. https://doi.org/10.33263/BRIAC136.504

Salaenoi, J., Jurejan, N., Yokthongwattana, C., Pluempanupat, W., and Boonprab, K. (2024). Characteristics of coconut husk cellulose and its effectiveness as a potassium permanganate absorbent for fishery applications. Case Studies in Chemical and Environmental Engineering, 10, 100975. https://doi.org/10.1016/j.cscee.2024.100975

Sirisangsawang, R., and Phetyim, N. (2023). Optimization of tannin extraction from coconut coir through response surface methodology. Heliyon, 9(2) , e13377. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13377

Üner, O., Geçgel, Ü., and Bayrak, Y. (2016). Adsorption of Methylene Blue by an Efficient Activated Carbon Prepared from Citrullus lanatus Rind: Kinetic, Isotherm, Thermodynamic, and Mechanism Analysis. Water, Air, & Soil Pollution, 227(7), 247. https://doi.org/10.1007/s11270-016-2949-1

Villabona-Ortíz, Á., Figueroa-Lopez, K. J., and Ortega-Toro, R. (2022). Kinetics and Adsorption Equilibrium in the Removal of Azo-Anionic Dyes by Modified Cellulose. Sustainability, 14(6), 3640. https://doi.org/10.3390/su14063640

Waiyasusri, S. (2016). Phosphate Removal in Wastewater by Adsorption on Calcium Carbonate and Calcium Oxide from Eggshell. The Journal of King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 26(3), 475–486. https://doi.org/10.14416/j.kmutnb.2016.01.003

ความคิดเห็นของประชาชนในพื้นที่กันชนที่มีต่อปัญหาช้างป่า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทรา

People Opinions on Wild Elephants Problem in Buffer Zone of Khao Ang Rue Nai Wildlife Sanctuary, Chachoengsao Province

ศุภกิตติ์ โก่งเกษร[1*] กิติชัย รัตนะ[1] อภิชาต ภัทรธรรม[1]

Supakit Kongkasorn[1*], Kitichai Rattana[1], Apichart Pattaratuma[1]

[1] คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[1] Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author E-mail: supakit.kong@ku.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคม ระดับความคิดเห็น และปัจจัยที่มีผลต่อความคิดเห็นของประชาชนในพื้นที่กันชนที่มีต่อปัญหาช้างป่าเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทรา การศึกษาในครั้งนี้รวบรวมโดยใช้แบบสอบถาม ในช่วงเดือนมีนาคม 2568 ถึงเดือนเมษายน 2568 รวมจำนวน 235 คน โดยวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน ได้แก่ ค่าสถิติ t-test และค่าสถิติ F-test กำหนดนัยสำคัญทางสถิติไว้ที่ระดับ 0.05 (p-value = 0.05)

ผลการศึกษา พบว่า ประชาชนที่ทำการศึกษาส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุเฉลี่ย 48.09 ปี สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษา มีอาชีพปลูกพืชเป็นอาชีพหลัก พืชเกษตรที่ปลูกส่วนใหญ่เป็นมันสำปะหลัง มีรายได้รวมต่อปีเฉลี่ย 82,546.72 บาท ส่วนใหญ่ได้รับความเสียหายจากช้างป่าคิดเป็นร้อยละ 63.83 และมีประสบการณ์ในการแก้ไขปัญหาช้างป่า รวมถึงเคยใช้งานอุปกรณ์ป้องกันการเข้ามาในพื้นที่ของช้างป่า โดยส่วนมากจะใช้งานระเบิดลูกบอล และมีความรู้เกี่ยวกับช้างป่าในระดับมาก (ร้อยละ 64.26) ประชาชนมีความคิดเห็นต่อปัญหาช้างป่าในพื้นที่กันชนในระดับมาก (3.68) ส่วนปัจจัยที่มีผลต่อความคิดเห็นของประชาชนในพื้นที่กันชนที่มีต่อปัญหาช้างป่า ได้แก่ ระดับการศึกษา อาชีพหลัก รายได้รวมต่อปี ระดับความเสียหายที่เกิดจากช้างป่า ประสบการณ์ในการแก้ไขปัญหาช้างป่า และชนิดพืชเกษตรที่ปลูก เป็นปัจจัยที่มีผลต่อความคิดเห็นของประชาชนในพื้นที่กันชนที่มีต่อปัญหาช้างป่า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทรา และปัจจัยที่ไม่มีผลต่อความคิดเห็นของประชาชนในพื้นที่กันชนที่มีต่อปัญหาช้างป่า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทรา ได้แก่ เพศ อายุ การใช้งานอุปกรณ์ป้องกันการเข้ามาในพื้นที่ของช้างป่า และความรู้เกี่ยวกับช้างป่า

คำสำคัญ : ความคิดเห็น ประชาชน ปัญหาช้างป่า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน

Abstract

The objectives of this study were aimed to investigate the socio-economic characteristics, opinions level, and factors affecting wild elephants problem in the buffer zone of Khao Ang Rue Nai Wildlife Sanctuary, Chachoengsao Province. The data were collected using the designed questionnaires and interviewed 235 persons between March 2025 to April 2025. Statistical analysis methods employed for the hypothesis test were t-test and F-test by level at 0.05 significance level. (p-value = 0.05)

The results of this study indicated that most of the respondents were female, with an average age was 48.09 years, graduated at primary school, main occupation were farmer, and cassava was the dominant crop. An average annual income was 82,546.72 baht. Level of damaged from wild elephants were 63.83 percent. The majority had experienced in solving wild elephant problems and had been use of equipment to protect wild elephants in this area, most of them use ball-shaped firecrackers to expel wild elephants. Knowledge related to wild elephants were at the high level (64.26 percent). Opinions level on wild elephant problems in buffer zone were at the high level (3.68). The factors affecting wild elephant problems in buffer zone were educational level, main occupation, annual income, level of damaged from wild elephants, experienced in solving elephant problems, and types of crops grown. The factors none affecting were gender, age, use of equipment to protect wild elephants in this area, and knowledge related to wild elephants.

Keywords : Opinions, People, Wild Elephants Problem, Khao Ang Rue Nai Wildlife Sanctuary

บทนำ

การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสัตว์ป่าในประเทศไทยมีความสำคัญอย่างยิ่งในการรักษาสมดุลของระบบนิเวศ และสร้างความยั่งยืนให้กับสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันประเทศไทยกำลังประสบปัญหาความขัดแย้งระหว่างคนกับสัตว์ป่า เช่น ปัญหาความขัดแย้งระหว่างคนกับช้างป่า ซึ่งมีอัตราเพิ่มขึ้นในทุกปี โดยมักพบปัญหาดังกล่าวบริเวณพื้นที่อนุรักษ์ที่มีช้างอยู่ ในประเทศไทยมีอยู่ 44 แห่ง คิดเป็น 22 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่อนุรักษ์ทั้งหมด โดยพื้นที่ที่มีปัญหารุนแรงที่สุด คือมีทั้งคนและช้างบาดเจ็บเสียชีวิตมากที่สุด คือ กลุ่มป่าตะวันออก รองลงมาคือ กลุ่มป่าตะวันตก กลุ่มป่าแก่งกระจาน-กุยบุรี กลุ่มป่าดงพญาเย็น-เขาใหญ่ กลุ่มป่าเขาหลวง-เขาบรรทัด กลุ่มป่าคลองแสง-เขาสก และกลุ่มป่าภูเขียว-น้ำเขียว (เครือข่ายเสียงคนเสียงช้าง, 2564) สาเหตุของความขัดแย้งนี้มาจากพื้นที่หากินที่เหมาะสมของช้างป่าลดน้อยลง และพื้นที่เกษตรกรรมของพืชเชิงเดี่ยว เช่น ข้าวโพด มันสำปะหลัง หรืออ้อย ในบริเวณใกล้เคียงเพิ่มขึ้น ทำให้ช้างป่าบางตัวเลือกที่จะออกมาหากินในพื้นที่

เกษตรกรรมและพื้นที่ชุมชนรอบ ๆ พื้นที่ป่าแทน ส่งผลให้เกิดความเสียหายทั้งพืชพรรณ ทรัพย์สินมีค่า รวมถึงผู้คนด้วย

จังหวัดฉะเชิงเทรา เป็นจังหวัดที่มีความหลากหลายทางชีวภาพและมีความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน ที่เป็นถิ่นที่อาศัยและแหล่งอาหารที่สำคัญของช้างป่า เนื่องจากอุดมไปด้วยแหล่งน้ำ แหล่งโป่ง และมีสภาพพื้นที่ป่าอันเหมาะสมต่อการดำรงชีพของช้างป่า แต่ในปัจจุบันการลดลงและความเสื่อมโทรมของพื้นที่ป่า ก่อให้เกิดปัญหาช้างป่าออกนอกพื้นที่ในจังหวัดฉะเชิงเทรา เนื่องจากกลุ่มป่าตะวันออกที่เป็นจุดที่พบปัญหาความขัดแย้งระหว่างคนกับช้างป่ามากที่สุดในประเทศไทย (มูลนิธิสืบนาคะเสถียร, 2020) ซึ่งเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า เขาอ่างฤาไน อยู่ในกลุ่มป่าตะวันออก ส่งผลให้ชุมชนรอบพื้นที่กันชนของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน ได้รับผลกระทบจากการที่ช้างป่าออกมาทำลายพืชผลเกษตร เนื่องจากรอบพื้นที่กันชนของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไนเป็นพื้นที่รับผลกระทบจากช้างก่อน รวมถึงเป็นพื้นที่เพื่อการเกษตร และที่อยู่อาศัย ที่มีการสัญจรของประชาชนในท้องถิ่น จนกลายเป็นปัญหาความขัดแย่งระหว่างคนกับช้างป่าและทวีความรุนแรงขึ้นตามลำดับ

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยมีความประสงค์ที่จะศึกษาความคิดเห็นของประชาชนในพื้นที่กันชนที่มีต่อปัญหาช้างป่า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทรา จึงให้ความสำคัญในการเข้าใจปัญหาและความต้องการของประชาชนบ้านอ่างเสือดำ หมู่ที่ 7 และบ้านคลองมะหาด หมู่ที่ 14 ตำบลท่าตะเกียบ อำเภอท่าตะเกียบ จังหวัดฉะเชิงเทรา เนื่องจากเป็นหมู่บ้านที่อยู่บริเวณพื้นที่กันชนของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน โดยคำนึงถึงเสียงและผลประโยชน์ของชุมชนท้องถิ่น และเป็นแนวทางในการส่งเสริมการอยู่ร่วมกันระหว่างคนกับช้างป่าบริเวณพื้นที่กันชนของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไนอย่างยั่งยืน จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษาเกี่ยวกับความคิดเห็นของประชาชนในพื้นที่ รวมถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กับความคิดเห็นของประชาชนที่มีต่อเรื่องนี้ ทั้งนี้ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติในอนาคตที่เหมาะสม อันจะช่วยลดปัญหาความขัดแย้งระหว่างคนกับช้างป่า ซึ่งจะเป็นผลดีต่อประชาชนในพื้นที่ทั้งทางด้านความมั่นคงทางเศรษฐกิจ สังคม ตลอดจน ความยั่งยืนของทรัพยากรธรรมชาติ และคุณภาพที่ดีของสิ่งแวดล้อมต่อไป

งานวินี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคม ระดับความคิดเห็น และปัจจัยที่มีผลต่อความคิดเห็นของประชาชนในพื้นที่กันชนที่มีต่อปัญหาช้างป่าเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทรา

สมมติฐานการวิจัย คือ ประชาชนในพื้นที่กันชนที่มีเพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพหลัก รายได้รวมต่อปี ระดับความเสียหายที่เกิดจากช้างป่า ประสบการณ์การแก้ไขปัญหาช้างป่า การใช้งานอุปกรณ์ป้องกันการเข้ามาในพื้นที่ของช้าง ชนิดพืชเกษตรที่ปลูก และประชาชนที่มีความรู้เกี่ยวกับอาหารของช้างป่าต่างกัน มีความคิดเห็นต่อปัญหาช้างป่า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทรา แตกต่างกัน

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ ใช้วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม โดยทำการศึกษาประชาชนที่ตั้งบ้านเรือนอยู่อาศัยในบ้านอ่างเสือดำ หมู่ที่ 7 และบ้านคลองมะหาด หมู่ที่ 14 ตำบลท่าตะเกียบ อำเภอท่าตะเกียบ จังหวัดฉะเชิงเทรา รวม 2 หมู่บ้าน จำนวน 569 ครัวเรือน มีวิธีการวิจัย ดังต่อไปนี้

การกำหนดประชากรกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรศึกษาของการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ (1) บ้านอ่างเสือดำ หมู่ที่ 7 จำนวน 366 ครัวเรือน และ (2) บ้านคลองมะหาด หมู่ที่ 14 ตำบลท่าตะเกียบ จำนวน 203 ครัวเรือน รวมจำนวนทั้งสิ้น 569 ครัวเรือน (สำนักบริหารการทะเบียน, 2568) ซึ่งเป็นหมู่บ้านที่อยู่ใกล้เคียงกับพื้นที่ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทรา

2. การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างของการศึกษาวิจัย โดยใช้จำนวนครัวเรือนของราษฎรที่เป็นประชากรศึกษาของทั้ง 2 หมู่บ้าน จำนวน 569 ครัวเรือน มาคำนวณหาขนาดกลุ่มตัวอย่าง ใช้สูตรคำนวณของ Yamane (1973) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ดังสมการ (1)

$$\mathbf{n = \frac{N}{1+Ne^2}} \qquad (1)$$

กำหนดให้ n = จำนวนครัวเรือนประชาชนตัวอย่างของการศึกษา

e = ค่าความคลาดเคลื่อนของการศึกษา กำหนดไว้ที่ระดับ 0.05

N = จำนวนครัวเรือนประชาชนทั้งสองหมู่บ้าน (569 ครัวเรือน)

แทนค่าในสูตรได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 234.88 ครัวเรือน เมื่อนำมาปัดเศษให้เป็นจำนวนเต็มได้เท่ากับ 235 ครัวเรือน แต่การศึกษาในครั้งนี้ มีหมู่บ้านเป้าหมาย 2 หมู่บ้าน ดังนั้น การเก็บข้อมูลจากกลุ่มประชากรตัวอย่างต้องเก็บข้อมูลกับครัวเรือนแต่ละหมู่บ้านแบบชั้นภูมิ (stratified random sampling) ตามสัดส่วน (proportional allocation) ของแต่ละหมู่บ้าน ดังนี้ (1) บ้านอ่างเสือดำ หมู่ที่ 7 จำนวน 151 ครัวเรือน และ (2) บ้านคลองมะหาด หมู่ที่ 14 จำนวน 84 ครัวเรือน

เครื่องมือในการศึกษา

1. ผู้ศึกษาวิจัยได้สร้างแบบสอบถามสำหรับใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลจากประชากรตัวอย่าง กำหนดเนื้อหาในแบบสอบถามออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคมของประชาชนในพื้นที่กันชน เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทรา

ส่วนที่ 2 ความรู้ของประชาชนในพื้นที่กันชนเกี่ยวกับช้างป่า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทรา

ส่วนที่ 3 ระดับความคิดเห็นของประชาชนในพื้นที่กันชนที่มีต่อปัญหาช้างป่า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทรา

ส่วนที่ 4 ปัญหา และข้อเสนอแนะของประชาชนในพื้นที่กันชนที่เกี่ยวข้องกับปัญหาช้างป่า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทรา

2. การทดสอบแบบสอบถาม มีขั้นตอนการดำเนินการ ดังต่อไปนี้

2.1 การทดสอบความตรงเชิงเนื้อหา (content viability) โดยการนำแบบสอบถามที่จัดทำขึ้นไปนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบสอบถามในเบื้องต้น

2.2 การทดสอบแบบสอบถาม นำแบบสอบถาม จำนวน 30 ชุด และไปทดลองใช้ (pre-test) กับประชาชนที่มีปัญหาช้างป่าในพื้นที่ หมู่ 23 หมู่บ้านท่ามะนาว ตำบลคลองตะเกรา อำเภอท่าตะเกียบ จังหวัดฉะเชิงเทรา ซึ่งมีสภาพพื้นที่ใกล้เคียงกับหมู่บ้านที่ทำการศึกษาเพื่อทดสอบหาค่าความเชื่อมั่น (reliability analysis) และทดสอบความตรงเชิงเนื้อหา (content viability) ของคำถาม ตัวแปรตาม และตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือด้วยวิธีการของ Cronbach's alpha (พวงรัตน์, 2540) โดยค่าความเชื่อมั่นที่ได้ต้องมีค่าไม่น้อยว่า 0.80 รวมถึงการทดสอบความเชื่อมั่นของแบบสอบถามความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ โดยใช้ KR - 20 ตามสูตรของ คูเดอร์ – ริชาร์จสัน ค่าความเชื่อมั่นที่ได้ต้องมีค่าไม่น้อยว่า 0.80 ผลการทดสอบได้ค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.886 และ 0.825 ตามลำดับ

การวัดระดับความคิดเห็น

การวัดระดับความคิดเห็นของประชาชนในพื้นที่กันชนที่มีต่อปัญหาช้างป่า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทรา สามารถวัดโดยใช้คำถามในส่วนที่ 3 ของแบบสอบถาม ซึ่งคำถามเป็นมาตรวัดแบบประเมินค่าตามแบบของ Likert's Scale (พรเพ็ญ, 2531) โดยคำถามแต่ละข้อมีคำตอบให้เลือกตอบ 5 ตัวเลือก หรือ 5 ระดับกำหนดค่าการให้คะแนนของคำตอบแต่ละตัวเลือก ดังนี้ เห็นด้วยมากที่สุด 5 คะแนน เห็นด้วยมาก 4 คะแนน เห็นด้วยปานกลาง 3 คะแนน เห็นด้วยน้อย 2 คะแนน เห็นด้วยน้อยที่สุด 1 คะแนน

จากเกณฑ์การให้คะแนนดังกล่าว สามารถจัดแบ่งอันตรภาคชั้นออกเป็น 5 ชั้น เพื่อบ่งบอกระดับความคิดเห็นของประชาชนในพื้นที่กันชนที่มีต่อปัญหาช้างป่า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทราในภาพรวม รายด้าน หรือเป็นรายข้อ ซึ่งการแบ่งอันตรภาคชั้นกำหนดได้ ดังสมการ (2)

อันตรภาคชั้น = (คะแนนสูงที่สุด-คำแนนต่ำที่สุด)/จำนวนชั้น (2)

= (5-1)/5 = 0.80

จากค่าอันตรภาคชั้นข้างต้น สามารถนำมากำหนดความหมายระดับความคิดเห็นของประชาชนในพื้นที่กันชนที่มีต่อปัญหาช้างป่า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยความหมายระดับความคิดเห็นของประชาชนในพื้นที่กันชนที่มีต่อปัญหาช้างป่า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทรา แต่ละอันตรภาคชั้นสามารถแปลความหมายได้ ดังต่อไปนี้ ระดับน้อยที่สุด (ค่าเฉลี่ย 1 - 1.80) ระดับค่อนข้างน้อย (ค่าเฉลี่ย 1.81 - 2.60) ระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 2.61 - 3.40) ระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.41 - 4.20) และระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.21-5.00)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

นำแบบสอบถามที่จัดสร้างขึ้น ซึ่งผ่านการทดสอบและแก้ไขข้อบกพร่องเป็นที่เรียบร้อยแล้วไปเก็บข้อมูลกับประชาชนตัวอย่างในพื้นที่หมู่บ้านเป้าหมายและจำนวนที่คำนวณได้ ใช้วิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (stratified random sampling) โดยกระจายการเก็บข้อมูลของแต่ละหมู่บ้านตามสัดส่วนที่เหมาะสม ด้วยวิธีการ

สุ่มตัวอย่างจากกลุ่มย่อยแต่ละกลุ่ม เพื่อเป็นข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างที่จะศึกษาอย่างเหมาะสม (proportional allocation) ของแต่ละหมู่บ้าน ดังนี้ บ้านอ่างเสือดำ หมู่ที่ 7 จำนวน 151 ครัวเรือน และบ้านคลองมะหาด หมู่ที่ 14 จำนวน 84 ครัวเรือน

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำแบบสอบถามที่รวบรวมมาตรวจสอบความถูกต้องและความสมบูรณ์ทุกฉบับ (editing) ทำการลงรหัส (coding) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ และโปรแกรมสำเร็จรูปทางสังคมศาสตร์จำแนกการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน คือ การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา และการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐานของการศึกษา ดังต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์เชิงพรรณนา (descriptive analysis) เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะทางเศรษฐกิจ สังคม และระดับความคิดเห็นของประชาชนในพื้นที่กันชนที่มีต่อปัญหาช้างป่า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทรา นำเสนอข้อมูลในรูปตารางประกอบคำอธิบาย พร้อมแสดงค่าสถิติอย่างง่าย ได้แก่ ค่าความที่ (frequency) ค่าร้อยละ (percentage) ค่าสูงสุด (maximum) ค่าต่ำสุด (minimum) ค่าเฉลี่ย (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)

2. การวิเคราะห์สมมติฐาน เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อความคิดเห็นของประชาชนในพื้นที่กันชนที่มีต่อปัญหาช้างป่า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทรา ใช้สถิติ t-test กับตัวแปรอิสระที่แบ่งกลุ่มออกเป็น 2 กลุ่ม และใช้สถิติ F-test กับตัวแปรอิสระที่แบ่งกลุ่มตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไป กำหนดนัยสำคัญทางสถิติไว้ที่ระดับ 0.05 (p-value = 0.05) หรือมีความเชื่อมั่นทางสถิติร้อยละ 95 และการวิเคราะห์เปรียบเทียบพหูคูณ (Multiple comparison test) ด้วยวิธีการของ Scheffe (Scheffe's method) (บุญเรียง, 2542)

ผลการวิจัย

ลักษณะทางเศรษฐกิจ สังคม และข้อมูลทั่วไปของประชาชนตัวอย่าง ผลการศึกษาพบว่า ประชาชนที่ทำการศึกษาส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 55.32) มีอายุระหว่าง 31-40 ปี (ร้อยละ 26.81) มีอายุเฉลี่ย 48.09 ปี ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับประถมศึกษา (ร้อยละ 34.47) และมีอาชีพปลูกพืช เป็นอาชีพหลัก (ร้อยละ 72.34) มีรายได้รวมต่อปีต่ำกว่า 50,000 บาท (ร้อยละ 44.68) รายได้รวมต่อปีเฉลี่ย 82,546.72 บาท ส่วนใหญ่ได้รับความเสียหายจากช้างป่าในระดับมาก (ร้อยละ 63.83) และมีประสบการณ์ในการแก้ไขปัญหาช้างป่า (ร้อยละ 57.45) ส่วนใหญ่เคยใช้งานอุปกรณ์ป้องกันการเข้ามาในพื้นที่ของช้างป่า (ร้อยละ 84.26) โดยใช้ระเบิดลูกบอลมากที่สุด (ร้อยละ 45.07) ชนิดพืชเกษตรที่ปลูกส่วนใหญ่เป็นมันสำปะหลัง (ร้อยละ 22.13) และมีความรู้เกี่ยวกับช้างป่ามาก (ร้อยละ 64.26)

ระดับความคิดเห็นของประชาชนในพื้นที่กันชนที่มีต่อปัญหาช้างป่า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทรา พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.68 หมายความว่า ประชาชนที่ทำการศึกษามีความคิดเห็นต่อปัญหาช้างป่า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทราในระดับมาก และเมื่อจำแนกเป็นรายด้าน พบว่า ประชาชนมีความคิดเห็นต่อปัญหาช้างป่า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทรา ดังนี้ (1)

ผลกระทบจากปัญหาช้างป่าอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 3.93 (2) แนวทางการแก้ไขปัญหาช้างป่าบุกรุกพื้นที่อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 3.44

ปัจจัยที่มีผลต่อความคิดเห็นของประชาชนในพื้นที่กันชนที่มีต่อปัญหาช้างป่า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทรา พบว่า ระดับการศึกษา อาชีพหลัก รายได้รวมต่อปี ระดับความเสียหายที่เกิดจากช้างป่า ประสบการณ์ในการแก้ไขปัญหาช้างป่า และชนิดพืชเกษตรที่ปลูก เป็นปัจจัยที่มีผลต่อความคิดเห็นของประชาชนในพื้นที่กันชนที่มีต่อปัญหาช้างป่า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทรา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และปัจจัยด้านเพศ อายุ การใช้งานอุปกรณ์ป้องกันการเข้ามาในพื้นที่ของช้างป่า และความรู้เกี่ยวกับช้างป่า ไม่มีผลต่อความคิดเห็นของประชาชนในพื้นที่กันชนที่มีต่อปัญหาช้างป่า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทรา ทั้งนี้ รายละเอียดผลการทดสอบสมมติฐานดังกล่าวข้างต้น แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปปัจจัยที่มีผลและไม่มีผลต่อความคิดเห็นของประชาชนในพื้นที่กันชนที่มีต่อปัญหาช้างป่า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทรา

ตัวแปรอิสระ	t-test	F-test	p-value
1. เพศ	0.25		0.37
2. อายุ		1.67	0.16
3. ระดับการศึกษา		7.75	**0.00****
4. อาชีพหลัก		3.21	**0.02***
5. รายได้รวมต่อปี		6.34	**0.00****
6. ระดับความเสียหายที่เกิดจากช้างป่า		9.43	**0.00****
7. ประสบการณ์ในการแก้ไขปัญหาช้างป่า	-2.33		**0.04***
8. การใช้งานอุปกรณ์ป้องกันการเข้ามาในพื้นที่ของช้างป่า	1.84		0.35
9. ชนิดพืชเกษตรที่ปลูก		3.41	**0.00****
10. ความรู้เกี่ยวกับช้างป่า	-1.14		0.64

หมายเหตุ: *มีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ **มีระดับนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 0.01

วิจารณ์ผล

1. ระดับการศึกษา เป็นปัจจัยที่มีผลต่อความคิดเห็นของประชาชนในพื้นที่กันชนที่มีต่อปัญหาช้างป่า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทรา จึงนำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบพหูคณ ด้วยวิธีการของ Scheffe พบว่าคู่ของประถมศึกษากับมัธยมต้น คู่ของประถมศึกษากับปวส./อนุปริญญา และคู่ของประถมศึกษา

กับปริญญาตรี มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นกลุ่มประชากรที่มีระดับการศึกษาต่างกัน มีความคิดเห็นต่อปัญหาช้างป่า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทราแตกต่างกัน จากการตรวจเอกสารพบว่าไม่สอดคล้องกับการศึกษาของนิวัติ (2556) เรื่อง ความคิดเห็นของราษฎรท้องถิ่นต่อแนวทางการแก้ไขปัญหาช้างป่าในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน อำเภอวังสมบูรณ์ จังหวัดสระแก้ว และการศึกษาของนภาวดี (2560) เรื่อง ความคิดเห็นของประชาชนต่อการแก้ไขปัญหาความขัดแย้งของคนกับช้างป่าโดยการขุดคู บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทรา เนื่องจากประชาชนที่มีระดับการศึกษาต่างกัน มีความคิดเห็นต่อปัญหาช้างป่าในพื้นที่แตกต่างกัน

2. อาชีพหลัก เป็นปัจจัยที่มีผลต่อความคิดเห็นของประชาชนในพื้นที่กันชนที่มีต่อปัญหาช้างป่า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทรา จึงนำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบพหูคณ ด้วยวิธีการของ Scheffe พบว่าคู่ของอาชีพรับจ้างกับข้าราชการ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นกลุ่มประชากรที่มีอาชัพหลักต่างกัน มีความคิดเห็นต่อปัญหาช้างป่า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทราแตกต่างกัน จากการตรวจเอกสารพบว่าสอดคล้องกับการศึกษาของนิวัติ (2556) เรื่อง ความคิดเห็นของราษฎรท้องถิ่นต่อแนวทางการแก้ไขปัญหาช้างป่าในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน อำเภอวังสมบูรณ์ จังหวัดสระแก้ว แต่ไม่สอดคล้องกับการศึกษาของนภาวดี (2560) เรื่อง ความคิดเห็นของประชาชนต่อการแก้ไขปัญหาความขัดแย้งของคนกับช้างป่าโดยการขุดคู บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทรา

3. รายได้รวมต่อปี เป็นปัจจัยที่มีผลต่อความคิดเห็นของประชาชนในพื้นที่กันชนที่มีต่อปัญหาช้างป่า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทรา จึงนำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบพหูคณ ด้วยวิธีการของ Scheffe พบว่าคู่ของรายได้รวมน้อยกว่า 50,000 บาทต่อปีกับรายได้รวมระหว่าง 50,000 – 100,000 บาทต่อปี และรายได้รวมระหว่าง 50,000 – 100,000 บาทต่อปี กับรายได้รวมมากกว่า 100,000 บาทต่อปี มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นกลุ่มประชากรที่มีรายได้รวมต่อปีต่างกัน มีความคิดเห็นต่อปัญหาช้างป่า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทราแตกต่างกัน จากการตรวจเอกสารพบว่าสอดคล้องกับการศึกษาของนิวัติ (2556) เรื่อง ความคิดเห็นของราษฎรท้องถิ่นต่อแนวทางการแก้ไขปัญหาช้างป่าในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน อำเภอวังสมบูรณ์ จังหวัดสระแก้ว และการศึกษาของทิพย์วรรณ (2567) ได้ศึกษาการจัดการปัญหาช้างป่าบุกรุกพื้นที่ทำกินโดยการมีส่วนร่วมของประชาชนในตำบลป่าเด็ง อำเภอแก่งกระจาน จังหวัดเพชรบุรี

4. ระดับความเสียหายที่เกิดจากช้างป่า เป็นปัจจัยที่มีผลต่อความคิดเห็นของประชาชนในพื้นที่กันชนที่มีต่อปัญหาช้างป่า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทรา จึงนำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบพหูคณ ด้วยวิธีการของ Scheffe พบว่าคู่ของระดับความเสียหายมากกับน้อย และระดับความเสียหายปานกลางกับน้อย มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นกลุ่มประชากรที่มีระดับความเสียหายที่เกิดจากช้างป่าต่างกัน มีความคิดเห็นต่อปัญหาช้างป่า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทราแตกต่างกัน จากการตรวจเอกสารพบว่าสอดคล้องกับการศึกษาของนภาวดี (2560) เรื่อง ความคิดเห็นของประชาชนต่อการแก้ไขปัญหาความขัดแย้งของคนกับช้างป่าโดยการขุดคู บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทรา

5. ประสบการณ์ในการแก้ไขปัญหาช้างป่า เป็นปัจจัยที่มีผลต่อความคิดเห็นของประชาชนในพื้นที่กันชนที่มีต่อปัญหาช้างป่า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทรา ดังนั้นกลุ่มประชากรที่มีประสบการณ์ในการแก้ไขปัญหาช้างป่าต่างกัน มีความคิดเห็นต่อปัญหาช้างป่า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทราแตกต่างกัน จากการตรวจเอกสารพบว่าสอดคล้องกับการศึกษาของนิวัติ (2556) เรื่อง ความคิดเห็นของราษฎรท้องถิ่นต่อแนวทางการแก้ไขปัญหาช้างป่าในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน อำเภอวังสมบูรณ์ จังหวัดสระแก้ว

6. ชนิดพืชเกษตรที่ปลูก เป็นปัจจัยที่มีผลต่อความคิดเห็นของประชาชนในพื้นที่กันชนที่มีต่อปัญหาช้างป่า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทรา จึงนำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบพหูคณ ด้วยวิธีการของ Scheffe พบว่าคู่ของข้าวกับมันสำปะหลัง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นกลุ่มประชากรที่มีชนิดพืชเกษตรที่ปลูกต่างกัน มีความคิดเห็นต่อปัญหาช้างป่า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทราแตกต่างกัน จากการตรวจเอกสารพบว่าไม่สอดคล้องกับการศึกษาของนิวัติ (2556) เรื่อง ความคิดเห็นของราษฎรท้องถิ่นต่อแนวทางการแก้ไขปัญหาช้างป่าในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน อำเภอวังสมบูรณ์ จังหวัดสระแก้ว เนื่องจากประชาชนที่ปลูกพืชต่างชนิดกัน มีความคิดเห็นต่อปัญหาช้างป่าในพื้นที่แตกต่างกัน

สรุปผล

1. ลักษณะทางเศรษฐกิจ สังคม และข้อมูลทั่วไปของประชาชนตัวอย่าง จากผลการศึกษาสรุปได้ว่า ประชาชนที่ทำการศึกษาส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุเฉลี่ย 48.09 ปี สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษา มีอาชีพปลูกพืชเป็นอาชีพหลัก มีรายได้รวมต่อปีเฉลี่ย 82,546.72 บาท ส่วนใหญ่ได้รับความเสียหายจากช้างป่าในระดับมาก และมีประสบการณ์ในการแก้ไขปัญหาช้างป่า รวมถึงเคยใช้งานอุปกรณ์ป้องกันการเข้ามาในพื้นที่ของช้างป่า โดยมีการใช้งานระเบิดลูกบอลมากที่สุด พืชเกษตรที่ปลูกส่วนใหญ่เป็นมันสำปะหลัง และมีความรู้เกี่ยวกับช้างป่ามาก

2. ระดับความคิดเห็นของประชาชนในพื้นที่กันชน

ที่มีต่อปัญหาช้างป่า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทรา จากผลการศึกษาสรุปได้ว่า ประชาชนมีความคิดเห็นต่อปัญหาช้างป่าในพื้นที่กันชน เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทราในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.68 จำแนกเป็น (1) ผลกระทบจากปัญหาช้างป่าอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 3.93 (2) แนวทางการแก้ไขปัญหาช้างป่าบุกรุกพื้นที่อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 3.44

3. ปัจจัยที่มีผลต่อความคิดเห็นของประชาชนในพื้นที่กันชนที่มีต่อปัญหาช้างป่า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทรา จากผลการศึกษาสรุปได้ว่า (1) ระดับการศึกษา อาชีพหลัก รายได้รวมต่อปี ระดับความเสียหายที่เกิดจากช้างป่า ประสบการณ์ในการแก้ไขปัญหาช้างป่า และชนิดพืชเกษตรที่ปลูก เป็นปัจจัยที่มีผลต่อความคิดเห็นของประชาชนในพื้นที่กันชนที่มีต่อปัญหาช้างป่า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทรา (2) เพศ อายุ การใช้งานอุปกรณ์ป้องกันการเข้ามาในพื้นที่ของช้างป่า และความรู้เกี่ยวกับช้างป่า เป็น

ปัจจัยที่ไม่มีผลต่อความคิดเห็นของประชาชนในพื้นที่กันชนที่มีต่อปัญหาช้างป่า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทรา

เอกสารอ้างอิง

เครือข่ายเสียงคนเสียงช้าง. 2564. ความรู้ทั่วไปเรื่องช้างป่าเอเชีย. แหล่งข้อมูล: https://humanelephantvoices.org/about-asian-elephants/ ค้นเมื่อ 22 กุมภาพันธ์ 2568.

ทิพย์วรรณ ทิพย์สูตร. 2567. การจัดการปัญหาช้างป่าบุกรุกพื้นที่ทำกินโดยการมีส่วนร่วมของประชาชนในตำบลป่าเด็ง อำเภอแก่งกระจาน จังหวัดเพชรบุรี. วารสารการจัดการการเมืองการปกครองและท้องถิ่น, 2(1), 40-47.

นภาวดี สงค์มณี. 2560. ความคิดเห็นของราษฎรต่อการแก้ไขปัญหาความขัดแย้งของคนกับช้างป่าโดยการขุดคูบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทรา. วารสารวนศาสตร์, 36(2), 107-118.

นิวัติ ศรีจามร. 2556. ความคิดเห็นของราษฎรท้องถิ่นต่อแนวทางการแก้ไขปัญหาช้างป่าในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน อำเภอวังสมบูรณ์ จังหวัดสระแก้ว. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

บุญเรียง ขจรศิลป์. 2542. สถิติวิจัย 1. พี เอ็น การพิมพ์, กรุงเทพฯ.

ประภาเพ็ญ สุวรรณ. 2526. ทัศนคติ: การวัดการเปลี่ยนแปลงและพฤติอนามัย. สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช, กรุงเทพฯ.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540. วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

มูลนิธิสืบนาคะเสถียร. 2020. แผนแก้ปัญหาช้างป่าออกนอกพื้นที่ เขาอ่างฤาไน กับแนวคิดการอยู่ร่วมกันอย่างยั่งยืนของ "คนกับช้างป่า". แหล่งข้อมูล: https://www.seub.or.th/bloging/news/%E0%B9%81E0%B8%9C%E0%B8%99%E0%B9%81%E0%B8%81%E0%B9%89%E0%B8%9B%E0%B8%B1%E0%B8%8D%E0%B8%AB%E0%B8%B2%E0%B8%8A%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B8%87%E0%B8%9B%E0%B9%88%E0%B8%B2-%E0%B9%80%E0%B8%82%E0%B8%B2%E0%B8%AD/ ค้นเมื่อค้นเมื่อ 22 กุมภาพันธ์ 2568.

สำนักบริหารการทะเบียน. 2568. สถิติจำนวนบ้าน. แหล่งข้อมูล:https://stat.bora.dopa.go.th/stat/statnew/statMONTH/statmonth/#/view. ค้นเมื่อ 2 มีนาคม 2568.

Yamane, T. 1973. Statistics: An introductory analysis. 3rd eds., Harper International Edition, Tokyo.

การมีส่วนร่วมของราษฎรในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทรา

People Participation in Forest Resource Conservation Khao Ang Rue Nai Wildlife Sanctuary, Chachoengsao Province

สุชาดา หมวดเอียด[1*] กิติชัย รัตนะ[1] อภิชาต ภัทรธรรม[1]

Suchada Muadaiad[1*], Kitichai Rattana[1], Apichart Pattaratuma[1]

[1] คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[1] Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author E-mail: suchada.muad@ku.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคม ระดับการมีส่วนร่วม และปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของราษฎรในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ บริเวณเขตกันชนเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทรา การศึกษาในครั้งนี้รวบรวมโดยใช้แบบสอบถาม ในช่วงเดือนมีนาคม 2568 ถึงเดือนเมษายน 2568 รวมจำนวน 235 คน โดยวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน ได้แก่ ค่าสถิติ t-test และค่าสถิติ F-test กำหนดนัยสำคัญทางสถิติไว้ที่ระดับ 0.05 (p-value = 0.05)

ผลการศึกษา พบว่า ราษฎรที่ทำการศึกษาส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุเฉลี่ย 48.85 ปี ส่วนใหญ่สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษา มีอาชีพเกษตรกร (ทำไร่/ทำนา/เลี้ยงสัตว์) เป็นอาชีพหลัก มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนประมาณ 3-5 คน รายได้เฉลี่ยต่อปี 101,739.57 บาท ส่วนใหญ่มีความคุ้นเคยกับเจ้าหน้าที่ป่าไม้ และได้รับข่าวสารเกี่ยวกับการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ มีราษฎรส่วนน้อยที่เคยเข้าร่วมการฝึกอบรม หรือกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ และมีความรู้เกี่ยวกับการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ในระดับปานกลาง (ร้อยละ 72.77) ราษฎรมีส่วนร่วมของราษฎรในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทรา ในระดับน้อย (2.59) ส่วนปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของราษฎรในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทรา ได้แก่ ระดับการศึกษา จำนวนสมาชิกในครัวเรือน รายได้รวมต่อปี ความคุ้นเคยกับเจ้าหน้าที่ป่าไม้ และความรู้เกี่ยวกับการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้และปัจจัยที่ไม่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของราษฎรในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทรา ได้แก่ เพศ อายุ อาชีพหลัก การได้รับข่าวสารเกี่ยวกับการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ และการเข้าร่วมการฝึกอบรม หรือกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้

คำสำคัญ : การมีส่วนร่วม ราษฎร การอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน

Abstract

The objectives of this study were examined the socio-economic characteristics, participation levels, and factors affecting people participation in forest resource conservation Khao Ang Rue Nai Wildlife Sanctuary, Chachoengsao Province. The data were collected using the designed questionnaires and interviewed 235 persons between March 2025 to April 2025. Statistical analysis methods employed for the hypothesis test were t-test and F-test by level at 0.05 significance level. (p-value = 0.05)

The study found that most of the respondents were female, with an average age was 48.85 years. The majority had primary education with main career were agriculture, an average household member was 3–5 persons with an average annual income was 101,739.57 baht. Most of them were familiarity with forest officer and received information about forest resource conservation some of them had participating in training or activities related to forest resource conservation. Knowledge related to forest resource conservation was at moderate level (72.77 percent). People participation in forest resource conservation low level (2.59). The factors affecting in forest resource conservation were educational level, number of household members, annual income, familiarity with forest officer, and knowledge related to forest resource conservation. The factors none affecting were gender, age, main career, received information about forest resource conservation, and participating in training or activities related to forest resource conservation.

Keywords : Participation, People, Forest Resource Conservation, Khao Ang Rue Nai Wildlife Sanctuary

บทนำ

ในปัจจุบัน ทรัพยากรป่าไม้ของประเทศไทยมีความเสื่อมโทรมและลดจำนวนลงอย่างต่อเนื่อง เนื่องมาจากการถูกบุกรุกทำลายพื้นที่ป่า การขยายตัวของเขตเมือง ส่งผลให้สภาพพื้นที่ป่าถูกรบกวนและถูกบุกรุกทำลายให้ลดน้อยลง และการเพิ่มจำนวนของประชากรในประเทศส่งผลต่อความต้องการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรป่าไม้ในทิศทางที่เพิ่มขึ้น การลดลงของพื้นที่ป่าไม้นี้ ทำให้เกิดความแห้งแล้ง ฝนไม่ตกตามฤดูกาล ในช่วงน้ำหลากเกิดน้ำท่วมฉับพลัน รวมถึงการชะล้างพังทลายของดินอย่างรุนแรง จึงมีความจำเป็นต้องมีการจัดการอย่างเร่งด่วนและต่อเนื่องเพื่ออนุรักษ์และฟื้นฟูความหลากหลายของทรัพยากรป่าไม้ โดยเน้นการมีส่วนร่วมของราษฎร จำเป็นต้องหารูปแบบ วิธีการสงวน อนุรักษ์ และฟื้นฟูทรัพยากรป่าไม้ที่เหมาะสม การใช้แนวทางการมีส่วนร่วมของราษฎรในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่า จึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมและสมควรได้รับการส่งเสริมสนับสนุน เพื่อใช้เป็นแนวทางที่นำไปสู่การปฏิบัติให้มากที่สุดต่อไป

จังหวัดฉะเชิงเทรา เป็นจังหวัดที่มีลักษณะภูมิประเทศที่หลากหลาย ส่งผลให้มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง มีความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรป่าไม้ มีมีเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน เป็นพื้นที่ป่าอนุรักษ์ที่สำคัญ เป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มป่าตะวันออก เป็นป่ารอยต่อ 5 จังหวัด ส่งผลให้มีความหลากหลายของทรัพยากรป่าไม้ มีป่าหลายชนิด ได้แก่ ป่าดงดิบแล้ง ป่าดิบชื้น ป่าเบญจพรรณ ป่าฟื้นฟูตามธรรมชาติ และป่าทุ่ง (ระบบบัญชีข้อมูล กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, 2567) ซึ่งในปัจจุบันเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไนพบปัญหาการลักลอบตัดไม้และการทำไม้ ได้แก่ ไม้พะยูง การบุกรุกพื้นที่ และพื้นที่โดยรอบเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน มีชุมชนที่อยู่อาศัยและทำกิน (กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, 2567) จำนวนหลายหมู่บ้าน เช่น บ้านอ่างเสือดำ หมู่ที่ 7 และบ้านคลองมะหาด หมู่ที่ 14 ตำบลท่าตะเกียบ อำเภอท่าตะเกียบ จังหวัดฉะเชิงเทรา เป็นหมู่บ้านที่อยู่ติดกับพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน ทำให้หมู่บ้านดังกล่าวมีความใกล้ชิดกับทรัพยากรป่าไม้ของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า และมีบทบาทในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ ในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทรา

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาถึงการมีส่วนร่วมของราษฎรบ้านอ่างเสือดำ และบ้านคลองมะหาด เพื่อต้องการทราบว่า ปัจจุบันราษฎรในพื้นที่ได้เข้ามามีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ติดกับเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน มากน้อยเพียงใด และมีปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ ตลอดจนการศึกษาถึงสภาพปัญหา และอุปสรรคที่มีอยู่ ในปัจจุบันเพื่อใช้กำหนดหนทางในการจัดการดำเนินการเกี่ยวกับการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไนในอนาคต เพื่อให้ทรัพยากรป่าไม้ในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน มีความอุดมสมบูรณ์ สามารถเอื้อประโยชน์ให้กับราษฎรในพื้นที่และต่อประเทศชาติ ช่วยสร้างงานสร้างรายได้ และใช้เป็นสถานที่ศึกษาหาความรู้ ทางธรรมชาติที่มีคุณค่า ตลอดจนเกิดประโยชน์ต่อชุมชนท้องถิ่นในด้านอื่น ๆ ได้อย่างยั่งยืนสืบต่อไป

งานวินี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคม ระดับการมีส่วนร่วม และปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของราษฎรในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ ติดกับเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทรา

สมมติฐานการวิจัย คือ ราษฎรที่มีอายุ ระดับการศึกษา อาชีพหลัก จำนวนสมาชิกในครัวเรือน รายได้รวมต่อปี ความคุ้นเคยกับเจ้าหน้าที่ป่าไม้ การได้รับข่าวสารเกี่ยวกับการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ การเข้าร่วมการฝึกอบรม หรือกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ และราษฎรที่มีความรู้เกี่ยวกับการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ที่ต่างกัน มีผลต่อการมีการมีส่วนร่วมของราษฎรในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ ติดกับเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทรา แตกต่างกัน

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ ใช้วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม โดยทำการศึกษาราษฎรที่ตั้งบ้านเรือนอยู่อาศัยในบ้านอ่างเสือดำ หมู่ที่ 7 และบ้านคลองมะหาด หมู่ที่ 14 ตำบลท่าตะเกียบ อำเภอท่าตะเกียบ จังหวัดฉะเชิงเทรา รวม 2 หมู่บ้าน จำนวน 569 ครัวเรือน มีวิธีการวิจัย ดังต่อไปนี้

การกำหนดประชากรกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรศึกษาของการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ (1) บ้านอ่างเสือดำ หมู่ที่ 7 จำนวน 366 ครัวเรือน และ (2) บ้านคลองมะหาด หมู่ที่ 14 ตำบลท่าตะเกียบ จำนวน 203 ครัวเรือน รวมจำนวนทั้งสิ้น 569 ครัวเรือน (สำนักบริหารการทะเบียน, 2568) ซึ่งเป็นหมู่บ้านที่อยู่ใกล้เคียงกับพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทรา

2. การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างของการศึกษาวิจัย โดยใช้จำนวนครัวเรือนของราษฎรที่เป็นประชากรศึกษาของทั้ง 2 หมู่บ้าน จำนวน 569 ครัวเรือน มาคำนวณหาขนาดกลุ่มตัวอย่าง ใช้สูตรคำนวณของ Yamane (1973) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ดังสมการ (1)

$$n = \frac{N}{1+Ne^2} \quad (1)$$

กำหนดให้ n = จำนวนครัวเรือนประชาชนตัวอย่างของการศึกษา

e = ค่าความคลาดเคลื่อนของการศึกษา กำหนดไว้ที่ระดับ 0.05

N = จำนวนครัวเรือนประชาชนทั้งสองหมู่บ้าน (569 ครัวเรือน)

แทนค่าในสูตรได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 234.88 ครัวเรือน เมื่อนำมาปัดเศษให้เป็นจำนวนเต็มได้เท่ากับ 235 ครัวเรือน แต่การศึกษาในครั้งนี้ มีหมู่บ้านเป้าหมาย 2 หมู่บ้าน ดังนั้น การเก็บข้อมูลจากกลุ่มประชากรตัวอย่างต้องเก็บข้อมูลกับครัวเรือนแต่ละหมู่บ้านแบบชั้นภูมิ (stratified random sampling) ตามสัดส่วน (proportional allocation) ของแต่ละหมู่บ้าน ดังนี้ (1) บ้านอ่างเสือดำ หมู่ที่ 7 จำนวน 151 ครัวเรือน และ (2) บ้านคลองมะหาด หมู่ที่ 14 จำนวน 84 ครัวเรือน

เครื่องมือในการศึกษา

1. ผู้ศึกษาวิจัยได้สร้างแบบสอบถามสำหรับใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลจากประชากรตัวอย่าง กำหนดเนื้อหาในแบบสอบถามออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ลักษณะทางเศรษฐกิจ สังคม และข้อมูลทั่วไปของราษฎรที่อาศัยติดกับเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทรา

ส่วนที่ 2 ความรู้เกี่ยวกับการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ของราษฎรที่อาศัยติดกับเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทรา

ส่วนที่ 3 การมีส่วนร่วมของราษฎรในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ ติดกับเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทรา

ส่วนที่ 4 ปัญหา และข้อเสนอแนะของราษฎรที่เกี่ยวกับการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ ติดกับเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทรา

2. การทดสอบแบบสอบถาม มีขั้นตอนการดำเนินการ ดังต่อไปนี้

2.1 การทดสอบความตรงเชิงเนื้อหา (content viability) โดยการนำแบบสอบถามที่จัดทำขึ้นไปนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบสอบถามในเบื้องต้น

2.2 การทดสอบแบบสอบถาม โดยการนำแบบสอบถามจำนวน 30 ชุด ไปทดลองใช้ (pre-test) กับราษฎรที่อาศัยอยู่ในหมู่ 20 หมู่บ้านหนองกระทิง ตำบลท่ากระดาน อำเภอสนามชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา ซึ่งที่มีสภาพพื้นที่ใกล้เคียงกับหมู่บ้านที่ทำการศึกษาเพื่อทดสอบหาค่าความเชื่อมั่น (reliability analysis) และทดสอบความตรงเชิงเนื้อหา (content viability) ของคำถาม ตัวแปรตาม และตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือด้วยวิธีการของ Cronbach's alpha (พวงรัตน์, 2540) โดยค่าความเชื่อมั่นที่ได้ต้องมีค่าไม่น้อยว่า 0.80 รวมถึงการทดสอบความเชื่อมั่นของแบบสอบถามความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ โดยใช้ KR - 20 ตามสูตรของ คูเดอร์ – ริชาร์จสัน ค่าความเชื่อมั่นที่ได้ต้องมีค่าไม่น้อยว่า 0.80 ผลการทดสอบได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.944 และ 0.910 ตามลำดับ

การวัดระดับการมีส่วนร่วม

การวัดระดับการมีส่วนร่วมของราษฎรในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ ติดกับเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทรา เป็นการใช้คำถามในส่วนที่ 3 ของแบบสอบถาม มาวัดระดับการมีส่วนร่วม โดยคำถามแต่ละข้อมีคำตอบให้เลือกตอบข้อละ 5 คำตอบ ได้แก่ มีส่วนร่วมมากที่สุด มีส่วนร่วมมาก มีส่วนร่วมปานกลาง มีส่วนร่วมน้อย และมีส่วนร่วมน้อยที่สุด - ไม่มีส่วนร่วม โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนเป็นมาตรวัดตามแบบของ Likert's scale (ประภาเพ็ญ, 2526) คือ 5 4 3 2 และ 1 ตามลำดับ

จากเกณฑ์คะแนนการมีส่วนร่วมดังกล่าว สามารถนำมาจัดแบ่งอันตรภาคชั้นออกเป็น 5 ระดับ เพื่อบ่งบอกระดับการมีส่วนร่วมของราษฎรในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ ติดกับเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทรา ในภาพรวมรายข้อ ซึ่งการแบ่งอันตรภาคชั้นสามารถกำหนดได้ ดังแสดงในสมการ (2)

อันตรภาคชั้น = (คะแนนสูงที่สุด-คำแนนต่ำที่สุด)/จำนวนชั้น (2)

= (5-1)/5 = 0.80

จากนั้นนำคะแนนคำตอบการมีส่วนร่วมแต่ละข้อและทุกข้อของราษฎรทุกรายมาหาค่าเฉลี่ยคำตอบ แล้วนำค่าเฉลี่ยที่ได้ไปเปรียบเทียบกับอันตรภาคชั้นที่กำหนดไว้ ซึ่งระดับการมีส่วนร่วมในแต่ละอันตรภาคชั้นมี 5 ระดับ ได้แก่ ระดับน้อยที่สุด-ไม่มีส่วนร่วม (ค่าเฉลี่ย 1 - 1.80) ระดับค่อนข้างน้อย (ค่าเฉลี่ย 1.81 - 2.60) ระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 2.61 - 3.40) ระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.41 - 4.20) และระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.21-5.00)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

นำแบบสอบถามที่จัดสร้างขึ้นและผ่านการทดสอบข้อบกพร่องเป็นที่เรียบร้อยแล้วไปเก็บข้อมูลปฐมภูมิ (primary data) กับประชากรตัวอย่างในพื้นที่ศึกษาตามจำนวนที่คำนวณได้ โดยใช้วิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (stratified random sampling) โดยกระจายการเก็บข้อมูลของแต่ละหมู่บ้านตามสัดส่วนที่เหมาะสม ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างจากกลุ่มย่อยแต่ละกลุ่ม เพื่อเป็นข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างที่จะศึกษาอย่างเหมาะสม (proportional allocation) ของแต่ละหมู่บ้าน ดังนี้ (1) บ้านอ่างเสือดำ หมู่ที่ 7 จำนวน 151 ครัวเรือน และ (2) บ้านคลองมะหาด หมู่ที่ 14 จำนวน 84 ครัวเรือน

การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการลงรหัส (coding) ข้อมูลในแบบสอบถาม แล้วนำไปวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้คอมพิวเตอร์และโปรแกรมสำเร็จรูปทางสังคมศาสตร์จำแนกผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน ดังต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะทางเศรษฐกิจ สังคม และข้อมูลทั่วไปของราษฎรที่อาศัยติดกับเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยใช้ค่าสถิติอย่างง่าย ประกอบด้วย ค่าความถี่ (frequency) ค่าร้อยละ (percentage) ค่าสูงสุด (maximum) ค่าต่ำสุด (minimum) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) และค่าเฉลี่ย (mean) นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปตาราง ประกอบคำบรรยาย

2. การวิเคราะห์เพื่อทดสอบสมมติฐานแล้วหาปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของราษฎรในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ ติดกับเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยใช้ค่าสถิติ t-test กับตัวแปรอิสระที่แบ่งกลุ่มออกเป็น 2 กลุ่ม และใช้ค่าสถิติ F - test กับตัวแปรอิสระที่แบ่งกลุ่มตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไป รวมถึงการวิเคราะห์เปรียบเทียบพหุคูณ (multiple comparison test) ด้วยวิธีการของ Scheffe (บุญเรียง, 2542) กำหนดนัยสำคัญทางสถิติไว้ที่ระดับ 0.05 (p - value = 0.05)

ผลการวิจัย

1. ลักษณะทางเศรษฐกิจ สังคม และข้อมูลทั่วไปของราษฎรตัวอย่าง ผลการศึกษาพบว่า ราษฎรที่ทำการศึกษาส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 56.17) มีอายุระหว่าง 41-50 ปี (ร้อยละ 25.11) มีอายุเฉลี่ย 48.85 ปี ส่วนใหญ่สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษา (ร้อยละ 46.81) และมีอาชีพเกษตรกร (ทำไร่/ทำนา/เลี้ยงสัตว์) เป็นอาชีพหลัก (ร้อยละ 65.11) มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือน 3-5 คน (ร้อยละ 59.57) มีรายได้รวมต่อปีมากกว่า 100,000 บาท (ร้อยละ 38.30) รายได้รวมต่อปีเฉลี่ย 101,739.57 บาท ส่วนใหญ่มีความคุ้นเคยกับเจ้าหน้าที่ป่าไม้ (ร้อยละ 68.51) และได้รับข่าวสารเกี่ยวกับการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ (ร้อยละ 88.94) ส่วนใหญ่ไม่เคยเข้าร่วมการฝึกอบรม หรือกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ (ร้อยละ 55.32) และส่วนใหญ่มีความรู้เกี่ยวกับการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ปานกลาง (ร้อยละ 72.77)

2. ระดับการมีส่วนร่วมของราษฎรในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทรา พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.59 หมายความว่า ราษฎรที่ทำการศึกษาการมีส่วนร่วมของราษฎรในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทราในระดับน้อย และเมื่อจำแนกเป็นรายด้าน พบว่า การมีส่วนร่วมของราษฎรในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทรา ดังนี้ (1) การมีส่วนร่วมในการศึกษาปัญหาอยู่ในระดับน้อย มีค่าเฉลี่ย 2.50 (2) การมีส่วนร่วมในการวางแผนแก้ไขปัญหาอยู่ในระดับน้อย มีค่าเฉลี่ย 2.59 (3) การมีส่วนร่วมในการนำแผนไปปฏิบัติอยู่ในระดับน้อย มีค่าเฉลี่ย 2.47 (4) การมีส่วนร่วมในการติดตามและประเมินผลอยู่ในระดับน้อย มีค่าเฉลี่ย 2.55 และ (5) การมีส่วนร่วมในการได้รับประโยชน์อยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ย 2.93

3. ปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของราษฎรในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทรา พบว่า ระดับการศึกษา จำนวนสมาชิกในครัวเรือน รายได้รวมต่อปี ความคุ้นเคยกับเจ้าหน้าที่ป่าไม้ และความรู้เกี่ยวกับการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของราษฎรในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทรา อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 0.05 และปัจจัยด้านเพศ อายุ อาชีพหลัก การได้รับข่าวสารเกี่ยวกับการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ และการเข้าร่วมการฝึกอบรม หรือกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ ไม่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของราษฎรในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทรา ทั้งนี้ รายละเอียดผลการทดสอบสมมติฐานดังกล่าวข้างต้น แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปปัจจัยที่มีผลและไม่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของราษฎรในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทรา

ตัวแปรอิสระ	t-test	F-test	p-value
1. เพศ	-0.25		0.87
2. อายุ		0.47	0.76
3. ระดับการศึกษา		4.89	**0.00****
4. อาชีพหลัก		0.07	0.93
5. จำนวนสมาชิกในครัวเรือน		27.72	**0.00****
6. รายได้รวมของหัวหน้าครัวเรือนต่อปี		3.04	**0.04***
7. ความคุ้นเคยกับเจ้าหน้าที่ป่าไม้	-5.36		**0.01****
8. การได้รับข่าวสารเกี่ยวกับการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้	-1.105		0.98
9. การเข้าร่วมการฝึกอบรม หรือกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้	-0.67		0.99
10. ความรู้เกี่ยวกับการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้		4.41	**0.01****

หมายเหตุ: *มีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ **มีระดับนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 0.01

วิจารณ์ผล

1. ระดับการศึกษา เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของราษฎรในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทรา จึงนำปัจจัยดังกล่าวไปวิเคราะห์เปรียบเทียบพหูคณต่อ ด้วยวิธีการของ Scheffe พบว่าคู่ของประถมศึกษากับมัธยมศึกษาตอนปลาย และคู่ของประถมศึกษากับอื่นๆ มีความ

แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นราษฎรที่มีระดับการศึกษาต่างกัน การมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทราแตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของไชยวุฒิ (2565) เรื่อง การมีส่วนร่วมของราษฎรในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้พื้นที่แนวกันชนของอุทยานแห่งชาติเฉลิมพระเกียรติไทยประจัน จังหวัดราชบุรี

2. จำนวนสมาชิกในครัวเรือน เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของราษฎรในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทรา จึงนำปัจจัยดังกล่าวไปวิเคราะห์เปรียบเทียบพหูคณต่อด้วยวิธีการของ Scheffe พบว่าคู่ของจำนวนสมาชิกในครัวเรือน 1-2 คน กับ 3-5 คน จำนวนสมาชิกในครัวเรือน 1-2 คน กับมากกว่า 6 คน และจำนวนสมาชิกในครัวเรือน 3-5 คน กับมากกว่า 6 คน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นราษฎรที่มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนต่างกัน การมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทราแตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของปิยวัฒน์ (2556) เรื่อง การมีส่วนร่วมของราษฎรในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ในพื้นที่หน่วยจัดการต้นน้ำปากพนัง ตำบลหินตก อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช

3. รายได้รวมต่อปี เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของราษฎรในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทราจึงนำปัจจัยดังกล่าวไปวิเคราะห์เปรียบเทียบพหูคณต่อ ด้วยวิธีการของ Scheffe พบว่าคู่ของรายได้รวมน้อยกว่า 50,000 บาทต่อปีกับ มากกว่า 100,000 บาทต่อปี มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นราษฎรที่มีรายได้รวมต่อปีต่างกัน การมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทราแตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของกาญจน์ (2564) เรื่อง การมีส่วนร่วมของราษฎรในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้โครงการบ้านเล็กในป่าใหญ่ อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร

4. ความคุ้นเคยกับเจ้าหน้าที่ป่าไม้ เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของราษฎรในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทรา ดังนั้นราษฎรที่มีความคุ้นเคยกับเจ้าหน้าที่ป่าไม้ต่างกัน การมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทราแตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของไชยวุฒิ (2565) เรื่อง การมีส่วนร่วมของราษฎรในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้พื้นที่แนวกันชนของอุทยานแห่งชาติเฉลิมพระเกียรติไทยประจัน จังหวัดราชบุรี

5. ความรู้เกี่ยวกับการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของราษฎรในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทรา จึงนำปัจจัยดังกล่าวไปวิเคราะห์เปรียบเทียบพหูคณต่อ ด้วยวิธีการของ Scheffe พบว่าคู่ของความรู้น้อยกับปานกลาง และความรู้น้อยกับมาก มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นราษฎรที่มีความรู้เกี่ยวกับการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ต่างกัน การมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทราแตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของธนากร (2559) เรื่อง ความคิดเห็นของราษฎรที่มีต่อการส่งเสริมการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติน้ำตกคลองแก้ว จังหวัดตราด การศึกษาของกาญจน์ (2564) เรื่อง การมีส่วนร่วม

ของราษฎรในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้โครงการบ้านเล็กในป่าใหญ่ อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร และการศึกษาของไชยวุฒิ (2565) เรื่อง การมีส่วนร่วมของราษฎรในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้พื้นที่แนวกันชนของอุทยานแห่งชาติเฉลิมพระเกียรติไทยประจัน จังหวัดราชบุรี

สรุปผล

1. ลักษณะทางเศรษฐกิจ สังคม และข้อมูลทั่วไปของราษฎรตัวอย่าง จากผลการศึกษาสรุปได้ว่า ราษฎรที่ทำการศึกษาส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุเฉลี่ย 48.85 ปี ส่วนใหญ่สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษา มีอาชีพเกษตรกร (ทำไร่/ทำนา/เลี้ยงสัตว์) เป็นอาชีพหลัก มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือน 3-5 คน รายได้รวมต่อปีเฉลี่ย 101,739.57 บาท ส่วนใหญ่มีความคุ้นเคยกับเจ้าหน้าที่ป่าไม้ และได้รับข่าวสารเกี่ยวกับการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ ส่วนใหญ่ไม่เคยเข้าร่วมการฝึกอบรม หรือกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ และส่วนใหญ่มีความรู้เกี่ยวกับการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ในระดับปานกลาง

2. ระดับการมีส่วนร่วมของราษฎรในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทรา จากผลการศึกษาสรุปได้ว่า ราษฎรที่ทำการศึกษาการมีส่วนร่วมของราษฎรในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทราในระดับน้อย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.59 แบ่งเป็น (1) การมีส่วนร่วมในการศึกษาปัญหาอยู่ในระดับน้อย มีค่าเฉลี่ย 2.50 (2) การมีส่วนร่วมในการวางแผนแก้ไขปัญหาอยู่ในระดับน้อย มีค่าเฉลี่ย 2.59 (3) การมีส่วนร่วมในการนำแผนไปปฏิบัติอยู่ในระดับน้อย มีค่าเฉลี่ย 2.47 (4) การมีส่วนร่วมในการติดตามและประเมินผลอยู่ในระดับน้อย มีค่าเฉลี่ย 2.55 และ (5) การมีส่วนร่วมในการได้รับประโยชน์อยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ย 2.93

3. ปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของราษฎรในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทรา จากผลการศึกษาสรุปได้ว่า ระดับการศึกษา จำนวนสมาชิกในครัวเรือน รายได้รวมต่อปี ความคุ้นเคยกับเจ้าหน้าที่ป่าไม้ และความรู้เกี่ยวกับการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของราษฎรในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทรา ส่วนปัจจัยด้านเพศ อายุ อาชีพหลัก การได้รับข่าวสารเกี่ยวกับการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ และการเข้าร่วมการฝึกอบรม หรือกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ ไม่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของราษฎรในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤไน จังหวัดฉะเชิงเทรา

เอกสารอ้างอิง

กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. 2567. รายงานสรุปสถิติคดีเกี่ยวกับการป่าไม้. แหล่งข้อมูล: https://portal.dnp.go.th/Content?contentId=2134 ค้นเมื่อ 22 กุมภาพันธ์ 2568.

กาญจน์ญาณ์ กุญชร ณ อยุธยา. 2564. การมีส่วนร่วมของประชาชนในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้โครงการบ้านเล็กในป่าใหญ่ อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ไชยวุฒิ อารีย์ชน. 2565. การมีส่วนร่วมของราษฎรในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้พื้นที่แนวกันชนของอุทยานแห่งชาติเฉลิมพระเกียรติไทยประจัน จังหวัดราชบุรี. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี, 2, 135-148.

ธนากร เจียมเจริญ. 2559. ความคิดเห็นของราษฎรที่มีต่อการส่งเสริมการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติน้ำตกคลองแก้ว จังหวัดตราด. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.

นิวัติ เรืองพานิช. 2556. การอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้และสิ่งแวดล้อม. กองทุนจัดพิมพ์ตำราป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

บุญเรียง ขจรศิลป์. 2542. สถิติวิจัย 1. พี เอ็น การพิมพ์, กรุงเทพฯ.

ประภาเพ็ญ สุวรรณ. 2526. ทัศนคติ: การวัดการเปลี่ยนแปลงและพฤติอนามัย. สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช, กรุงเทพฯ.

ปิยวัฒน์ สุคนธ์. 2556. การมีส่วนร่วมของราษฎรในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ในพื้นที่หน่วยจัดการต้นน้ำปากพนัง ตำบลหินตก อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540. วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ระบบบัญชีข้อมูล กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. 2567. ชนิดป่าในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ตามกฎหมาย. แหล่งข้อมูล: https://catalog.dnp.go.th/hr/dataset/type_forest/resource/60fc65c2-b2d6-4acb-8dbe-16448111cf90. ค้นเมื่อ 20 กุมภาพันธ์ 2568.

สำนักบริหารการทะเบียน. 2568. สถิติจำนวนบ้าน. แหล่งข้อมูล:https://stat.bora.dopa.go.th/stat/statnew/statMONTH/statmonth/#/view. ค้นเมื่อ 2 มีนาคม 2568.

Yamane, T. 1973. Statistics: An introductory analysis. 3rd eds., Harper International Edition, Tokyo.

ความแข็งของดินภายใต้สวนป่ายูคาลิปตัส สวนยางพารา และป่าอนุรักษ์ ในพื้นที่สวนป่ามุกดาหาร

SOIL HARDNESS UNDER EUCALYPTUS PLANTATIONS, RUBBERPLANTATIONS AND CONSERVED FORESTS IN MUKDAHAN FOREST PLANTATIONS

ธนสิทธิ์ มาลาสิงห์[1*] ธนากร ลัทธิ์ถีระสุวรรณ[1] ทีฆา โยธาภักดี[2] และปิยะพิศ ขอนแก่น[1].

Tanasit Malazing[1*] Thanakorn Lattirasuvan[1] Teeka Yothapakdee [2] and Piyapit Khonkaen 1.

[1] สาขาวิชาการจัดการป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดแพร่ 54140 [2] สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ประยุกต์เพื่อการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดแพร่ 54140

[1] Department of Forest Management, Maejo University Phrae Campus, Phrae 54140, Thailand [2] Department of Applied Economics for Community Development, Maejo University Phrae Campus, Phrae 54140, Thailand

***Corresponding author E-mail: agroforestry23@gmail.com**

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความแข็งของดินภายใต้สวนป่ายูคาลิปตัส สวนยางพารา และพื้นที่ป่าอนุรักษ์ ในบริเวณสวนป่ามุกดาหาร โดยกำหนดพื้นที่ศึกษาออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ 1) แปลงปลูกสร้างสวนป่าไม้ยางพารา 2) แปลงปลูกสร้างสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส และ 3) พื้นที่ป่าอนุรักษ์ (ป่าธรรมชาติ) ทำการวางแปลงตัวอย่างขนาด 10 × 10 เมตร จำนวนทั้งสิ้น 21 แปลง แบ่งเป็นแปลงปลูกสร้างสวนป่าไม้ยางพารา จำนวน 9 แปลง แปลงปลูกสร้างสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส จำนวน 9 แปลง และแปลงป่าธรรมชาติ จำนวน 3 แปลง โดยใช้วิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified random sampling) ภายในแปลงตัวอย่างขนาด 10 × 10 เมตร กำหนดจุดเก็บตัวอย่างดินจำนวน 5 จุด ทำการเก็บข้อมูลดินที่ระดับความลึก 0–5 เซนติเมตร และ
20–25 เซนติเมตร ผลการศึกษาพบว่า ความแข็งของดินในแนวดิ่งบริเวณแปลงปลูกสร้างสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส แปลงปลูกสร้างสวนป่าไม้ยางพารา และพื้นที่ป่าอนุรักษ์ (ป่าธรรมชาติ) มีค่าเฉลี่ยความแข็งของดินในระดับผิวหน้าดินเป็นดินอ่อนเหมือนกันทั้ง 3 พื้นที่ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความลึกของดินสำหรับความแข็งของดินในแนวนอน (Soil hardness) ชั้นบนที่ระดับความลึก 0–5 เซนติเมตร พบว่าพื้นที่ป่าธรรมชาติมีความแข็ง

ของดินมากที่สุด ขณะที่ระดับความลึก 20–25 เซนติเมตร แปลงปลูกสร้างสวนป่าไม้ยูคาลิปตัสมีความแข็งของดินมากที่สุด นอกจากนี้ ผลการศึกษาความชื้นของดินพบว่า แปลงปลูกสร้างสวนป่าไม้ยางพารามีความชื้นของดินสูงกว่าทั้งสองพื้นที่ ส่วนค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินทั้ง 3 พื้นที่ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ ความแข็งของดิน, สวนป่า, ยางพารา, ยูคาลิปตัส

Abstract

This study aimed to investigate soil hardness under eucalyptus plantations, rubber plantations, and a conservation forest within the Mukdahan Forest Plantation area. The study area was divided into three types: (1) rubber plantation plots, (2) eucalyptus plantation plots, and (3) conservation forest (natural forest). A total of 21 sample plots, each measuring 10 × 10 meters, were established using stratified random sampling. These consisted of 9 rubber plantation plots, 9 eucalyptus plantation plots, and 3 natural forest plots. Within each 10 × 10 meter plot, five soil sampling points were designated. Soil samples were collected at two depth intervals: 0–5 cm and 20–25 cm. The results indicated that vertical soil hardness in eucalyptus plantation plots, rubber plantation plots, and the conservation forest exhibited similar characteristics, with the average soil hardness at the surface layer classified as soft soil across all three land-use types. Soil hardness tended to increase with increasing soil depth. For horizontal soil hardness, at the 0–5 cm depth, the natural forest exhibited the highest soil hardness, whereas at the 20–25 cm depth, the eucalyptus plantation plots showed the highest soil hardness. In addition, the results of soil moisture analysis indicated that the rubber plantation plots had soil moisture.

Keywords soil boundary, rubber plantation, eucalyptus plantation

บทนำ

ทรัพยากรที่ดินเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญต่อการดำรงชีพของมนุษย์ ประชากรส่วนใหญ่ในประเทศประกอบอาชีพเกษตรกรรม ทรัพยากรดินจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่งต่อการผลิตทางการเกษตร จากกิจกรรมทางการเกษตรของเกษตรกร จึงทำให้ทรัพยากรดินมีการเปลี่ยนแปลงทั้งในด้านของปริมาณและด้านคุณภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทรัพยากรดินส่วนใหญ่ ขาดความอุดมสมบูรณ์หรือมีสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีไม่เหมาะสมต่อการ เพาะปลูกพืชก็จะไม่สามารถเจริญเติบโตได้ตามปกติ เนื่องมาจากการใช้ที่ดินไม่เหมาะสมกับสภาพดิน และไม่คำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ได้แก่การใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรกรรมอย่างไม่ถูกหลักวิชาการขาดการบำรุงรักษาดิน การปล่อยให้ผิวดินปราศจากพืชปกคลุมทำให้สูญเสียความชุ่มชื้นในดิน และการเพาะปลูกที่ทำให้ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ [2] ประเทศไทยมีพื้นที่ที่ใช้ในการเพาะปลูกจำนวน 68 ล้านไร่ แต่พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ที่ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ และเสื่อมสภาพ ประกอบกับข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดินที่ได้ทำการตรวจสอบคุณภาพดินให้กับเกษตรกรในจังหวัดต่างๆ จำนวน 50,000 ราย พบว่าดินส่วนใหญ่ขาดความสมบูรณ์ทางด้านกายภาพ และเคมีทำให้ดินในพื้นที่ดังกล่าวไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ในปัจจุบันสวนป่ามุกดาหารซึ่งเป็นส่วนหนึ่งขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ได้ดำเนินปลูกสร้างสวนป่าไม้เศรษฐกิจ โดยมีการปลูกไม้สัก ยางพารา และยูคาลิปตัส มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2530 ถึงปัจจุบัน

ดังนั้นการศึกษา ค้นคว้า วิจัย .ในครั้งนี้ทำการศึกษาถึงคุณสมบัติของดินทั้งทางกายภาพ และทางเคมีพื้นการนำมาปรับใช้หรือเป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดการสวนป่าอย่างยั่งยืน

วิธีการดำเนินการวิจัย

1.การศึกษาการใช้ประโยชน์สวนป่ามุกดาหาร เชื่อมโยงกับคุณสมบัติของดินในพื้นที่สวนป่ามุกดาหาร จังหวัดมุกดาหาร โดยกำหนดเลือกพื้นที่ 3 ส่วน คือ 1) แปลงปลูกสร้างสวนป่าไม้ยางพารา ปี 2549, 2553, 2557 (PEBRA49, PEBRA53, PEBRA57) 2) แปลงปลูกสร้างสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส ปี 2562, 2564, 2528 (EUGLO62, EUGLO64, EUGLO28) 3) พื้นที่ป่าอนุรักษ์ (ป่าธรรมชาติ) 3 แปลง (Forest1, Forest2, Forest3) Figure 1

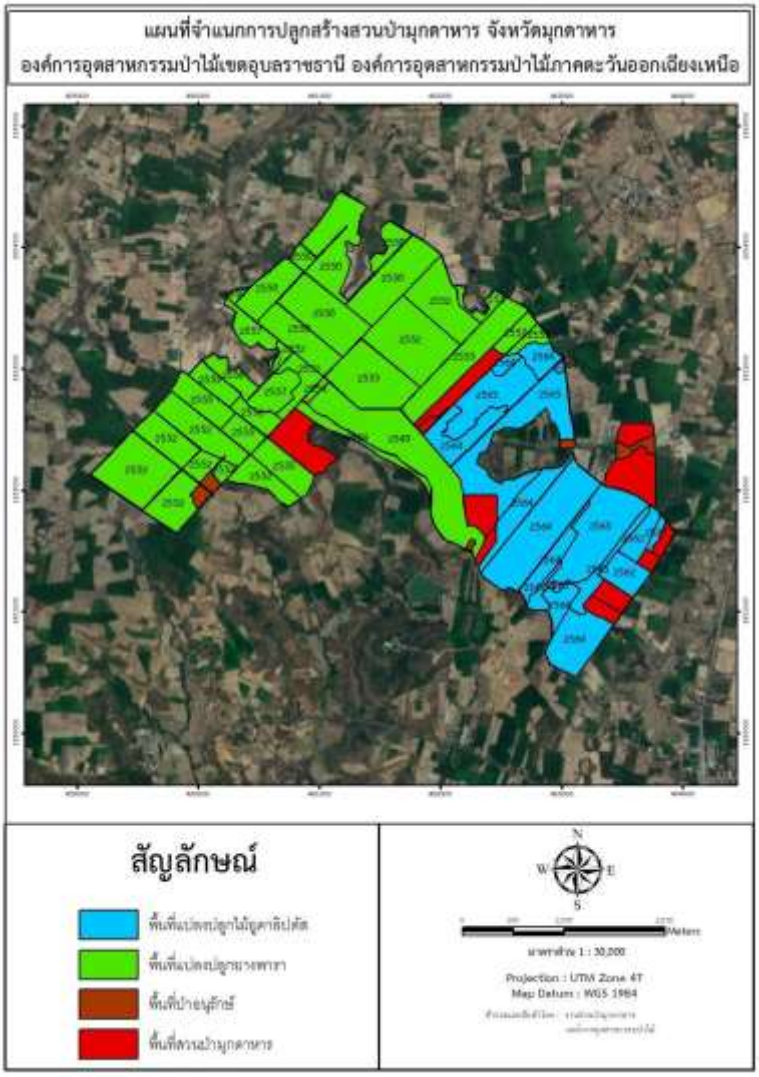


Figure 1 Map showing the classification of Mukdahan forest plantations. Mukdahan Province

2.วางแปลงตัวอย่างขนาด 10x10 เมตร จำนวน 21 แปลง โดยแบ่งเป็นพื้นที่แปลงปลูกสร้างสวนป่าไม้ยางพารา จำนวน 9 แปลง แปลงปลูกสร้างสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส จำนวน 9 แปลง แปลงป่าธรรมชาติ จำนวน 3 แปลง โดยใช้วิธี Stratified random sampling โดยในแปลงตัวอย่างขนาด 10x10 เมตร กำหนดจุดเก็บข้อมูลดินจำนวน 5 จุด คือจุดกึ่งกลางแปลง 1 จุด และจุดมุมแปลง 4 จุด ทำการเก็บข้อมูลดิน 2 ชั้น คือ ที่ระดับ 0-5 เซนติเมตร และระดับ 20-25 เซนติเมตร โดย วัดความแข็งของดินในแนวนอนด้วยเครื่อง (Yamannaka – type penetration) และวัดความชื้นของดินด้วยเครื่อง (Field scout TDR soil moisture) วัดค่า pH ดิน (Soil pH) และบริเวณจุดกึ่งกลางแปลงวัดค่าความแข็งของดินในแนวดิ่งด้วยเครื่องมือวัดความแข็งของดินในแนวดิ่ง (Soil penetration tester) ในแต่ละแปลงตัวอย่าง

3. วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยข้อมูลดินสมบัติของดินในด้านต่างๆ ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) โดยมีระดับความเชื่อมั่น 95% สมบัติทางกายภาพของดิน ได้แก่ องค์ประกอบอนุภาคของดิน ความหนาแน่นดินรวม ความหนาแน่นอนุภาคดิน ความพรุนของดิน ความชื้นในดิน และสมบัติทางแร่ สมบัติทางเคมีของดิน ได้แก่ ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

ผลการวิจัย

ความแข็งของดินในแนวดิ่ง

ผลการศึกษาความแข็งของดินบริเวณแปลงสวนป่ายูคาลิปตัส พบว่าความแข็งของดินในแปลงสวนป่ายูคาลิปตัส ทั้ง 3 จุด เป็นดินอ่อนที่ระดับผิวหน้าดินถึงระดับความลึกไม่เกิน 3 เซนติเมตร ความแข็งดินแปลง EUGLO62 ความลึกตั้งแต่ 3 – 12 และ 23 - 31 เซนติเมตร EUGLO64 ความลึกตั้งแต่ 3 – 6 เซนติเมตร EUGLO28 ความลึกตั้งแต่ 3 – 14 เซนติเมตร ความแข็งดินเป็นดินปานกลาง และความแข็งดิน EUGLO62 ความลึกช่วง 13 – 22 และตั้งแต่ 32 เซนติเมตร EUGLO64 ความลึกตั้งแต่ 7 เซนติเมตร EUGLO28 ความลึกตั้งแต่ 15 เซนติเมตร ลงไปพบว่าเป็นดินแข็งถึงแข็งมาก 5] Figure 2

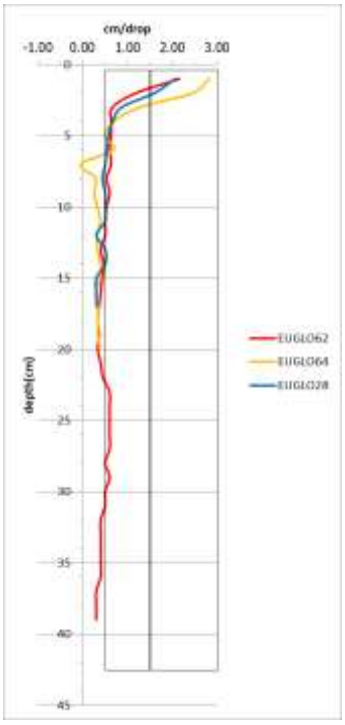


Figure 2 shows the average soil hardness value in the vertical area of the eucalyptus plantation plot.

ผลการศึกษาความแข็งของดินบริเวณแปลงสวนป่ายางพารา พบว่า ทั้ง 3 จุด เป็นดินอ่อนที่ระดับผิวหน้าดิน PEBRA49 ที่ระดับความลึกไม่เกิน 2 เซนติเมตร PEBRA53 ที่ระดับความลึกไม่เกิน 6 เซนติเมตร และ PEBRA57 ที่ระดับความลึกไม่เกิน 2 เซนติเมตร ความแข็งดินแปลง PEBRA49 ความลึกตั้งแต่ 3 - 36 เซนติเมตร PEBRA53 ความลึกตั้งแต่ 7 – 71 เซนติเมตร PEBRA57 ความลึกตั้งแต่ 3 – 86 เซนติเมตร ความแข็งดินเป็นดินปานกลาง และความแข็งดิน PEBRA49 ความลึกตั้งแต่ 37 เซนติเมตร ลงไปพบว่าเป็นดินแข็งถึงแข็งมาก [5] ส่วนแปลง PEBRA53 และPEBRA57 พบว่าเป็นดินบริเวณนี้ไม่พบความแข็งของดินถึงระดับที่แข็งมาก Figure 3

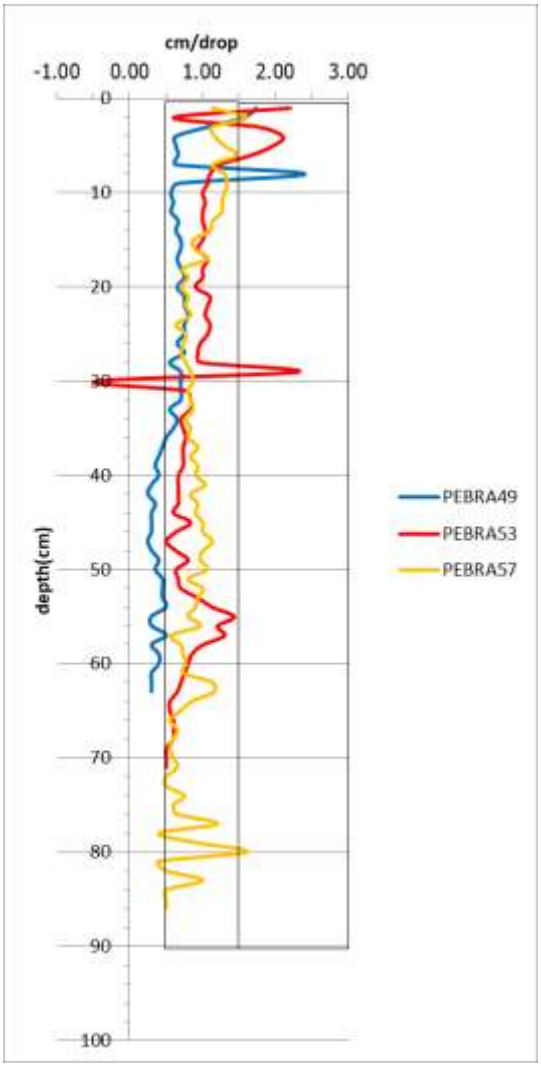


Figure 3 shows the average soil hardness value in the vertical area of the rubber plantation plot.

ความแข็งของดินบริเวณพื้นที่ป่าอนุรักษ์ (ป่าธรรมชาติ) พบว่า ทั้ง 3 จุด เป็นดินอ่อนที่ระดับผิวหน้าดินถึงระดับความลึกไม่เกิน 5 เซนติเมตร เฉพาะแปลง Forest3 เท่านั้น ความแข็งดิน Forest1 ความลึกตั้งแต่ผิวหน้าดินลงไป Forest2 ความลึกตั้งแต่ผิวหน้าดินลงไปถึง 16 เซนติเมตร Forest3 ความลึกตั้งแต่ 6 – 10 เซนติเมตร ความแข็งดินเป็นดินปานกลาง และแปลง Forest2 ความลึกดินตั้งแต่ 17 เซนติเมตร Forest3 ความลึกดินตั้งแต่ 11 เซนติเมตร ลงไปพบว่าเป็นดินแข็งถึงแข็งมาก [5] Figure 4

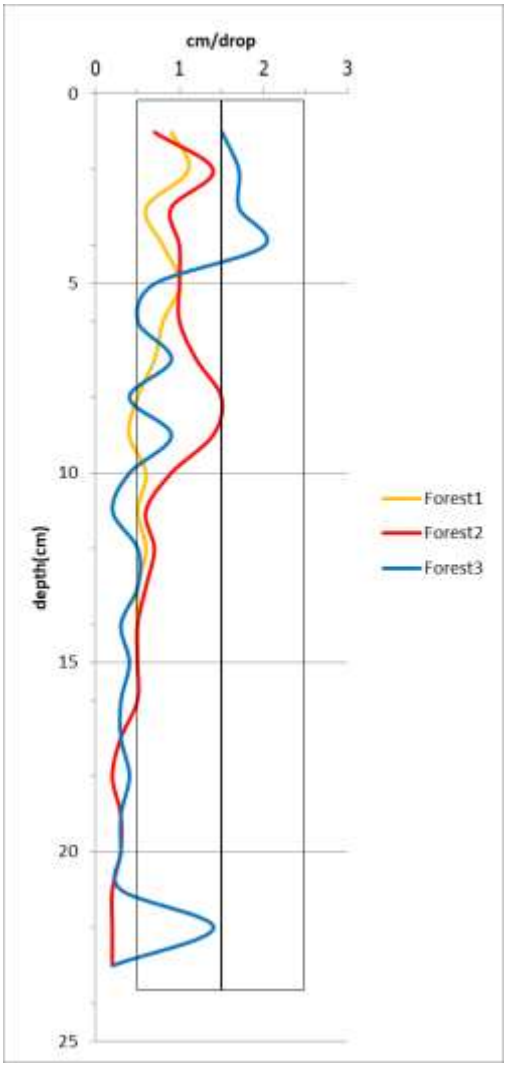


Figure 4 shows the average vertical soil hardness values in protected forest areas. (natural forest)

จากผลการศึกษาความแข็งของดินในแนวดิ่งบริเวณแปลงสวนป่ายูคาลิปตัส บริเวณแปลงสวนป่ายางพารา และบริเวณพื้นที่ป่าอนุรักษ์ Forest3 พบว่าความแข็งของดินในแนวดิ่งที่ระดับผิวหน้าดินของทั้ง 3 พื้นที่เป็นดินอ่อน และเป็นดินที่มีความแข็งมากขึ้นตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้น กล่าวคือ ความลึกของดินมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับความแข็งของดิน [5] และเมื่อสังเกตบริเวณแปลงสวนป่ายางพาราพบว่าที่ระดับความลึก 27 – 32 เซนติเมตร ที่ระดับ 52 – 60 เซนติเมตร และที่ระดับ 74 – 84 เซนติเมตร และบริเวณพื้นที่ป่าอนุรักษ์ (ป่าธรรมชาติ) ที่ระดับความลึก 22 เซนติเมตร มีความผิดปกติของความแข็งดิน เนื่องจากที่ระดับความลึกนั้นอาจมีโพรงปลวกหรือโพรงสัตว์ใต้ดินจำพวกสัตว์ฟันแทะส่งผลให้ดินที่ระดับนั้นอ่อนกว่าปกติจากความลึกของดินมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับความแข็งของดิน [1, 5] ที่กล่าวมาข้างต้น และเมื่อพิจารณาความแข็งของดินบริเวณพื้นที่ป่าอนุรักษ์ (ป่าธรรมชาติ) พบว่าดินในทุกระดับชั้นความลึกมีความแข็งของดินมากกว่าบริเวณแปลงสวนป่ายูคาลิปตัสและบริเวณแปลงสวนป่ายางพารา เนื่องจากบริเวณพื้นที่ป่าอนุรักษ์ (ป่าธรรมชาติ) ไม่ได้มีการจัดการ เช่น การไถพรวนดิน การใส่ปุ๋ย การกำจัดวัชพืชทำให้บริเวณพื้นที่ป่าอนุรักษ์ มีความแข็งของดินมากบริเวณที่มีการจัดการเพราะมีสภาพเป็นป่าเต็ง-รัง ที่มีสภาพดินเป็นดินลูกรังสีแดง

ความแข็งของดินในแนวราบ ความชื้นของดิน และความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

การศึกษาลักษณะความแข็งของดิน (Soil hardness) พบว่าความแข็งของดินชั้นบน (0-5 เซนติเมตร) บริเวณแปลงสวนป่ายางพารามีค่าเฉลี่ยสูงกว่าดินบริเวณพื้นที่ป่าอนุรักษ์ และบริเวณแปลงสวนป่ายูคาลิปตัส มีค่าเท่ากับ 12.98 , 12.83 และ 10.99 มิลลิเมตร ตามลำดับ ทั้ง 3 พื้นที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.001$ ความชื้นดินบริเวณที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ บริเวณแปลงสวนป่ายางพารา บริเวณพื้นที่ป่าอนุรักษ์ และบริเวณแปลงสวนป่ายูคาลิปตัส มีค่าเท่ากับ 15.19 ,11.43 และ10.35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) บริเวณแปลงสวนป่ายูคาลิปตัส บริเวณแปลงสวนป่ายางพารา และบริเวณพื้นที่ป่าอนุรักษ์ มีค่าเท่ากับ 7 , 7.01 และ7.01 หมายความว่าทั้ง 3 พื้นที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเป็นกลาง ในพื้นที่สวนป่ายูคาลิปตัสมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$

ความแข็งของดิน (Soil hardness) พบว่าความแข็งของดินที่ระดับความลึก 20-25 เซนติเมตร พบว่าความแข็งของดินบริเวณแปลงสวนป่ายูคาลิปตัส บริเวณพื้นที่อนุรักษ์ และบริเวณแปลงสวนป่ายางพารา มีค่าเท่ากับ 23.37 ,22.68 และ17.02 มิลลิเมตร ตามลำดับ ทั้ง 3 พื้นที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.001$ ความชื้นดินบริเวณที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือบริเวณแปลงสวนป่ายางพารา บริเวณพื้นที่ป่าอนุรักษ์ และบริเวณแปลงสวนป่ายูคาลิปตัส มีค่าเท่ากับ 14.79 ,11.19 และ10.49 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) บริเวณแปลงสวนป่ายูคาลิปตัส บริเวณแปลงสวนป่ายางพารา และบริเวณพื้นที่ป่าอนุรักษ์ มีค่าความเป็นกรด-ด่างของดินเท่ากับ 7.02 ,7.01 และ7.01 ตามลำดับ หมายความว่าค่าความเป็นกรด-ด่างเป็นกลาง

Table 1 shows the horizontal mean soil hardness values. average soil moisture and average soil pH The plot of the eucalyptus forest plantation The area of the plot to build a rubber tree plantation. and natural forest areas

	Soil dopth	*Eucalyptus*		*Hevea brasiliensis*		*natural forest*	
	(cm)	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Soil pH	0-5	7.00*	0.000	7.01	0.099	7.01	0.078
	20-25	7.02	0.097	7.01	0.081	7.01	0.081
Soil moisture (%)	0-5	10.35	0.710	15.19	5.679	11.43	1.680
	20-25	10.49	1.062	14.79	4.601	11.19	1.944
soil hardress (mm)	0-5	10.99**	7.356	12.98**	5.408	12.83**	6.962
	20-25	23.37**	5.076	17.02**	5.420	22.68**	2.748

Remark * significant difference (p value < 0.05) ** significant difference (p value < 0.001)

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาพบว่าความแข็งของดิน (Soil hardness) ชั้นบน (0-5 เซนติเมตร) บริเวณแปลงป่ายางพารา มีความแข็งดินมากกว่าทั้งสองพื้นที่ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.001$ และที่ระดับความลึก 20-25 เซนติเมตร บริเวณแปลงสวนป่ายูคาลิปตัสความแข็งดินมากกว่าทั้งสองพื้นที่ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.001$ จากการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกัน เนื่องจากแปลงปลูกพืชมีการรบกวนหน้าดินทำให้สูญเสียอินทรียวัตถุหน้าดิน และยังเป็นการปลูกพืชชนิดเดียวทำให้ปริมาณเศษซากพืชมีน้อยส่งผลต่อการย่อยสลายของซากพืช ปริมาณช่องว่างในดินจึงลดลง และการอัดตัวของดินมีความแปรผันกับความลึกในดิน (อาจิน และคณะ.2540; Prichett,1997) ในขณะที่พื้นที่ป่าอนุรักษ์มีการเจริญเติบโตของพืชและมีความหลากหลายทางชีวภาพที่สูงกว่า ส่งผลให้มีระบบของรากพืชอยู่ในทุกชั้นของดินและการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุ การหาอาหาร รวมทั้งการยึดเหนี่ยวดินของรากพืช ทำให้เกิดช่องว่างในดิน และโครงสร้างของดินยังไม่ถูกทำลายจึงส่งผลต่อความแข็งของ ดิน และดินชั้นล่างมีความแข็งมากกว่าดินชั้นบน และความแข็งของดินที่อยู่ในระดับที่สูงจากระดับน้ำทะเลจะมีค่าความแข็งของดินสูงกว่า ธนากร (2555) ความชื้นของดินพบว่าบริเวณแปลงสวนป่ายางพารา มีความชื้นของดินมากกว่าทั้งสองพื้นที่ ทั้งในดินชั้นบน (0-5 เซนติเมตร) และที่ระดับความลึก 20-25 เซนติเมตร และค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินทั้ง 3 พื้นที่ไม่มีความแตกต่างกัน คือค่าความเป็นกรด-

ด่าง เป็นกลาง และบริเวณแปลงสวนป่ายูคาลิปตัส ดินชั้นบน (0-5 เซนติเมตร) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาพบว่าความแข็งของดิน (Soil hardness) ชั้นบน (0-5 เซนติเมตร) บริเวณแปลงป่ายางพารา มีความแข็งดินมากกว่าทั้งสองพื้นที่ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.001$ และที่ระดับความลึก 20-25 เซนติเมตร บริเวณแปลงสวนป่ายูคาลิปตัสความแข็งดินมากกว่าทั้งสองพื้นที่ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.001$ จากการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกัน เนื่องจากแปลงปลูกพืชมีการรบกวนหน้าดินทำให้สูญเสียอินทรียวัตถุหน้าดิน และยังเป็นการปลูกพืชชนิดเดียวทำให้ปริมาณเศษซากพืชมีน้อยส่งผลต่อการย่อยสลายของซากพืช ปริมาณช่องว่างในดินจึงลดลง และการอัดตัวของดินมีความแปรผันกับความลึกในดิน (อาจิน และคณะ.2540; Prichett,1997) ในขณะที่พื้นที่ป่าอนุรักษ์มีการเจริญเติบโตของพืชและมีความหลากหลายทางชีวภาพที่สูงกว่า ส่งผลให้มีระบบของรากพืชอยู่ในทุกชั้นของดินและการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุ การหาอาหาร รวมทั้งการยึดเหนี่ยวดินของรากพืช ทำให้เกิดช่องว่างในดิน และโครงสร้างของดินยังไม่ถูกทำลายจึงส่งผลต่อความแข็งของ ดิน และดินชั้นล่างมีความแข็งมากกว่าดินชั้นบน และความแข็งของดินที่อยู่ในระดับที่สูงจากระดับน้ำทะเลจะมีค่าความแข็งของดินสูงกว่า ธนากร (2555) ความชื้นของดินพบว่าบริเวณแปลงสวนป่ายางพารา มีความชื้นของดินมากกว่าทั้งสองพื้นที่ ทั้งในดินชั้นบน (0-5 เซนติเมตร) และที่ระดับความลึก 20-25 เซนติเมตร และค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินทั้ง 3 พื้นที่ไม่มีความแตกต่างกัน คือค่าความเป็นกรด-ด่าง เป็นกลาง และบริเวณแปลงสวนป่ายูคาลิปตัส ดินชั้นบน (0-5 เซนติเมตร) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่องการใช้ประโยชน์ส่วนป่ามุกดาหารเชื่อมโยงกับคุณสมบัติของดิน ครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณผู้สนับสนุนการดำเนินการวิจัย ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธนากร ลัทธิ์ถีระสุวรรณ ประธานกรรมการที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำในการวางแผนการดำเนินการวิจัย การวิเคราะห์ข้อมูล ตรวจสอบแก้ไข จนกระทั้งงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ซีฆา โยธาภักดี และอาจารย์ ดร.ปิยะพิศ ขอนแก่นอาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ให้คำแนะนำในการวางแผนการดำเนินงานจนสำเร็จ ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่สวนป่ามุกดาหารและ

น้องๆ นักศึกษาปริญญาโทที่ช่วย ในการเก็บข้อมูลครั้งนี้ตลอดจนแล้วเสร็จสมบูรณ์ ขอขอบคุณอาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาการจัดการป่าไม้ และอาจารย์ผู้สอน มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ ขอกราบขอบพระคุณบุคคลในครอบครัวที่คอยเป็นกำลังใจให้ตลอดระยะเวลาในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ธนากร ลัทธิ์ถีระสุวรรณ 2555. โครงการจัดการของป่า (มะขามป้อมและยางรัก) ในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติป่าอมก๋อย อำเภออมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่. มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ

ปฐมพงษ์ อ่างลี. (2553). อาชีพของชาว อีสาน.[Online].Available: http://whaylaw. blogspot.com /2010/01/blog-post_3949. html.

อาจิน หนูประสิทธิ์ บุญมา แสงดี พิณทิพย์ ธิติโรจนะวัฒน์ และแสงจันทร์ ศรีสายเชื้อ. 2540. สมบัติดินทางกายภาพและทางเคมี บริเวณสถานีวิจัยลุ่มน้ำปากพนัง อ.ลานสกา จ.นครศรีธรรมราช. ส่วนวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมป่าไม้สำนักวิชาการป่าไม้. กรมป่าไม้, หน้า 6-10

Prichett, P., Robinson, D. & Clarkson, R. (1997). After the merger: The authoritative guide for integration success. London, England: McGraw Hill.

SaKurai K. , B. Puriyakorn, P.Preechapanya, V.Tanpibal,K.Muangnil and B.Prachaiyo.. (1995). Improvement of Biological Productivity in Degraded Lands in Thailand III. Soil hardness measurement in the field. Tropics, 4(2/3), 151-172.

ความรู้ ทัศนคติ และพฤติกรรมการใช้บรรจุภัณฑ์อาหารของผู้ประกอบการร้านอาหาร บริเวณหน้ามหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

Knowledge, Attitudes, and Practices Regarding Food Packaging Use among Food Vendors around Ubon Ratchathani University

กวินทิพย์ ประกิ่ง[1] พัชราภรณ์ เอี่ยมมะ[1] ฐิติรัช งานฉมัง[1] สง่า ทับทิมหิน[1] และ ปวีณา ลิมปิทีปราการ[1*]

Kawinthip Praking[1] Patcharaporn Aeamma[1] Thitirat Nganchamung[1] Sanga Tubtimhin[1] and Pawena Limpiteeprakan[1*]

[1]วิทยาลัยแพทยศาสตร์และการสาธารณสุข มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี 34190

[1]College of Medicine and Public Health, Ubon Ratchathani University, Warinchamrap District, Ubon Ratchathani 34190

[*]Corresponding author E-mail: pawena.l@ubu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวาง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความรู้ ทัศนคติ และพฤติกรรมการใช้บรรจุภัณฑ์อาหารของผู้ประกอบการร้านอาหารบริเวณหน้ามหาวิทยาลัยอุบลราชธานี กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ประกอบการร้านอาหารจำนวน 53 ร้าน คัดเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือแบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนาและการทดสอบไคสแควร์ ผลการวิจัยพบว่า โดยภาพรวมผู้ประกอบการมีความรู้เกี่ยวกับการใช้บรรจุภัณฑ์อาหารอยู่ในระดับดี โดยมีความรู้สูงในประเด็นผลกระทบของบรรจุภัณฑ์ต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม ขณะที่ประเด็นด้านความปลอดภัยของกล่องกระดาษเคลือบพลาสติกมีระดับความรู้น้อยที่สุด ด้านทัศนคติพบว่าผู้ประกอบการมีทัศนคติอยู่ในระดับดี โดยส่วนใหญ่เห็นด้วยว่าควรใช้บรรจุภัณฑ์ที่ปลอดภัยต่อสุขภาพและควรส่งเสริมการใช้บรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้ สำหรับด้านพฤติกรรมพบว่าผู้ประกอบการให้ความสำคัญกับความสะดวกในการใช้งานมากที่สุด รองลงมาคือความปลอดภัยและราคา ขณะที่การจัดการหลังการใช้งานบรรจุภัณฑ์ส่วนใหญ่ยังทิ้งรวมกับขยะทั่วไป ไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับพฤติกรรมการใช้กล่องโฟมที่ระดับนัยสำคัญ .05 ผลการศึกษานี้สะท้อนให้เห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนาองค์ความรู้เชิงเทคนิคด้านความปลอดภัยของบรรจุภัณฑ์อาหาร ควบคู่กับการสนับสนุนการเข้าถึงบรรจุภัณฑ์ทางเลือกในราคาที่เหมาะสม และการพัฒนาระบบคัดแยกขยะในพื้นที่ร้านอาหารอย่างเป็นรูปธรรม

คำสำคัญ: บรรจุภัณฑ์อาหาร พฤติกรรมการใช้บรรจุภัณฑ์ ผู้ประกอบการร้านอาหาร

Abstract

This cross-sectional descriptive study aimed to investigate knowledge, attitudes, and practices regarding food packaging use among food vendors around Ubon Ratchathani University. The sample consisted of 53 food vendors selected through purposive sampling. Data were collected using a structured questionnaire and analyzed using descriptive statistics and chi-square tests. The results showed that overall knowledge regarding food packaging use was at a good level. Vendors demonstrated high knowledge of the health and environmental impacts of food packaging, while knowledge regarding the safety of plastic-coated paper containers when reused was relatively low. Attitudes toward food packaging use were also at a good level, with most vendors agreeing on the importance of using health-safe packaging and promoting biodegradable alternatives. In terms of practices, convenience was the most influential factor in packaging selection, followed by consumer safety and price. Most vendors disposed of used packaging together with general waste. No statistically significant association was found between personal factors and the use of foam containers at the .05 significance level. These findings indicate the need to enhance technical knowledge on food packaging safety, improve access to affordable environmentally friendly packaging, and develop practical waste separation systems in food service areas.

Keywords : Food packaging, Packaging use behavior, Food vendors

บทนำ

ปัญหาขยะมูลฝอยเป็นประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมที่มีความซับซ้อนเชิงโครงสร้างและมีนัยสำคัญต่อการพัฒนาที่ยั่งยืนของประเทศไทย ทั้งในมิติด้านสิ่งแวดล้อม สุขภาพ เศรษฐกิจ และการบริหารจัดการภาครัฐ ในช่วงหลายทศวรรษที่ผ่านมา สถานการณ์ขยะมูลฝอยของประเทศมีแนวโน้มทวีความรุนแรงอย่างต่อเนื่อง อันเป็นผลจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร การขยายตัวของเมืองและชุมชนกึ่งเมือง ตลอดจนการเปลี่ยนผ่านของระบบเศรษฐกิจและสังคมที่ส่งผลให้รูปแบบการดำรงชีวิตและพฤติกรรมการบริโภคของประชาชนเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะรูปแบบการบริโภคที่เน้นความสะดวก รวดเร็ว และประหยัดเวลา เช่น การบริโภคอาหารปรุงสำเร็จ การใช้บริการร้านสะดวกซื้อ และการสั่งอาหารกลับไปรับประทานนอกสถานที่หรือผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัล ซึ่งล้วนเป็นปัจจัยเร่งให้เกิดการเพิ่มขึ้นของขยะบรรจุภัณฑ์อาหารในระบบการจัดการขยะของประเทศ

ข้อมูลจากกรมควบคุมมลพิษสะท้อนให้เห็นว่า ประเทศไทยมีปริมาณขยะมูลฝอยมากกว่า 27 ล้านตันต่อปี และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยขยะบรรจุภัณฑ์พลาสติกและโฟมแบบใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้งเป็น

องค์ประกอบสำคัญที่มีอัตราการเพิ่มขึ้นสูง ขยะประเภทดังกล่าวมีลักษณะเด่นคือย่อยสลายได้ยาก ใช้ระยะเวลานานในการสลายตัวในธรรมชาติ และหากขาดระบบการจัดการที่มีประสิทธิภาพตั้งแต่ต้นทางจนถึงปลายทาง ย่อมก่อให้เกิดปัญหาการสะสมของขยะ การปนเปื้อนในดิน แหล่งน้ำ และระบบนิเวศ รวมถึงส่งผลกระทบต่อภูมิทัศน์เมืองและคุณภาพชีวิตของประชาชนในระยะยาว (กรมควบคุมมลพิษ, 2566)

ภายใต้บริบทดังกล่าว บรรจุภัณฑ์อาหารจึงกลายเป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบอาหารสมัยใหม่ โดยมีบทบาทในการรักษาคุณภาพ ความสะอาด และความปลอดภัยของอาหาร ตลอดจนสนับสนุนประสิทธิภาพของกระบวนการขนส่ง การจัดจำหน่าย และการบริโภค อย่างไรก็ตาม การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่ไม่เหมาะสม โดยเฉพาะวัสดุที่ย่อยสลายได้ยาก หรือวัสดุที่อาจมีการเคลื่อนย้ายของสารเคมีเมื่อสัมผัสกับอาหารที่มีอุณหภูมิสูง เช่น กล่องโฟมและพลาสติกบางประเภท ไม่เพียงก่อให้เกิดผลกระทบเชิงลบต่อสิ่งแวดล้อมเท่านั้น แต่ยังเชื่อมโยงกับความเสี่ยงด้านสุขภาพของผู้บริโภคในระยะยาว อีกทั้งยังเพิ่มภาระต้นทุนด้านการเก็บรวบรวม การขนส่ง และการกำจัดขยะให้แก่ภาครัฐและองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น โดยเฉพาะในบริบทของพื้นที่เมืองและชุมชนที่มีความหนาแน่นของกิจกรรมทางเศรษฐกิจสูง (กรมควบคุมมลพิษ, 2564)

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องซึ่งศึกษาความรู้ ทัศนคติ และพฤติกรรมการใช้บรรจุภัณฑ์อาหารในกลุ่มผู้ประกอบการร้านอาหาร ผู้ค้าแผงลอย และผู้บริโภคในบริบทที่หลากหลาย พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มักมีระดับความรู้และทัศนคติในเชิงบวก หรืออยู่ในระดับปานกลางถึงดีต่อผลกระทบของบรรจุภัณฑ์อาหารต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะการรับรู้ว่าบรรจุภัณฑ์พลาสติกและกล่องโฟมเป็นวัสดุที่ก่อให้เกิดปัญหาขยะในระยะยาว อย่างไรก็ตาม ช่องว่างระหว่างความรู้และทัศนคติกับพฤติกรรมการปฏิบัติยังคงปรากฏอย่างชัดเจน ซึ่งมีสาเหตุมาจากข้อจำกัดด้านต้นทุน ความสะดวกในการใช้งาน ความพร้อมของบรรจุภัณฑ์ทางเลือก ตลอดจนความคุ้นชินกับรูปแบบการใช้บรรจุภัณฑ์เดิมของผู้ประกอบการ (ณัฐติกา แก้วดี และคณะ, 2564; พรรณสิทธ์ เทียมทัน และคณะ, 2566)

เมื่อพิจารณาในมิติของบริบทเชิงพื้นที่ จังหวัดอุบลราชธานีเป็นจังหวัดศูนย์กลางที่มีบทบาทสำคัญด้านการศึกษา เศรษฐกิจ และการคมนาคมของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีสถาบันการศึกษาหลายแห่งและมีประชากรแฝงจากนักเรียน นักศึกษา และแรงงานจำนวนมาก ส่งผลให้กิจกรรมการบริโภคอาหารในชีวิตประจำวันมีความหนาแน่นสูง โดยเฉพาะบริเวณโดยรอบสถานศึกษา ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีร้านอาหารและแผงลอยกระจายตัวอยู่จำนวนมาก ลักษณะดังกล่าวทำให้พื้นที่เหล่านี้กลายเป็นแหล่งกำเนิดขยะบรรจุภัณฑ์อาหารในปริมาณสูงอย่างต่อเนื่อง ขณะเดียวกัน ข้อมูลสถานการณ์ขยะมูลฝอยของจังหวัดอุบลราชธานียังสะท้อนถึงข้อจำกัดด้านการคัดแยกขยะตั้งแต่ต้นทาง และศักยภาพในการจัดการขยะขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในระดับพื้นที่ (กรมควบคุมมลพิษ, 2567)

แม้ว่าจะมีงานวิจัยจำนวนหนึ่งที่ศึกษาประเด็นบรรจุภัณฑ์อาหารและการจัดการขยะในระดับประเทศและระดับชุมชน แต่การศึกษาที่มุ่งเจาะจงกลุ่มผู้ประกอบการร้านอาหารในพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของการบริโภคสูง เช่น บริเวณหน้ามหาวิทยาลัย โดยเฉพาะในบริบทของจังหวัดอุบลราชธานี ยังมีอยู่อย่างจำกัด ส่งผลให้ยังขาดองค์ความรู้เชิงประจักษ์ที่สะท้อนสภาพปัญหาเชิงพื้นที่ ปัจจัยกำหนดเชิงพฤติกรรม และข้อจำกัดเชิงโครงสร้าง

ของผู้ประกอบการร้านอาหาร ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความรู้ ทัศนคติ และพฤติกรรมการใช้บรรจุภัณฑ์อาหารของผู้ประกอบการร้านอาหารบริเวณหน้ามหาวิทยาลัยอุบลราชธานี เพื่อเติมเต็มช่องว่างขององค์ความรู้เชิงพื้นที่ และใช้เป็นฐานข้อมูลเชิงวิชาการสำหรับการกำหนดนโยบายหรือแนวทางส่งเสริมการใช้บรรจุภัณฑ์อาหารที่ปลอดภัย เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และสนับสนุนการจัดการขยะมูลฝอยอย่างยั่งยืนในระดับชุมชนและท้องถิ่น

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวาง (cross-sectional descriptive study) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความรู้ ทัศนคติ และพฤติกรรมการใช้บรรจุภัณฑ์อาหารของผู้ประกอบการร้านอาหารบริเวณหน้ามหาวิทยาลัยอุบลราชธานี โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาคือผู้ประกอบการร้านอาหารที่ดำเนินกิจการอยู่บริเวณหน้ามหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี กลุ่มตัวอย่างได้จากการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) จำนวน 53 ร้าน โดยมีเกณฑ์การคัดเลือกคือเป็นร้านอาหารที่มีการใช้บรรจุภัณฑ์สำหรับใส่อาหารกลับบ้าน และเจ้าของร้านหรือผู้ดูแลร้านยินยอมให้ข้อมูลในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบสอบถาม ซึ่งผู้วิจัยพัฒนาขึ้นจากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความรู้ ทัศนคติ และพฤติกรรมการใช้บรรจุภัณฑ์อาหารของผู้ประกอบการร้านอาหาร แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 12 ข้อ เป็นคำถามแบบเลือกตอบและเติมคำตอบ ประกอบด้วย เพศ อายุ ระดับการศึกษา รายได้เฉลี่ยต่อเดือน ระยะเวลาในการประกอบกิจการ จำนวนลูกค้าที่มาซื้อกลับบ้านเฉลี่ยต่อวัน การได้รับข้อมูลเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหาร แหล่งที่ได้รับข้อมูล ระดับการมีส่วนร่วมต่อการสร้างขยะบรรจุภัณฑ์ ช่องทางการขายอาหาร ต้นทุนในการซื้อบรรจุภัณฑ์ และประเภทอาหารที่จำหน่าย

ส่วนที่ 2 ความรู้เกี่ยวกับการใช้บรรจุภัณฑ์อาหาร จำนวน 10 ข้อ เป็นคำถามแบบถูก–ผิด ใช้ประเมินความรู้เกี่ยวกับผลกระทบของบรรจุภัณฑ์อาหารต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ให้เหมาะสมกับประเภทอาหาร และความปลอดภัยของวัสดุ โดยให้คะแนนคำตอบที่ถูกต้องเท่ากับ 1 คะแนน และคำตอบที่ไม่ถูกต้องเท่ากับ 0 คะแนน การแปลผลระดับความรู้แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับสูง (8–10 คะแนน) ระดับปานกลาง (6–7 คะแนน) และระดับต่ำ (0–5 คะแนน)

ส่วนที่ 3 ทัศนคติต่อการใช้บรรจุภัณฑ์อาหาร จำนวน 10 ข้อ เป็นคำถามแบบมาตรประมาณค่า 5 ระดับ (Likert scale) ตั้งแต่ “เห็นด้วยมาก” ถึง “ไม่เห็นด้วยอย่างมาก” โดยให้คะแนนตั้งแต่ 5 ถึง 1 ตามลำดับ การแปลผลคะแนนทัศนคติใช้เกณฑ์การแบ่งช่วงคะแนนตามแนวคิดของ Best แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ทัศนคติระดับดี (คะแนน 3.67-5.00) ระดับปานกลาง (คะแนน 2.34-3.66) และระดับต้องปรับปรุง (คะแนน 1.00-2.33)

ส่วนที่ 4 พฤติกรรมการใช้บรรจุภัณฑ์อาหาร จำนวน 5 ข้อ เป็นคำถามแบบปลายปิดและแบบตอบได้หลายคำตอบ ครอบคลุมปัจจัยที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกบรรจุภัณฑ์ ประเภทบรรจุภัณฑ์ที่ใช้เป็นประจำ ความถี่ในการใช้บรรจุภัณฑ์อาหารแต่ละประเภท วิธีการจัดการบรรจุภัณฑ์หลังการใช้งาน และแนวทางในการลดการใช้บรรจุภัณฑ์อาหารที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

ผู้วิจัยพัฒนาแบบสอบถามจากการทบทวนเอกสาร แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ครอบคลุมเนื้อหาตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา จากนั้นนำแบบสอบถามไปตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (content validity) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน และวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Index of Item Objective Congruence: IOC) ซึ่งทุกข้อคำถามมีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.60–1.00 อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ หลังจากปรับปรุงแบบสอบถามตามข้อเสนอแนะแล้ว ผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามไปทดลองใช้ (try out) กับกลุ่มที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง ณ ตลาดโต้รุ่ง อำเภอวาริน ชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 10 ชุด เพื่อตรวจสอบความเชื่อมั่นของเครื่องมือ โดยส่วนความรู้ซึ่งเป็นข้อคำถามแบบถูก–ผิด ตรวจสอบความเชื่อมั่นด้วยสูตร KR-20 ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.77 และส่วนทัศนคติซึ่งเป็นข้อคำถามแบบมาตรประมาณค่า 5 ระดับ ตรวจสอบความเชื่อมั่นด้วยค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach’s alpha coefficient) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.79 ซึ่งอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

ขั้นตอนดำเนินงานวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) ชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัยและรายละเอียดของแบบสอบถามให้กลุ่มตัวอย่างทราบอย่างชัดเจนก่อนการตอบแบบสอบถาม เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างมีความเข้าใจและให้ข้อมูลอย่างสมัครใจ

2) ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์จากกลุ่มตัวอย่างผู้ประกอบการร้านอาหาร ที่ยินยอมเข้าร่วมในการศึกษา ระหว่างเดือนมิถุนายน-กรกฎาคม พ.ศ. 2568 ตามจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่กำหนดไว้

3) ตรวจสอบแบบสอบถามที่ได้รับกลับคืนจากกลุ่มตัวอย่าง โดยตรวจสอบความถูกต้อง ความครบถ้วน และความสมบูรณ์ของข้อมูลก่อนนำไปวิเคราะห์

4) นำข้อมูลที่ผ่านการตรวจสอบแล้วเข้าสู่กระบวนการประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลตามเครื่องมือทางสถิติที่กำหนดไว้

5) เขียนรายงานผลการวิจัยและสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลเชิงคุณภาพ ได้แก่ เพศ ระดับการศึกษา และรายได้ วิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่และค่าร้อยละ ส่วนข้อมูลเชิงปริมาณ ได้แก่ อายุและประสบการณ์ในการเปิดร้านอาหาร วิเคราะห์ด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน หรือใช้ค่ามัธยฐานและเปอร์เซ็นไทล์ที่ 25 และ 75 ในกรณีที่ข้อมูลมีการแจกแจงไม่เป็นปกติ สำหรับการวิเคราะห์เชิงอนุมาน ใช้สถิติ Chi-square test เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับพฤติกรรมการใช้บรรจุภัณฑ์อาหาร โดยเน้นเฉพาะการใช้กล่องโฟม ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ศึกษาความรู้ ทัศนคติ และพฤติกรรมการใช้บรรจุภัณฑ์อาหารของผู้ประกอบการร้านอาหารบริเวณหน้ามหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จำนวน 53 ร้าน ผลการวิจัยนำเสนอในประเด็นสำคัญดังนี้

ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 60.3) มีค่ามัธยฐานอายุ 43 ปี (P_{25} = 34, P_{75} = 52) มีระยะเวลาในการประกอบกิจการร้านอาหารค่ามัธยฐาน 7 ปี รายได้เฉลี่ยต่อเดือนมีค่ามัธยฐาน 22,500 บาท ในด้านลักษณะการประกอบกิจการ พบว่าร้านอาหารส่วนใหญ่จำหน่ายอาหารตามสั่ง คิดเป็นร้อยละ 68.0 และจำหน่ายอาหารผ่านหน้าร้านเป็นหลัก ผู้ประกอบการส่วนใหญ่เคยได้รับข้อมูลความรู้เกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหาร คิดเป็นร้อยละ 69.9 โดยแหล่งข้อมูลที่ได้รับมากที่สุดคือสื่อโซเชียลมีเดีย คิดเป็นร้อยละ 71.8 นอกจากนี้ผู้ประกอบการส่วนใหญ่ประเมินว่าร้านของตนมีส่วนในการสร้างขยะบรรจุภัณฑ์ในชุมชนในระดับน้อย คิดเป็นร้อยละ 54.8 รายละเอียดตังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวน ร้อยละข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม (n = 53)

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน	ร้อยละ
1. เพศ		
ชาย	21	39.7
หญิง	32	60.3
2. อายุ (ปี) Median =43 P_{25}=34 P_{75}=52 IQR=18		
3. ระดับการศึกษา		
ประถมศึกษาหรือต่ำกว่า	9	17.0
มัธยมศึกษา	34	64.2
ปริญญาตรีขึ้นไป	10	18.8
4. รายได้เฉลี่ยต่อเดือน (บาท/เดือน) Median =22500 P_{25}=14750 P_{75}=46250 IQR=31500		
5. ระยะเวลาในการประกอบกิจการร้านอาหาร (ปี) Median =7 P_{25}=3 P_{75}=10 IQR=7		
6. จำนวนลูกค้าที่มาซื้อกลับบ้านเฉลี่ยต่อวัน (ราย/วัน) Median =60 P_{25}=40 P_{75}=100 IQR=60		
7. การได้รับข้อมูลความรู้เกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์ใส่อาหาร		
เคย	37	69.9
ไม่เคย	16	30.1
8. ช่องทางการได้รับข้อมูลข่าวสาร		
ทางโซเชียลมีเดีย	26	70.3
ผ่านหน่วยงานรัฐ	8	21.6
จากมหาวิทยาลัย	3	8.1

9. ระดับการมีส่วนร่วมต่อการสร้างขยะบรรจุภัณฑ์ในชุมชน		
มาก	**6**	**11.3**
ปานกลาง	**12**	**22.6**
น้อย	**29**	**54.8**
ไม่มี	**6**	**11.3**
10. ช่องทางการขายอาหาร (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
หน้าร้าน	53	100.0
Grab	8	15.0
Shopee Food	5	9.4
Line Man	2	3.7
11. ต้นทุนในการซื้อบรรจุภัณฑ์อาหาร (บาท/สัปดาห์) Median=180 P_{25}=120 P_{75}=265 IQR=145		
12. ประเภทของอาหารที่ขาย (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
อาหารตามสั่ง	36	68.0
ข้าวราดแกง	8	15.0
ข้าวมันไก่	4	7.6
ข้าวขาหมู	5	9.4

ความรู้จากการใช้บรรจุภัณฑ์อาหาร

ผู้ประกอบการร้านอาหารส่วนใหญ่มีความรู้จากการใช้บรรจุภัณฑ์อาหารอยู่ในระดับดี โดยข้อคำถามส่วนใหญ่มีสัดส่วนการตอบถูกอยู่ระหว่างร้อยละ 90.6–100 ประเด็นที่ผู้ประกอบการตอบถูกมากที่สุด ได้แก่ การใช้บรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพช่วยลดปัญหาขยะและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การใช้บรรจุภัณฑ์โฟมพลาสติก และกระดาษจำนวนมากส่งผลต่อสิ่งแวดล้อม รวมถึงการพิจารณาบรรจุภัณฑ์จากความปลอดภัยต่อสุขภาพและความเหมาะสมกับชนิดอาหาร ซึ่งมีสัดส่วนการตอบถูกคิดเป็นร้อยละ 100 ข้อคำถามที่มีสัดส่วนการตอบถูกต่ำที่สุดคือ ประเด็นกล่องกระดาษที่เคลือบพลาสติกสามารถทนความร้อนได้แต่ไม่ควรใช้ซ้ำหลายครั้ง คิดเป็นร้อยละ 90.6 ดังแสดงในตารางที่ 2 เมื่อนำมาจัดเป็นระดับ พบว่า ผู้ประกอบการร้านอาหารทั้งหมดมีระดับความรู้จากการใช้บรรจุภัณฑ์อาหารอยู่ในระดับดี (ร้อยละ 100) โดยมีค่ามัธยฐานคะแนนความรู้เท่ากับ 10 คะแนน และมีช่วงคะแนนต่ำสุด–สูงสุดอยู่ระหว่าง 8–10 คะแนน ดังแสดงในตารางที่ 3 สะท้อนให้เห็นว่าผู้ประกอบการโดยภาพรวมมีความรู้ที่ถูกต้องเกี่ยวกับการเลือกและใช้บรรจุภัณฑ์อาหาร

ตารางที่ 2 จำนวนและร้อยละของความรู้จากการใช้บรรจุภัณฑ์อาหาร (n = 53)

ความรู้จากการใช้บรรจุภัณฑ์อาหาร	ตอบถูก	
	จำนวน	ร้อยละ
1.กล่องโฟมเมื่อใส่อาหารร้อนจัดอาจปล่อยสารสไตรีน ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งเข้าสู่อาหาร	51	(96.2)
2.บรรจุภัณฑ์อาหารมีบทบาทสำคัญในการ ป้องกันการปนเปื้อนและคงคุณภาพอาหาร	52	(98.1)
3.การใช้บรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ช่วยลดปัญหาขยะสะสมและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	53	(100)
4.การใช้บรรจุภัณฑ์โฟม พลาสติก และกระดาษจำนวนมาก ส่งผลต่อสิ่งแวดล้อม เช่น เพิ่มปริมาณขยะและก๊าซเรือนกระจก	53	(100)
5.การใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมกับประเภทของอาหาร สามารถช่วยลดผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมได้	53	(100)
6.การใช้บรรจุภัณฑ์อาหารควรพิจารณาจาก ความปลอดภัยต่อสุขภาพ ความเหมาะสมกับชนิดอาหาร และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	53	(100)
7.กล่องกระดาษสามารถย่อยสลายได้ง่าย มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่ากล่องโฟมหรือพลาสติก	53	(100)
8.กล่องพลาสติกทุกประเภทสามารถอุ่นในไมโครเวฟได้อย่างปลอดภัย	51	(96.2)
9.การให้ลูกค้านำ ภาชนะส่วนตัวมาใส่อาหาร สามารถช่วยลดการใช้บรรจุภัณฑ์แบบใช้ครั้งเดียวได้	51	(96.2)
10.กล่องกระดาษที่เคลือบพลาสติกสามารถทนความร้อนได้ แต่ไม่ควรใช้ซ้ำหลายครั้ง เพราะอาจก่อให้เกิดการปนเปื้อน	48	(90.6)

ตารางที่ 3 จำนวนและร้อยละของระดับความรู้จากการใช้บรรจุภัณฑ์อาหาร

ระดับความรู้	จำนวน (คน)	ร้อยละ	Median	Min	Max
ระดับดี	53	100	10	8	10

ทัศนคติจากการใช้บรรจุภัณฑ์อาหาร

ค่าเฉลี่ยคะแนนทัศนคติของผู้ประกอบการร้านอาหารต่อการใช้บรรจุภัณฑ์อาหารอยู่ระหว่าง 3.64–4.42 โดยส่วนใหญ่อยู่ในระดับดี สะท้อนให้เห็นว่าผู้ประกอบการมีทัศนคติเชิงบวกต่อการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์อาหารที่ปลอดภัย เหมาะสม และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ประเด็นที่ผู้ประกอบการเห็นด้วยมาก ได้แก่ การใช้บรรจุภัณฑ์ที่ปลอดภัยต่อสุขภาพ (Mean = 4.42) การใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมเพื่อลดความเสี่ยงต่อการปนเปื้อน (Mean = 4.40) และการหลีกเลี่ยงการใช้กล่องโฟมสำหรับอาหารร้อน (Mean = 4.32) ขณะที่ประเด็นการกำหนดมาตรฐานบรรจุภัณฑ์อาหารที่ชัดเจนและการบังคับใช้จริงจังมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด (Mean = 3.64) อยู่ในระดับปานกลาง ดัง

แสดงในตารางที่ 4 เมื่อนำมาจัดเป็นระดับ ดังตารางที่ 5 พบว่า ผู้ประกอบการร้านอาหารส่วนใหญ่มีระดับทัศนคติจากการใช้บรรจุภัณฑ์อาหารอยู่ในระดับดี คิดเป็นร้อยละ 98.1 และมีเพียงร้อยละ 1.9 ที่อยู่ในระดับปานกลาง โดยมีค่ามัธยฐานคะแนนทัศนคติเท่ากับ 42 คะแนน และมีช่วงคะแนนต่ำสุด–สูงสุดอยู่ระหว่าง 32–50 คะแนน สะท้อนให้เห็นว่าผู้ประกอบการร้านอาหารโดยภาพรวมมีมุมมองที่ดีต่อการใช้บรรจุภัณฑ์อาหารที่ปลอดภัยและตระหนักถึงผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม

ตารางที่ 4 ทัศนคติจากการใช้บรรจุภัณฑ์อาหาร (n=53)

ทัศนคติจากการใช้บรรจุภัณฑ์อาหาร	Mean	S.D.	แปลผล
1.ควรใช้บรรจุภัณฑ์ที่ปลอดภัยต่อสุขภาพเป็นหลัก	4.42	0.66	ดี
2.ความทนทานของบรรจุภัณฑ์มีผลต่อการใช้	4.13	0.76	ดี
3.ราคาของบรรจุภัณฑ์เป็นปัจจัยสำคัญในการตัดสินใจใช้	4.23	0.78	ดี
4.การใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมช่วยลดความเสี่ยงต่อการปนเปื้อน	4.40	0.66	ดี
5.ควรหลีกเลี่ยงการใช้กล่องโฟมในการใส่อาหารร้อน	4.32	0.80	ดี
6.บรรจุภัณฑ์ที่สามารถรีไซเคิลได้ควรได้รับความนิยมมากกว่าบรรจุภัณฑ์ใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง	4.06	0.93	ดี
7.ยินดีจ่ายแพงขึ้นเล็กน้อยเพื่อใช้บรรจุภัณฑ์ที่ปลอดภัยและย่อยสลายได้	4.19	0.68	ดี
8.ควรมีการกำหนดมาตรฐานบรรจุภัณฑ์อาหารที่ชัดเจนและบังคับใช้จริงจัง	3.64	1.09	ปานกลาง
9.เห็นด้วยกับการส่งเสริมให้ใช้บรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้แทนกล่องโฟม	4.15	0.61	ดี
10.เห็นด้วยว่าการใช้บรรจุภัณฑ์อาหารมีผลต่อสุขภาพของผู้บริโภคในระยะยาว	4.17	0.64	ดี

ตารางที่ 5 จำนวนและร้อยละของระดับทัศนคติจากการใช้บรรจุภัณฑ์อาหาร

ระดับทัศนคติ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ระดับดี	52	98.1
ระดับปานกลาง	1	1.9
Median 42	**Min 32**	**Max 50**

พฤติกรรมการใช้บรรจุภัณฑ์อาหาร

ผู้ประกอบการร้านอาหารส่วนใหญ่ใช้กล่องโฟมเป็นบรรจุภัณฑ์หลักในการจำหน่ายอาหาร (ร้อยละ 50.9) รองลงมาคือกล่องพลาสติก (ร้อยละ 47.2) ขณะที่กล่องกระดาษมีการใช้น้อยมาก (ร้อยละ 1.9) ปัจจัยสำคัญในการตัดสินใจเลือกใช้บรรจุภัณฑ์อาหาร คือ ความสะดวกในการใช้งาน (ร้อยละ 43.4) รองลงมาคือ ความปลอดภัยต่อผู้บริโภค (ร้อยละ 26.4) และราคา (ร้อยละ 20.8) ในด้านการจัดการหลังการใช้งาน พบว่า ผู้ประกอบการส่วนใหญ่ทิ้งบรรจุภัณฑ์รวมกับขยะทั่วไป (ร้อยละ 47.2) รองลงมาคือการแยกขยะรีไซเคิลก่อนทิ้ง (ร้อยละ 32.1) และ

การส่งต่อให้หน่วยงานรับซื้อหรือคัดแยกขยะ (ร้อยละ 18.9) สำหรับแนวทางในการลดการใช้บรรจุภัณฑ์ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ผู้ประกอบการเห็นควรใช้บรรจุภัณฑ์ที่สามารถย่อยสลายได้มากที่สุด (ร้อยละ 30.2) รองลงมาคือการลดการใช้โฟมและพลาสติกโดยหันมาใช้บรรจุภัณฑ์ทางเลือก (ร้อยละ 26.4) และการสนับสนุนให้ลูกค้านำภาชนะมาเอง (ร้อยละ 17.0) ดังแสดงในตารางที่ 6 เมื่อพิจารณาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้กล่องโฟมในตารางที่ 7 พบว่า ปัจจัยส่วนบุคคลที่ศึกษา ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา รายได้ ระยะเวลาในการประกอบกิจการ การได้รับข้อมูลความรู้เกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อาหาร แหล่งข้อมูล ช่องทางการขายอาหาร ต้นทุนในการซื้อบรรจุภัณฑ์ และประเภทของอาหารที่จำหน่าย ไม่พบความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้กล่องโฟมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 แสดงให้เห็นว่าพฤติกรรมการใช้กล่องโฟมของผู้ประกอบการร้านอาหารในพื้นที่ศึกษาไม่ได้ขึ้นอยู่กับลักษณะประชากรศาสตร์ แต่มีแนวโน้มได้รับอิทธิพลจากปัจจัยเชิงบริบทและโครงสร้าง เช่น ความสะดวกในการใช้งาน ต้นทุน และความคุ้นเคยกับบรรจุภัณฑ์แบบเดิม

ตารางที่ 6 จำนวนและร้อยละของพฤติกรรมการใช้บรรจุภัณฑ์อาหาร (n=53)

พฤติกรรมการใช้บรรจุภัณฑ์อาหาร	จำนวน	ร้อยละ
1.ประเภทบรรจุภัณฑ์อาหารที่ใช้ในการจำหน่ายอาหาร		
ใช้กล่องโฟม	**27**	**50.9**
ใช้กล่องพลาสติก	**25**	**47.2**
ใช้กล่องกระดาษ	**1**	**1.9**
2.ปัจจัยสำคัญที่ใช้ในการตัดสินใจใช้บรรจุภัณฑ์อาหาร		
ราคา	11	20.8
ความสะดวกในการใช้งาน	23	43.4
ความปลอดภัยต่อผู้บริโภค	14	26.4
ความคงทน/คุณภาพในการเก็บอาหาร	3	5.7
ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	2	3.8
3.ความถี่ในการใช้บรรจุภัณฑ์อาหารแต่ละประเภทในแต่ละวัน		
ใช้กล่องโฟมเป็นส่วนใหญ่	27	50.9
ใช้กล่องพลาสติกเป็นส่วนใหญ่	25	47.2
ใช้กล่องกระดาษเป็นส่วนใหญ่	1	1.9
4.วิธีการจัดการหลังจากใช้งานบรรจุภัณฑ์อาหารแล้ว		
ทิ้งรวมกับขยะทั่วไป	25	47.2
แยกขยะรีไซเคิลก่อนทิ้ง	17	32.1
นำกลับมาใช้ซ้ำ (Reuse)	1	1.9
มอบให้หน่วยงานที่รับซื้อหรือคัดแยกขยะ	10	18.9

5.แนวทางในการลดการใช้บรรจุภัณฑ์อาหารที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม		
ไม่มีแนวทาง	14	26.4
ลดการใช้โฟม/พลาสติก และหันมาใช้บรรจุภัณฑ์ทางเลือก	14	26.4
สนับสนุนให้ลูกค้านำภาชนะมาเอง	9	17.0
ใช้บรรจุภัณฑ์ที่สามารถย่อยสลายได้	16	30.2

ตารางที่ 7 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลพฤติกรรมกรรมการใช้บรรจุภัณฑ์กล่องโฟม (n=53)

ปัจจัยส่วนบุคคล	**พฤติกรรมการใช้กล่องโฟม**		**Chi-square**	**p-value**
	ใช้ (27)	**ไม่ใช้ (26)**		
1.เพศ				
ชาย	13(24.5)	8(15.1)	1.672	0.196
หญิง	14(26.4)	18(34.0)		
2. อายุ				
≤ 43 ปี	12(22.6)	15(28.3)	0.930	0.414
> 43 ปี	15(28.3)	11(20.8)		
3. ระดับการศึกษา				
ประถมศึกษาหรือต่ำกว่า	2(3.8)	7(13.2)	3.819	0.165
มัธยมศึกษา	20(37.7)	14(26.4)		
ปริญญาตรีขึ้นไป	5(9.4)	5(9.4)		
4. รายได้				
≤ 22,500 บาท	18(34.0)	16(30.2)	0.151	0.459
> 22,500 บาท	9(17.0)	10(18.9)		
5. ระยะเวลาในการประกอบกิจการร้านอาหาร				
≤ 7 ปี	17(32.1)	14(26.4)	0.453	0.583
> 7 ปี	10(18.9)	12(22.6)		
6.การเคยได้รับข้อมูลความรู้เกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์ใส่อาหาร				
เคย	21(39.6)	15(28.3)	2.453	0.148
ไม่เคย	6(11.3)	11(20.8)		
7.ช่องทางการได้รับข้อมูลข่าวสาร				
ทางโซเชียลมีเดีย	20(37.7)	18(34.0)	0.270	0.874
ผ่านหน่วยงานรัฐ	6(11.3)	6(11.3)		
จากมหาวิทยาลัย	1(1.9)	2(3.8)		
8. ช่องทางการขายอาหาร				
หน้าร้าน	19(35.8)	19(35.8)	3.782	0.286
Grab	6(11.3)	2(3.8)		
Shopee Food	1(1.9)	4(7.5)		

ปัจจัยส่วนบุคคล	พฤติกรรมการใช้กล่องโฟม		Chi-square	p-value
	ใช้ (27)	ไม่ใช้ (26)		
Line Man	1(1.9)	1(1.9)		
9. ต้นทุนในการซื้อบรรจุภัณฑ์อาหาร				
≤ 180 บาท	15(28.3)	12(22.6)	0.468	0.587
> 180 บาท	12(22.6)	14(26.4)		
10. ประเภทของอาหารที่ขาย				
อาหารตามสั่ง	20(37.7)	16(30.2)	1.626	0.732
ข้าวราดแกง	4(7.5)	4(7.5)		
ข้าวมันไก่	1(1.9)	3(5.7)		
ข้าวขาหมู	2(3.8)	3(5.7)		

วิจารณ์ผล

ผลการศึกษาในด้านความรู้เกี่ยวกับการใช้บรรจุภัณฑ์อาหารพบว่า ผู้ประกอบการร้านอาหารมีระดับความรู้โดยรวมอยู่ในระดับสูงทั้งหมด สะท้อนถึงการรับรู้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับผลกระทบของบรรจุภัณฑ์อาหารต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในช่วงหลายปีที่ผ่านมา โดยเฉพาะประเด็นอันตรายจากการใช้กล่องโฟมกับอาหารร้อน และปัญหาขยะจากบรรจุภัณฑ์แบบใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงบทบาทของการสื่อสารสาธารณะ การรณรงค์ด้านสิ่งแวดล้อม และการเผยแพร่ข้อมูลผ่านสื่อสังคมออนไลน์ที่มีส่วนช่วยยกระดับความรู้ของผู้ประกอบการร้านอาหารอย่างเป็นรูปธรรม ซึ่งสอดคล้องกับข้อค้นพบของ ณัฐติกา แก้วดี และคณะ (2564) ที่รายงานว่าผู้ค้าจำหน่ายอาหารในจังหวัดอุบลราชธานีมีความรู้ด้านบรรจุภัณฑ์อาหารในระดับดี รวมถึงรายงานของกรมควบคุมมลพิษ (2566) ที่ชี้ให้เห็นว่าการสื่อสารเชิงนโยบายและการรณรงค์อย่างต่อเนื่องมีบทบาทสำคัญต่อการสร้างความตระหนักรู้ของผู้ประกอบการและประชาชนโดยทั่วไป

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าผู้ประกอบการจะมีระดับความรู้โดยรวมอยู่ในระดับสูง แต่ผลการศึกษายังพบช่องว่างของความรู้เชิงเทคนิคบางประการ โดยเฉพาะความเข้าใจเกี่ยวกับความปลอดภัยของกล่องกระดาษเคลือบพลาสติกเมื่อมีการนำมาใช้ซ้ำ ซึ่งเป็นประเด็นที่ผู้ประกอบการมีความเข้าใจต่ำกว่าประเด็นอื่นอย่างชัดเจน ข้อค้นพบดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า ความรู้เชิงทั่วไปด้านสิ่งแวดล้อมและการลดขยะอาจยังไม่เพียงพอ หากไม่ได้รับการเสริมด้วยองค์ความรู้ด้านความปลอดภัยอาหารและคุณสมบัติเฉพาะของวัสดุบรรจุภัณฑ์อย่างเป็นระบบ ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ พรรณสิทธ์ เทียมทัน และคณะ (2566) ที่ระบุว่าผู้ค้าส่วนใหญ่มีความรู้ด้านบรรจุภัณฑ์ในภาพรวมดี แต่ยังขาดความเข้าใจเชิงลึกเกี่ยวกับความเสี่ยงจากการสัมผัสอาหารร้อนและการใช้บรรจุภัณฑ์ซ้ำในบริบทการค้าขายจริง

ในด้านทัศนคติต่อการใช้บรรจุภัณฑ์อาหาร ผลการศึกษาพบว่าผู้ประกอบการร้านอาหารมีทัศนคติอยู่ในระดับสูง โดยส่วนใหญ่เห็นด้วยกับการใช้บรรจุภัณฑ์ที่ปลอดภัยต่อสุขภาพ การหลีกเลี่ยงการใช้กล่องโฟมสำหรับอาหารร้อน และการส่งเสริมการใช้บรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ผลลัพธ์ดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ พรรณสิทธ์ เทียมทัน และคณะ (2566) และ ไตรภพ โยธาดี และคณะ (2564) ซึ่งรายงานว่าผู้ค้าและผู้บริโภคมี

ทัศนคติในเชิงบวกต่อการลดการใช้พลาสติกและบรรจุภัณฑ์ที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ อย่างไรก็ตาม แม้ทัศนคติของผู้ประกอบการจะอยู่ในระดับสูง แต่ยังไม่สะท้อนออกมาเป็นพฤติกรรมการใช้งานจริงอย่างชัดเจน สถานการณ์ดังกล่าวสะท้อนถึงปรากฏการณ์ช่องว่างระหว่างทัศนคติกับพฤติกรรม ซึ่งพบได้บ่อยในงานวิจัยด้านสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะในบริบทที่การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมต้องเผชิญกับข้อจำกัดด้านต้นทุน ความสะดวก และเงื่อนไขเชิงโครงสร้างของการดำเนินธุรกิจร้านอาหาร

สำหรับด้านพฤติกรรมการใช้บรรจุภัณฑ์อาหาร ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า การตัดสินใจเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ของผู้ประกอบการยังคงถูกกำหนดโดยปัจจัยด้านความสะดวกและต้นทุนเป็นสำคัญ แม้ว่าผู้ประกอบการจะมีความรู้และทัศนคติที่ดีต่อบรรจุภัณฑ์ทางเลือกแล้วก็ตาม กล่องโฟมยังคงเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ถูกเลือกใช้มากที่สุด เนื่องจากมีราคาถูก หาซื้อง่าย และสอดคล้องกับรูปแบบการให้บริการอาหารตามสั่งในพื้นที่ ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐติกา แก้วดี และคณะ (2564) และ สรรพวัต วงศ์จำรัส (2563) ที่ชี้ว่าความคุ้นเคย ความสะดวกในการใช้งาน และต้นทุนที่ต่ำ เป็นอุปสรรคสำคัญต่อการเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้บรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ การที่บรรจุภัณฑ์หลังการใช้งานยังถูกทิ้งรวมกับขยะทั่วไป ยังสะท้อนถึงข้อจำกัดของระบบคัดแยกขยะทั้งในระดับร้านอาหารและระดับพื้นที่ ซึ่งส่งผลให้การนำแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนไปประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติยังคงเป็นความท้าทาย

ในส่วนของความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับพฤติกรรมการใช้กล่องโฟม ไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สะท้อนให้เห็นว่า พฤติกรรมการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์อาหารไม่ได้ถูกกำหนดโดยลักษณะประชากรศาสตร์ของผู้ประกอบการโดยตรง หากแต่ขึ้นอยู่กับปัจจัยเชิงโครงสร้าง เช่น ราคาบรรจุภัณฑ์ ความสะดวกในการใช้งาน การเข้าถึงบรรจุภัณฑ์ทางเลือก และบริบทของการแข่งขันทางธุรกิจมากกว่า ข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ สรรพวัต วงศ์จำรัส (2563) ที่เสนอว่าการลดการใช้บรรจุภัณฑ์พลาสติกจำเป็นต้องอาศัยมาตรการเชิงนโยบายและแรงจูงใจทางเศรษฐกิจควบคู่ไปกับการให้ความรู้ ดังนั้น การส่งเสริมการใช้บรรจุภัณฑ์อาหารที่ปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในบริบทพื้นที่รอบมหาวิทยาลัย จำเป็นต้องดำเนินการอย่างบูรณาการ ทั้งในมิติของการพัฒนาองค์ความรู้เชิงเทคนิค การสนับสนุนเชิงโครงสร้าง และการกำหนดนโยบายที่เอื้อต่อการเข้าถึงบรรจุภัณฑ์ทางเลือก เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้ประกอบการอย่างยั่งยืนในระยะยาว

สรุปผล

ผลการวิจัยสะท้อนให้เห็นว่า ผู้ประกอบการร้านอาหารบริเวณหน้ามหาวิทยาลัยอุบลราชธานีมีความรู้และทัศนคติที่ดีต่อการใช้บรรจุภัณฑ์อาหาร แต่พฤติกรรมการใช้งานจริงยังไม่สอดคล้องกับระดับความรู้และทัศนคติที่มีอยู่ โดยผู้ประกอบการมีความรู้เกี่ยวกับผลกระทบของบรรจุภัณฑ์ต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมอยู่ในระดับสูง อย่างไรก็ตาม ความรู้เชิงเทคนิคบางประเด็น โดยเฉพาะความปลอดภัยของกล่องกระดาษเคลือบพลาสติกเมื่อใช้ซ้ำ ยังเป็นประเด็นที่ควรได้รับการพัฒนาเพิ่มเติม ด้านทัศนคติ ผู้ประกอบการส่วนใหญ่มีมุมมองเชิงบวกต่อการใช้บรรจุภัณฑ์ที่ปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ขณะที่ด้านพฤติกรรมพบว่าการเลือกใช้บรรจุ

ภัณฑ์ยังถูกกำหนดโดยความสะดวกและต้นทุนเป็นหลัก โดยกล่องโฟมยังคงเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ใช้มากที่สุด และการจัดการหลังการใช้งานส่วนใหญ่ยังทิ้งรวมกับขยะทั่วไป นอกจากนี้ ไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับพฤติกรรมการใช้กล่องโฟม สะท้อนว่าการเปลี่ยนพฤติกรรมจำเป็นต้องอาศัยการสนับสนุนเชิงระบบและเชิงนโยบายควบคู่กับการให้ความรู้แก่ผู้ประกอบการ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผู้ประกอบการร้านอาหารบริเวณหน้ามหาวิทยาลัยที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการให้ข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. (2564). *Roadmap การจัดการขยะพลาสติก*. แหล่งข้อมูล: https://www.pcd.go.th/wp-content ค้นเมื่อ 25 กรกฎาคม 2567.

กรมควบคุมมลพิษ. (2566). *ข้อมูลสถานการณ์ขยะมูลฝอยของประเทศ*. แหล่งข้อมูล: https://www.pcd.go.th/wp-content/uploads/2024/05/pcdnew-2024-05-09_07-53-50_682275 ค้นเมื่อ 25 กรกฎาคม 2567.

กรมควบคุมมลพิษ. (2567). *ข้อมูลสถานการณ์ขยะมูลฝอยของจังหวัดอุบลราชธานี*. แหล่งข้อมูล: https://thaimsw.pcd.go.th/report_province.php?year=2566&province=23 ค้นเมื่อ 25 กรกฎาคม 2567.

ณัฐติกา แก้วดี, เสาวลักษณ์ ชมทอง, กัญญาวีร์ เอมโอษฐ์ และ ปวีณา ลิมปิทีปราการ. (2564). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในกลุ่มผู้ค้าตลาดเจริญศรี อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี. *วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี, 11*(2), 65–82.

ไตรภพ โยธาดี และ ทิพย์รัตน์ เลาหวิเชียร. (2564). ทัศนคติของผู้บริโภคต่อบรรจุภัณฑ์สำหรับอาหารปรุงสำเร็จที่ เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม. ใน รายงานสืบเนื่องจากการประชุมหาดใหญ่วิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 12 (25 มิถุนายน 2564). มหาวิทยาลัยหาดใหญ่. หน้า 1491-1505.

พรรณสิทธ์ เทียมทัน, อุมาวดี ท่อนแก้ว, สง่า ทับทิมหิน, พลากร สืบสำราญ และ ปวีณา ลิมปิทีปราการ. (2568). การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์อาหาร ความรู้เกี่ยวกับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และทัศนคติต่อการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมของผู้ค้าแผงลอยรอบโรงเรียนประถมศึกษาในเขตเมือง. วารสารสังคมวิจัยและพัฒนา, 7(4), 160–176.

สรรพวัต วงศ์จำรัส, วชิรญาณ์ แสงสุวรรณเมฆา, ทักษ์ดนัย นาคา และ พุฒิพัฒน์ ทวีวชิรพัฒน์. (2563). การศึกษา

ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการลดใช้บรรจุภัณฑ์พลาสติก กรณีศึกษามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 58, หน้า 320-327.

คู่เสมือนของนิจพลในริงเมทริกซ์เอกฐานอันดับ 2 เหนือริงพหุนาม

Skew pairs of idempotents in the singular matrix ring of order 2 over a polynomial ring

ณัฐพนธ์ อยู่สุข[1] และ นเรศ สวัสดิ์รักษา[2*]

Nathapon Yoosuk[1] and Nares Sawatraksa[2*]

[1] หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การสอนคณิตศาสตร์) สาขาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

[2] สาขาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

[1] Master of Science Program in Teaching Mathematics, Division of Mathematics and Statistics, Faculty of Science and Technology, Nakhon Sawan Rajabhat University

[2] Division of Mathematics and Statistics, Faculty of Science and Technology, Nakhon Sawan Rajabhat University

*Corresponding author E-mail: nares.sa@nsru.ac.th

บทคัดย่อ

คู่อันดับของนิจพล (e,f) ในริง R ถูกเรียกว่า คู่เสมือนของนิจพลในริง R ก็ต่อเมื่อ ef ไม่เป็นนิจพล แต่ fe เป็นนิจพล งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาแนวคิดของคู่เสมือนของนิจพลในริงเมทริกซ์ $M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$ เมื่อ p , q และ r เป็นจำนวนเฉพาะที่แตกต่างกันที่มากกว่า 3 ในกรณีที่ดีเทอมิแนนต์ของเมทริกซ์เท่ากับ 0 และแสดงให้เห็นว่าไม่มีคู่เสมือนของนิจพลในริงเมทริกซ์ $M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$ เมื่อ p , q และ r เป็นจำนวนเฉพาะที่แตกต่างกันที่มากกว่า 3 ในกรณีที่ดีเทอมิแนนต์ของเมทริกซ์เท่ากับ 0

คำสำคัญ : นิจพล, คู่เสมือนของนิจพล, จำนวนเต็มมอดุโล m, ริงเมทริกซ์, ริงพหุนาม

Abstract

An ordered pair of idempotents (e,f) in a ring R is called a skew pair of idempotents in R if ef is not an idempotent, but fe is an idempotent. This research studies the concept of skew pair of idempotents in the matrix ring $M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$, where p,q and r are distinct prime numbers greater that 3 and shown that there are no skew pair of idempotents in this matrix ring.

Keywords : Idempotent, Skew Pair of Idempotents, Integer modulo m, Matrix ring, Polynomial ring

บทนำ

เมทริกซ์ (Matrix) และริง (Ring) นับเป็นพื้นฐานสำคัญในสาขาคณิตศาสตร์โดยเฉพาะแขนงพีชคณิตเชิงนามธรรม (Abstract Algebra) ซึ่งมีบทบาทอย่างมากในงานวิจัยและการประยุกต์ใช้ในหลากหลายแขนง เช่น การเข้ารหัสลับ (Cryptography) ทฤษฎีการควบคุม (Control Theory) การประมวลผลภาพ (Image Processing) ตลอดจนการวิเคราะห์โครงสร้างข้อมูลทางคณิตศาสตร์ โดยหนึ่งในโครงสร้างข้อมูลทางคณิตศาสตร์ที่น่าสนใจคือเรื่องของเมทริกซ์ริง (Matrix Ring) หมายถึง เซตของเมทริกซ์ที่มีลักษณะการบวกและคูณ ซึ่งสอดคล้องกับสมบัติของริงภายใต้มิติที่กำหนด โดยพิจารณาเมทริกซ์ที่มีสมาชิกมาจากริงอื่น เช่น $\mathbb{Z}, \mathbb{Q}$ หรือ ริงพหุนาม $R[x]$ ซึ่งเมื่อรวมกับการดำเนินการบวกและการคูณเมทริกซ์ ทำให้เป็นริงที่มีโครงสร้างเฉพาะตัว โดยการศึกษาริงเมทริกซ์ไม่เพียงแต่มีคุณค่าทางทฤษฎี แต่ยังสามารถนำไปใช้วิเคราะห์ปัญหาในทางวิศวกรรมและวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ได้ เช่น การศึกษานิจพล (idempotents) การศึกษาเมทริกซ์ผกผันหรือ โครงสร้างของไอดีล (ideal) ในริงเมทริกซ์สามารถสะท้อนลักษณะของระบบที่ซับซ้อนได้อย่างเป็นระบบ

สมาชิก e ในริง R เป็น นิจพล (idempotent) ก็ต่อเมื่อ $e^2 = e$ ในริงที่มีสมาชิกหนึ่งหน่วย สมาชิก 0 และ 1 เป็นนิจพลที่เรียกว่า นิจพลชัด (trivial idempotent) ซึ่งในโครงสร้างทางพีชคณิตที่เป็นอินทิกรัลโดเมนมีเพียงนิจพลชัดเท่านั้น และนิจพลตัวอื่นนอกจาก 0 และ 1 จะถูกเรียกว่า นิจพลไม่ชัด (non-trivial idempotent) นิจพลมีความสำคัญอย่างยิ่งในการแยกองค์ประกอบของริงและโมดูล

ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา ลักษณะบางประการของนิจพลและตัวหน่วยเป็นที่สนใจของนักทฤษฎีริงจำนวนมาก (Anh & Birkenmeier, 2016; Kanwar et al., 2013; Nicholson, 2004) ในบางริงสมาชิกถูกวางนัยทั่วไปโดยลักษณะของตัวหน่วย ตัวอย่างเช่น (S, k) −ริง คือ ริงที่ทุกสมาชิกเป็นผลรวมของตัวหน่วย k พจน์ จะได้ว่าสมาชิกริงถูกวางนัยทั่วไป โดยสมาชิกนิจพลและตัวหน่วยในคราวเดียวกัน ตัวอย่างเช่น คลีนริง (clean ring) คือ ริงที่ทุกสมาชิกเป็นผลรวมของนิจพลเพียงแบบเดียวเท่านั้นและเป็นตัวหน่วย ต่อมาในปี ค.ศ. 2017 Kanwar, Khathar และ Sharma (2017) ศึกษารูปแบบของนิจพลและตัวหน่วยในบางริงเมทริกซ์ภายใต้ริงพหุนาม ซึ่งพบว่ารูปแบบของนิจพลใน $M_2(\mathbb{Z}_{2p}[x])$ สำหรับทุกจำนวนเฉพาะ p และรูปแบบนิจพลใน $M_2(\mathbb{Z}_{3p}[x])$ สำหรับทุกจำนวนเฉพาะที่มากกว่า 3 เป็นรูปแบบเดียวกับรูปแบบของตัวหน่วยใน $M_2(\mathbb{Z}_{2p}[x])$ และ $M_2(\mathbb{Z}_{3p}[x])$ หลังจากนั้นในปี ค.ศ. 2020 Balmaceda และ Datu (2020) ได้ขยายแนวคิดของ Kanwar ไปยังริงเมทริกซ์ภายใต้ริงพหุนาม $\mathbb{Z}_{pq}[x]$ และได้นำเสนอรูปแบบของนิจพลไม่ชัดในริงเมทริกซ์ $\mathbb{Z}_{pq}[x]$ เมื่อ p และ q เป็นจำนวนเฉพาะ โดยที่ $p > q$ มีทั้งหมด 6 รูปแบบที่แตกต่างกัน ต่อมา Mittal (2020) ได้นำเสนอรูปแบบนิจพลในริง $M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$ และได้นำเสนอรูปแบบของนิจพลไม่ชัดในริงเมทริกซ์ $\mathbb{Z}_{pqr}[x]$ เมื่อ p, q, r เป็นจำนวนเฉพาะที่ไม่ซ้ำกันและมากกว่า 3 และในปี ค.ศ. 2023 Arifin และ Ernanto (2023) นำเสนอรูปแบบของนิจพลไม่ชัดในริงเมทริกซ์ $M_2(\mathbb{Z}_{p^2q}[x])$ ที่แตกต่างกันทั้งหมด 6 รูปแบบ

แนวคิดของคู่เสมือนของนิจพลเริ่มมีการศึกษาครั้งแรกในปี ค.ศ. 2002 โดย Blyth และ Santos (2002) นำเสนอแนวคิดของคู่เสมือนของนิจพล (skew pair of idempotents) เป็นครั้งแรกในกึ่งกรุปปรกติ (กึ่งกรุป S เป็นกึ่งกรุปปรกติ (regular semigroup) ก็ต่อเมื่อ สำหรับทุก $x \in S$ จะได้ว่า $x = xyx$ สำหรับบาง $y \in S$) กล่าวคือ คู่อันดับของนิจพล (e, f) เป็นคู่เสมือนของนิจพล ก็ต่อเมื่อ fe เป็นนิจพล แต่ ef ไม่เป็นนิจพล และพวกเขาได้จำแนกรูปแบบของคู่เสมือนของนิจพลบนกึ่งกรุปปรกติ เป็น 4 รูปแบบ ดังนี้

1. (e, f) เป็นคู่เสมือนของนิจพลแบบเข้ม (strong) ก็ต่อเมื่อ $fe = (ef)^2 [= efe = fef]$
2. (e, f) เป็นคู่เสมือนของนิจพลแบบปรกติซ้าย (left regular) ก็ต่อเมื่อ $fe = fef \neq efe$
3. (e, f) เป็นคู่เสมือนของนิจพลแบบปรกติขวา (right regular) ก็ต่อเมื่อ $fe = efe \neq fef$
4. (e, f) เป็นคู่เสมือนของนิจพลแบบวิยุต (discrete) ก็ต่อเมื่อ $fe, fef, efe, (ef)^2$ แตกต่างกันทั้งหมด

ต่อมาในปี ค.ศ. 2004 พวกเขา (2004) ยังศึกษารูปแบบของคู่เสมือนของนิจพลทั้ง 4 รูปแบบในกึ่งกรุปปกติที่เล็กที่สุดและพิสูจน์ว่ามีทั้งหมด 6 กึ่งกรุปที่สมสัณฐาน (isomorphism) และสมสัณฐานคู่กัน (dual isomorphism) และยังอธิบายกึ่งกรุปเหล่านี้ว่าเป็นกึ่งกรุปผลคูณ (quotient semigroups) ของริงเมทริกซ์รีส์ปกติ (regular Rees matrix semigroup) และในปี ค.ศ. 2006 พวกเขาทั้งสอง (2006a) ยังอธิบายโครงสร้างของคู่เสมือนของนิจพลภายในกึ่งกรุปของการแปลงแบบเต็ม (semigroups of full transformations) $T(X)$ และกำหนดเงื่อนไขของการจำแนกคู่เสมือนของนิจพลทั้ง 4 แบบ นอกจากนั้นพวกเขา (2006b) ได้ศึกษาโครงสร้างของ Derived Rees Matrix Semigroups (DRMS) และยังแสดงว่า $T(X)$ มี 10 โครงสร้างของ DRMS ก็ต่อเมื่อ $|X| \geq 7$ หลังจากนั้น ในปี ค.ศ. 2010 ธวัช ช่างผัส และ Sullivan (2010) ได้ศึกษาแนวคิดของคู่เสมือนของนิจพลในกึ่งกรุปของการแปลงเชิงเส้น (linear transformation semigroup) และ ภาณุวัตร เหลืองชัยศรี และ ธวัช ช่างผัส (2021) ได้อธิบายแนวคิดของคู่เสมือนของนิจพลทั้ง 4 รูปแบบในโครงสร้างของกึ่งกรุปของการแปลงบางส่วน (partial transformation semigroup) ล่าสุดในปี ค.ศ. 2024 สลันกร หุ่นโพธิ์ และเสาวลักษณ์ ยอดสายออ (2024) ได้ศึกษาแนวคิดของคู่เสมือนของนิจพลในริงเมทริกซ์ $M_2(\mathbb{Z}_{pq}[x])$ และ $M_2(\mathbb{Z}_{p^2q}[x])$ โดยที่ p และ q เป็นจำนวนเฉพาะที่แตกต่างกัน พบว่าไม่มีคู่เสมือนของนิจพลในริงเมทริกซ์ดังกล่าว

ในงานวิจัยฉบับนี้ ผู้จัดทำศึกษาแนวคิดของคู่เสมือนของนิจพลในริงเมทริกซ์ $M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$ ในกรณีที่ดีเทอมิแนนต์ของเมทริกซ์เท่ากับ 0 เมื่อ p, q และ r เป็นจำนวนเฉพาะที่แตกต่างกันที่มากกว่า 3 เพื่อตรวจสอบสมาชิกนิจพลที่สอดคล้องเงื่อนไขของคู่เสมือนของนิจพลในริงเมทริกซ์ $M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$ ในกรณีที่ดีเทอมิแนนต์ของเมทริกซ์เท่ากับ 0

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาแนวคิดของคู่เสมือนของนิจพลในริงเมทริกซ์

$$M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x]) = \left\{ \begin{bmatrix} a(x) & b(x) \\ c(x) & d(x) \end{bmatrix} : a(x), b(x), c(x), d(x) \in \mathbb{Z}_{pqr}[x] \right\}$$

เมื่อ p , q และ r เป็นจำนวนเฉพาะที่แตกต่างกันที่มากกว่า 3 ในกรณีที่ดีเทอมิแนนต์ของเมทริกซ์เท่ากับ 0 ดังต่อไปนี้

บทนิยาม 1. ให้ R เป็นริงที่มีสมาชิกหนึ่งหน่วย และ $a \in R$ จะได้ว่า

a เป็น**นิจพล** (idempotent) ก็ต่อเมื่อ $a^2 = a$

ข้อสังเกต

1. ในริงที่มีสมาชิกหนึ่งหน่วย สมาชิก 0 และ 1 เป็นนิจพลที่เรียกว่า **นิจพลชัด** นิจพลตัวอื่นนอกจาก 0 และ 1 จะถูกเรียกว่า **นิจพลไม่ชัด**
2. นิจพล 0 ในริงเมทริกซ์ คือ $M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$ คือ เมทริกซ์ศูนย์ $\begin{bmatrix}0 & 0\\ 0 & 0\end{bmatrix}$
3. นิจพล 1 ในริงเมทริกซ์ คือ $M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$ คือ เมทริกซ์เอกลักษณ์ $\begin{bmatrix}1 & 0\\ 0 & 1\end{bmatrix}$

บทนิยาม 2. ให้ R เป็นริง และ e, f เป็นนิจพลของ R จะกล่าวว่า (e, f) เป็น **คู่เสมือนของนิจพล** (skew pair of idempotent) ใน R ก็ต่อเมื่อ สอดคล้องเงื่อนไขต่อไปนี้

1. fe เป็นนิจพล
2. ef ไม่เป็นนิจพล

ทฤษฎีบท 1. (Mittal, 2020) ให้ $G \in M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$ โดยที่ $\det G = 0$ จะได้ว่า G เป็นนิจพลไม่ชัด ก็ต่อเมื่อ G มีรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งต่อไปนี้

1. $G = \begin{bmatrix}e(x) & f(x)\\ g(x) & 1-e(x)\end{bmatrix}$ โดยที่ $e(x)\big(1-e(x)\big) - g(x)f(x) = 0$
2. $G = \begin{bmatrix}(pq)^{r-1}e(x) & (pq)^{r-1}f(x)\\ (pq)^{r-1}g(x) & (pq)^{r-1}\big(1-e(x)\big)\end{bmatrix}$ โดยที่ $e(x)\big(1-e(x)\big) - g(x)f(x) = rk(x)$
3. $G = \begin{bmatrix}(pr)^{q-1}e(x) & (pr)^{q-1}f(x)\\ (pr)^{q-1}g(x) & (pr)^{q-1}\big(1-e(x)\big)\end{bmatrix}$ โดยที่ $e(x)\big(1-e(x)\big) - g(x)f(x) = qk(x)$
4. $G = \begin{bmatrix}(qr)^{p-1}e(x) & (qr)^{p-1}f(x)\\ (qr)^{p-1}g(x) & (qr)^{p-1}\big(1-e(x)\big)\end{bmatrix}$ โดยที่ $e(x)\big(1-e(x)\big) - g(x)f(x) = pk(x)$
5. $G = \begin{bmatrix}p^{(q-1)(r-1)}e(x) & p^{(q-1)(r-1)}f(x)\\ p^{(q-1)(r-1)}g(x) & p^{(q-1)(r-1)}\big(1-e(x)\big)\end{bmatrix}$ โดยที่ $e(x)\big(1-e(x)\big) - g(x)f(x) = qrk(x)$
6. $G = \begin{bmatrix}q^{(p-1)(r-1)}e(x) & q^{(p-1)(r-1)}f(x)\\ q^{(p-1)(r-1)}g(x) & q^{(p-1)(r-1)}\big(1-e(x)\big)\end{bmatrix}$ โดยที่ $e(x)\big(1-e(x)\big) - g(x)f(x) = prk(x)$
7. $G = \begin{bmatrix}r^{(p-1)(q-1)}e(x) & r^{(p-1)(q-1)}f(x)\\ r^{(p-1)(q-1)}g(x) & r^{(p-1)(q-1)}\big(1-e(x)\big)\end{bmatrix}$ โดยที่ $e(x)\big(1-e(x)\big) - g(x)f(x) = pqk(x)$

ต่อไปเป็นการตรวจสอบคู่เสมือนของนิจพลในริงเมทริกซ์ $M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$ ในกรณีที่ดีเทอมิแนนต์ของเมทริกซ์เท่ากับ 0

ประพจน์ 1. ให้ $A, B \in M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$ โดยที่

$$A = \begin{bmatrix}a(x) & b(x)\\ c(x) & 1-a(x)\end{bmatrix} \text{ และ } B = \begin{bmatrix}d(x) & e(x)\\ f(x) & 1-d(x)\end{bmatrix}$$

สำหรับบาง $a(x), b(x), c(x), d(x), e(x), f(x) \in \mathbb{Z}_{pqr}[x]$ จะได้ว่า

1) (A, B) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$

2) (B, A) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$

การพิสูจน์ ให้ $a(x), b(x), c(x), d(x), e(x), f(x)$ เขียนแทนด้วย a, b, c, d, e, f ตามลำดับ

1) สมมติว่า (A, B) เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $\mathbb{Z}_{pqr}[x]$ โดยบทนิยาม 2 จะได้ว่า AB ไม่เป็นนิจพล และ BA เป็นนิจพล เนื่องจาก

$$BA = \begin{bmatrix} ab + ce & bd + e - ae \\ af + c - cd & bf + 1 - d - a + ad \end{bmatrix}$$

และ BA เป็นนิจพล โดยทฤษฎีบท 1 (1) จะได้ว่า

$$bf + 1 - d - a + ad = 1 - (ab + ce) = 1 - ab - ce$$

เพราะฉะนั้น $1 - ad - bf = ce + 1 - d - a + ad$ พิจารณา

$$AB = \begin{bmatrix} ad + bf & ae + b - bd \\ cd + f - af & ce + 1 - d - a + ad \end{bmatrix}$$

จะได้ว่า $ce + 1 - d - a + ad = ce + 1 - d - a + ad$

$$= 1 - ad - bf$$
$$= 1 - (ad + bf)$$

เนื่องจาก $\det A = 0$ และ $\det B = 0$ จะได้ว่า $\det AB = 0$ จะเห็นว่า AB สอดคล้องกับทฤษฎีบท 1 (1) เพราะฉะนั้น AB เป็นนิจพล ซึ่งเกิดข้อขัดแย้ง ดังนั้น (A, B) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$

2) การพิสูจน์ในทำนองเดียวกันกับข้อ 1

ประพจน์ 2. ให้ $A, B \in M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$ โดยที่

$$A = \begin{bmatrix} a(x) & b(x) \\ c(x) & 1 - a(x) \end{bmatrix} \text{ และ } B = \begin{bmatrix} (pq)^{r-1}e(x) & (pq)^{r-1}f(x) \\ (pq)^{r-1}g(x) & (pq)^{r-1}(1 - e(x)) \end{bmatrix}$$

เมื่อ $e(x)(1 - e(x)) - g(x)f(x) = rk(x)$ สำหรับบาง $a(x), b(x), c(x), e(x), f(x), g(x), k(x) \in \mathbb{Z}_{pqr}[x]$ จะได้ว่า

1) (A, B) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$

2) (B, A) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$

การพิสูจน์ ให้ $a(x), b(x), c(x), e(x), f(x), g(x), k(x)$ เขียนแทนด้วย a, b, c, e, f, g, k ตามลำดับ

1) สมมติว่า (A, B) เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $\mathbb{Z}_{pqr}[x]$ โดยบทนิยาม 2 จะได้ว่า AB ไม่เป็นนิจพล และ BA เป็นนิจพล เนื่องจาก

$$BA = \begin{bmatrix} (pq)^{r-1} \cdot (ae + cf) & (pq)^{r-1} \cdot (eb + f - af) \\ (pq)^{r-1} \cdot (ag + c - ce) & (pq)^{r-1} \cdot (bg + 1 - a - e + ae) \end{bmatrix}$$

และ BA เป็นนิจพล โดยทฤษฎีบท 1 (2) จะได้ว่า

$$bg + 1 - a - e + ae = 1 - (ae + cf) = 1 - ae - cf$$

เพราะฉะนั้น $1 - ae - bg = cf + 1 - e - a + ae$ พิจารณา

$$AB = \begin{bmatrix} (pq)^{r-1} \cdot (ae + bg) & (pq)^{r-1} \cdot (af + b - be) \\ (pq)^{r-1} \cdot (ce + g - ag) & (pq)^{r-1} \cdot (cf + 1 - e - a + ae) \end{bmatrix}$$

จะได้ว่า $cf + 1 - e - a + ae = cf + 1 - e - a + ae$

$$= 1 - ae - bg$$
$$= 1 - (ae + bg)$$

เนื่องจาก $\det A = 0$ จะได้ว่า $\det AB = 0$ จะเห็นว่า AB สอดคล้องกับทฤษฎีบท 1 (2) เพราะฉะนั้น AB เป็นนิจพล ซึ่งเกิดข้อขัดแย้ง ดังนั้น (B, A) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$

2) การพิสูจน์ในทำนองเดียวกันกับข้อ 1

ประพจน์ 3. ให้ $A, B \in M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$ โดยที่

$$A = \begin{bmatrix} a(x) & b(x) \\ c(x) & 1 - a(x) \end{bmatrix} \text{ และ } B = \begin{bmatrix} (pr)^{q-1}e(x) & (pr)^{q-1}f(x) \\ (pr)^{q-1}g(x) & (pr)^{q-1}(1 - e(x)) \end{bmatrix}$$

เมื่อ $e(x)(1 - e(x)) - g(x)f(x) = qk(x)$ สำหรับบาง $a(x), b(x), c(x), e(x), f(x), g(x), k(x) \in \mathbb{Z}_{pqr}[x]$ จะได้ว่า

1) (A, B) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$

2) (B, A) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$

การพิสูจน์ ในทำนองเดียวกับประพจน์ 2

ประพจน์ 4. ให้ $A, B \in M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$ โดยที่

$$A = \begin{bmatrix} a(x) & b(x) \\ c(x) & 1 - a(x) \end{bmatrix} \text{ และ } B = \begin{bmatrix} (qr)^{p-1}e(x) & (qr)^{p-1}f(x) \\ (qr)^{p-1}g(x) & (qr)^{p-1}(1 - e(x)) \end{bmatrix}$$

เมื่อ $e(x)(1 - e(x)) - g(x)f(x) = pk(x)$ สำหรับบาง $a(x), b(x), c(x), e(x), f(x), g(x), k(x) \in \mathbb{Z}_{pqr}[x]$ จะได้ว่า

1) (A, B) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$

2) (B, A) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$

การพิสูจน์ ในทำนองเดียวกับประพจน์ 2

ประพจน์ 5. ให้ $A, B \in M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$ โดยที่

$$A = \begin{bmatrix} a(x) & b(x) \\ c(x) & 1 - a(x) \end{bmatrix} \text{ และ } B = \begin{bmatrix} p^{(q-1)(r-1)}e(x) & p^{(q-1)(r-1)}f(x) \\ p^{(q-1)(r-1)}g(x) & p^{(q-1)(r-1)}(1 - e(x)) \end{bmatrix}$$

เมื่อ $e(x)(1 - e(x)) - g(x)f(x) = qrk(x)$ สำหรับบาง $a(x), b(x), c(x), e(x), f(x), g(x), k(x) \in \mathbb{Z}_{pqr}[x]$ จะได้ว่า

1) (A, B) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$

2) (B, A) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$

การพิสูจน์ ในทำนองเดียวกับประพจน์ 2

ประพจน์ 6. ให้ $A, B \in M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$ โดยที่

$$A = \begin{bmatrix} a(x) & b(x) \\ c(x) & 1 - a(x) \end{bmatrix} \text{ และ } B = \begin{bmatrix} q^{(p-1)(r-1)}e(x) & q^{(p-1)(r-1)}f(x) \\ q^{(p-1)(r-1)}g(x) & q^{(p-1)(r-1)}(1 - e(x)) \end{bmatrix}$$

เมื่อ $e(x)\big(1-e(x)\big)-g(x)f(x)=prk(x)$ สำหรับบาง $a(x),b(x),c(x),e(x),f(x),g(x),k(x)\in \mathbb{Z}_{pqr}[x]$ จะได้ว่า

1) (A,B) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$

2) (B,A) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$

การพิสูจน์ ในทำนองเดียวกับประพจน์ 2

ประพจน์ 7. ให้ $A,B\in M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$ โดยที่

$$A=\begin{bmatrix}a(x) & b(x)\\ c(x) & 1-a(x)\end{bmatrix} \text{ และ } B=\begin{bmatrix}r^{(p-1)(q-1)}e(x) & r^{(p-1)(q-1)}f(x)\\ r^{(p-1)(q-1)}g(x) & r^{(p-1)(q-1)}\big(1-e(x)\big)\end{bmatrix}$$

เมื่อ $e(x)\big(1-e(x)\big)-g(x)f(x)=pqk(x)$ สำหรับบาง $a(x),b(x),c(x),e(x),f(x),g(x),k(x)\in \mathbb{Z}_{pqr}[x]$ จะได้ว่า

1) (A,B) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$

2) (B,A) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$

การพิสูจน์ ในทำนองเดียวกับประพจน์ 2

ประพจน์ 8. ให้ $A,B\in M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$ โดยที่

$$A=\begin{bmatrix}(pq)^{r-1}a(x) & (pq)^{r-1}b(x)\\ (pq)^{r-1}c(x) & (pq)^{r-1}\big(1-a(x)\big)\end{bmatrix} \text{ และ } B=\begin{bmatrix}(pq)^{r-1}e(x) & (pq)^{r-1}f(x)\\ (pq)^{r-1}g(x) & (pq)^{r-1}\big(1-e(x)\big)\end{bmatrix}$$

เมื่อ $a(x)\big(1-a(x)\big)-c(x)b(x)=rm(x)$ และ $e(x)\big(1-e(x)\big)-f(x)g(x)=rn(x)$ สำหรับบาง $a(x),b(x),c(x),e(x),f(x),g(x),m(x),n(x)\in \mathbb{Z}_{pqr}[x]$ จะได้ว่า

1) (A,B) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$

2) (B,A) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$

การพิสูจน์ ให้ $a(x),b(x),c(x),e(x),f(x),m(x),n(x)$ เขียนแทนด้วย a,b,c,e,f,g,m,n ตามลำดับ

1) สมมติว่า (A,B) เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $\mathbb{Z}_{pqr}[x]$ โดยบทนิยาม 2 จะได้ว่า AB ไม่เป็นนิจพล และ BA เป็นนิจพล เนื่องจาก

$$BA=\begin{bmatrix}(pq)^{r-1}(ae+cf) & (pq)^{r-1}(be+f-af)\\ (pq)^{r-1}(ag+c-ce) & (pq)^{r-1}(bg+1-a-e+ae)\end{bmatrix}$$

และ BA เป็นนิจพล โดยทฤษฎีบท 1 (2) จะได้ว่า

$$\begin{aligned}bg+1-a-e+ae&=1-(ae+cf)\\&=1-ae-cf\end{aligned}$$

เพราะฉะนั้น $1-ae-bg=cf+1-a-e+ae$ พิจารณา

$$AB=\begin{bmatrix}(pq)^{r-1}(ae+bg) & (pq)^{r-1}(af+b-eb)\\ (pq)^{r-1}(ce+g-ag) & (pq)^{r-1}(cf+1-a-e+ae)\end{bmatrix}$$

จะได้ว่า $cf+1-a-e+ae=\ cf+1-a-e+ae$

$$\begin{aligned}&=\ 1-ae-bg\\&=\ 1-(ae+bg)\end{aligned}$$

พิจารณา

$(ae+bg)(cf+1-a-e+ae)$

$$= acef + ae - a(e)^2 - (a)^2e + (a)^2(e)^2 + bcfg + bg - beg - abg + abeg$$

และ

$$(ce + g - ag)(af + b - eb)$$
$$= acef + bce - bc(e)^2 + afg + bg - ebg - (a)^2fg - abg + abeg$$

จะได้ว่า

$$(ae + bg)(cf + 1 - a - e + ae) - (ce + g - ag)(af + b - eb)$$
$$= acef + ae - a(e)^2 - (a)^2e + (a)^2(e)^2 + bcfg + bg - beg - abg + abeg$$
$$-acef - bce + bc(e)^2 - afg - bg + ebg + (a)^2fg + abg - abeg$$
$$= ae - a(e)^2 - (a)^2e + (a)^2(e)^2 + bcfg - bce + bc(e)^2 - afg + (a)^2fg$$
$$= ae - (a)^2e - bce + bcfg - afg + (a)^2fg - a(e)^2 + (a)^2(e)^2 + bc(e)^2$$
$$= e(a - (a)^2 - bc) - fg(a - (a)^2 - bc) - (e)^2(a - (a)^2 - bc)$$
$$= e(a(1 - a) - bc) - fg(a(1 - a) - bc) - (e)^2(a(1 - a) - bc)$$
$$= erm - fgrm - (e)^2rm$$
$$= erm - (e)^2rm - fgrm$$
$$= rm(e - (e)^2 - fg)$$

จะเห็นว่า AB สอดคล้องกับทฤษฎีบท 1 (2) เพราะฉะนั้น AB เป็นนิจพล ซึ่งเกิดข้อขัดแย้ง ดังนั้น (A, B) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$

2) การพิสูจน์ในทำนองเดียวกันกับข้อ 1

ประพจน์ 9. ให้ $A, B \in M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$ โดยที่

$$A = \begin{bmatrix} (pq)^{r-1}a(x) & (pq)^{r-1}b(x) \\ (pq)^{r-1}c(x) & (pq)^{r-1}(1 - a(x)) \end{bmatrix} \text{ และ } B = \begin{bmatrix} (pr)^{q-1}e(x) & (pr)^{q-1}f(x) \\ (pr)^{q-1}g(x) & (pr)^{q-1}(1 - e(x)) \end{bmatrix}$$

เมื่อ $a(x)(1 - a(x)) - c(x)b(x) = rm(x)$ และ $e(x)(1 - e(x)) - f(x)g(x) = qn(x)$ สำหรับบาง $a(x), b(x), c(x), e(x), f(x), g(x), m(x), n(x) \in \mathbb{Z}_{pqr}[x]$ จะได้ว่า

1) (A, B) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$

2) (B, A) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$

การพิสูจน์ ให้ $a(x), b(x), c(x), e(x), f(x), m(x), n(x)$ เขียนแทนด้วย a, b, c, e, f, g, m, n ตามลำดับ

พิจารณา $AB = \begin{bmatrix} (pq)^{r-1}(pr)^{q-1}(ae + bg) & (pq)^{r-1}(pr)^{q-1}(af + b(1 - e)) \\ (pq)^{r-1}(pr)^{q-1}(ce + (1 - a)g) & (pq)^{r-1}(pr)^{q-1}(cf + (1 - a)(1 - e)) \end{bmatrix}$

$$= \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}$$

โดยที่

$$a_{11} = (pq)^{r-1}(pr)^{q-1}(ae + bg)$$
$$= p^{r-1}q^{r-1}p^{q-1}r^{q-1}(ae + bg)$$
$$= p^{r+q-2}q^{r-1}r^{q-1}(ae + bg)$$
$$= pqr \cdot p^{r+q-3}q^{r-2}r^{q-2}(ae + bg)$$
$$= 0 \cdot p^{r+q-3}q^{r-2}r^{q-2}(ae + bg)$$
$$= 0$$
$$a_{12} = (pq)^{r-1}(pr)^{q-1}(af + b - be)$$
$$= p^{r-1}q^{r-1}p^{q-1}r^{q-1}(af + b - be)$$
$$= p^{r+q-2}q^{r-1}r^{q-1}(af + b - be)$$
$$= pqr \cdot p^{r+q-3}q^{r-2}r^{q-2}(af + b - be)$$
$$= 0 \cdot p^{r+q-3}q^{r-2}r^{q-2}(af + b - be)$$
$$= 0$$
$$a_{21} = (pq)^{r-1}(pr)^{q-1}(ce + g - ag)$$

$$\begin{aligned}
&= p^{r-1}q^{r-1}p^{q-1}r^{q-1}(ce+g-ag)\\
&= p^{r+q-2}q^{r-1}r^{q-1}(ce+g-ag)\\
&= pqr\cdot p^{r+q-3}q^{r-2}r^{q-2}(ce+g-ag)\\
&= 0\cdot p^{r+q-3}q^{r-2}r^{q-2}(ce+g-ag)\\
&= 0\\
a_{22} &= (pq)^{r-1}(pr)^{q-1}(cf+1-a-e+ae)\\
&= p^{r-1}q^{r-1}p^{q-1}r^{q-1}(cf+1-a-e+ae)\\
&= p^{r+q-2}q^{r-1}r^{q-1}(cf+1-a-e+ae)\\
&= pqr\cdot p^{r+q-3}q^{r-2}r^{q-2}(cf+1-a-e+ae)\\
&= 0\cdot p^{r+q-3}q^{r-2}r^{q-2}(cf+1-a-e+ae)\\
&= 0
\end{aligned}$$

และ $BA = \begin{bmatrix} (pq)^{r-1}(pr)^{q-1}(ae+cf) & (pq)^{r-1}(pr)^{q-1}(be+f-af)\\ (pq)^{r-1}(pr)^{q-1}(ag+c-ce) & (pq)^{r-1}(pr)^{q-1}(bg+1-a-e+ae)\end{bmatrix}$

$= \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12}\\ b_{21} & b_{22}\end{bmatrix}$

โดยที่

$$\begin{aligned}
b_{11} &= (pq)^{r-1}(pr)^{q-1}(ae+cf)\\
&= p^{r-1}q^{r-1}p^{q-1}r^{q-1}(ae+cf)\\
&= p^{r+q-2}q^{r-1}r^{q-1}(ae+cf)\\
&= pqr\cdot p^{r+q-3}q^{r-2}r^{q-2}(ae+cf)\\
&= 0\cdot p^{r+q-3}q^{r-2}r^{q-2}(ae+cf)=0\\
b_{12} &= (pq)^{r-1}(pr)^{q-1}(be+f-af)\\
&= p^{r-1}q^{r-1}p^{q-1}r^{q-1}(be+f-af)\\
&= p^{r+q-2}q^{r-1}r^{q-1}(be+f-af)\\
&= pqr\cdot p^{r+q-3}q^{r-2}r^{q-2}(be+f-af)\\
&= 0\cdot p^{r+q-3}q^{r-2}r^{q-2}(be+f-af)=0\\
b_{21} &= (pq)^{r-1}(pr)^{q-1}(ag+c-ce)\\
&= p^{r-1}q^{r-1}p^{q-1}r^{q-1}(ag+c-ce)\\
&= p^{r+q-2}q^{r-1}r^{q-1}(ag+c-ce)\\
&= pqr\cdot p^{r+q-3}q^{r-2}r^{q-2}(ag+c-ce)\\
&= 0\cdot p^{r+q-3}q^{r-2}r^{q-2}(ag+c-ce)=0\\
b_{22} &= (pq)^{r-1}(pr)^{q-1}(bg+1-a-e+ae)\\
&= p^{r-1}q^{r-1}p^{q-1}r^{q-1}(bg+1-a-e+ae)\\
&= p^{r+q-2}q^{r-1}r^{q-1}(bg+1-a-e+ae)\\
&= pqr\cdot p^{r+q-3}q^{r-2}r^{q-2}(bg+1-a-e+ae)\\
&= 0\cdot p^{r+q-3}q^{r-2}r^{q-2}(bg+1-a-e+ae)\ =0
\end{aligned}$$

เพราะฉะนั้น AB และ BA เป็นนิจพล

ดังนั้นโดยบทนิยาม 2 จะได้ว่า (A,B) และ (B,A) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$

ประพจน์ 10. ให้ $A,B \in M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$ โดยที่

$$A = \begin{bmatrix} (pq)^{r-1}a(x) & (pq)^{r-1}b(x)\\ (pq)^{r-1}c(x) & (pq)^{r-1}\big(1-a(x)\big)\end{bmatrix} \text{ และ } B = \begin{bmatrix} (qr)^{p-1}e(x) & (qr)^{p-1}f(x)\\ (qr)^{p-1}g(x) & (qr)^{p-1}\big(1-e(x)\big)\end{bmatrix}$$

เมื่อ $a(x)\big(1-a(x)\big)-c(x)b(x)=rm(x)$ และ $e(x)\big(1-e(x)\big)-f(x)g(x)=pn(x)$ สำหรับบาง $a(x),b(x),c(x),e(x),f(x),g(x),m(x),n(x)\in\mathbb{Z}_{pqr}[x]$ จะได้ว่า

1) (A,B) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$

2) (B,A) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$

การพิสูจน์ ในทำนองเดียวกับประพจน์ 9

ประพจน์ 11. ให้ $A, B \in M_2\left(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\right)$ โดยที่

$$A = \begin{bmatrix} (pq)^{r-1}a(x) & (pq)^{r-1}b(x) \\ (pq)^{r-1}c(x) & (pq)^{r-1}\big(1-a(x)\big) \end{bmatrix}$$

และ

$$B = \begin{bmatrix} p^{(q-1)(r-1)}e(x) & p^{(q-1)(r-1)}f(x) \\ p^{(q-1)(r-1)}g(x) & p^{(q-1)(r-1)}\big(1-e(x)\big) \end{bmatrix}$$

เมื่อ $a(x)\big(1-a(x)\big) - c(x)b(x) = rm(x)$ และ $e(x)\big(1-e(x)\big) - f(x)g(x) = qrn(x)$ สำหรับบาง $a(x), b(x), c(x), e(x), f(x), g(x), m(x), n(x) \in \mathbb{Z}_{pqr}[x]$ จะได้ว่า

1) (A, B) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2\left(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\right)$

2) (B, A) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2\left(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\right)$

การพิสูจน์ ให้ $a(x), b(x), c(x), e(x), f(x), m(x), n(x)$ เขียนแทนด้วย a, b, c, e, f, g, m, n ตามลำดับ

1) สมมติว่า (A, B) เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $\mathbb{Z}_{pqr}[x]$ โดยบทนิยาม 2 จะได้ว่า AB ไม่เป็นนิจพล และ BA เป็นนิจพล ให้ $\beta = p^{(q-1)(r-1)}$ เนื่องจาก

$$\begin{aligned} BA &= \begin{bmatrix} p^{(q-1)(r-1)}e & p^{(q-1)(r-1)}f \\ p^{(q-1)(r-1)}g & p^{(q-1)(r-1)}(1-e) \end{bmatrix}\begin{bmatrix} (pq)^{r-1}a & (pq)^{r-1}b \\ (pq)^{r-1}c & (pq)^{r-1}(1-e) \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix} \end{aligned}$$

โดยที่

$$\begin{aligned} b_{11} &= (pq)^{r-1}p^{(q-1)(r-1)}(ae+cf) \\ &= (pq)^{r-1}\beta(ae+cf) \\ &= (pq)^{r-1}(ae\beta+cf\beta) \\ b_{12} &= (pq)^{r-1}p^{(q-1)(r-1)}\big(be+f(1-a)\big) \\ &= (pq)^{r-1}\beta\big(be+f(1-a)\big) \\ &= (pq)^{r-1}(be\beta+f\beta-af\beta) \\ b_{21} &= (pq)^{r-1}p^{(q-1)(r-1)}(ag+(1-e)c) \\ &= (pq)^{r-1}\beta(ag+c-ce) \\ &= (pq)^{r-1}(ag\beta+c\beta-ce\beta) \\ b_{22} &= (pq)^{r-1}p^{(q-1)(r-1)}\big(bg+(1-e)(1-a)\big) \\ &= (pq)^{r-1}\beta(bg+1-a-e+ae) \\ &= (pq)^{r-1}(bg\beta+\beta-a\beta-e\beta+ae\beta) \end{aligned}$$

และ BA เป็นนิจพล โดยทฤษฎีบท 1 (2) จะได้ว่า

$$\begin{aligned} bg\beta+\beta-a\beta-e\beta+ae\beta &= 1-(ae\beta+cf\beta) \\ &= 1-ae\beta-cf\beta \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้น $1-ae\beta-bg\beta = cf\beta+\beta-a\beta-e\beta+ae\beta$ พิจารณา

$$\begin{aligned} AB &= \begin{bmatrix} (pq)^{r-1}a & (pq)^{r-1}b \\ (pq)^{r-1}c & (pq)^{r-1}(1-a) \end{bmatrix}\begin{bmatrix} p^{(q-1)(r-1)}e & p^{(q-1)(r-1)}f \\ p^{(q-1)(r-1)}g & p^{(q-1)(r-1)}(1-e) \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \end{aligned}$$

โดยที่

$$a_{11} = (pq)^{r-1}p^{(q-1)(r-1)}(ae+bg)$$

$$\begin{aligned}
&= (pq)^{r-1}\beta(ae+bg)\\
&= (pq)^{r-1}(ae\beta+bg\beta)\\
a_{12} &= (pq)^{r-1}p^{(q-1)(r-1)}\big(af+b(1-e)\big)\\
&= (pq)^{r-1}\beta(af+b-be)\\
&= (pq)^{r-1}(af\beta+b\beta-be\beta)\\
a_{21} &= (pq)^{r-1}p^{(q-1)(r-1)}(ce+(1-a)g)\\
&= (pq)^{r-1}\beta(ce+g-ag)\\
&= (pq)^{r-1}(ce\beta+g\beta-ag\beta)\\
a_{22} &= (pq)^{r-1}p^{(q-1)(r-1)}\big(cf+(1-a)(1-e)\big)\\
&= (pq)^{r-1}\beta(cf+1-a-e+ae)\\
&= (pq)^{r-1}(cf\beta+\beta-a\beta-e\beta+ae\beta)
\end{aligned}$$

จะได้ว่า $cf\beta+\beta-a\beta-e\beta+ae\beta = cf\beta+\beta-a\beta-e\beta+ae\beta = 1-ae\beta-bg\beta = 1-(ae\beta+bg\beta)$

พิจารณาเงื่อนไขของ AB ตามทฤษฎีบท 1 (2) ดังนี้

$$\begin{aligned}
&(ae\beta+bg\beta)(cf\beta+\beta-a\beta-e\beta+ae\beta)\\
&\quad= acef(\beta)^2+ae(\beta)^2-a(e)^2(\beta)^2-(a)^2e(\beta)^2+(a)^2(e)^2(\beta)^2+bcfg(\beta)^2\\
&\qquad+bg(\beta)^2-beg(\beta)^2-abg(\beta)^2+abeg(\beta)^2
\end{aligned}$$

และ

$$\begin{aligned}
&(ce\beta+g\beta-ag\beta)(af\beta+b\beta-eb\beta)\\
&\quad= acef(\beta)^2+bce(\beta)^2-bc(e)^2(\beta)^2+afg(\beta)^2+bg(\beta)^2-ebg(\beta)^2\\
&\qquad-(a)^2fg(\beta)^2-abg(\beta)^2+abeg(\beta)^2
\end{aligned}$$

จะได้ว่า

$$\begin{aligned}
&(ae\beta+bg\beta)(cf\beta+\beta-a\beta-e\beta+ae\beta)-(ce\beta+g\beta-ag\beta)(af\beta+b\beta-eb\beta)\\
&\quad= acef(\beta)^2+ae(\beta)^2-a(e)^2(\beta)^2-(a)^2e(\beta)^2+(a)^2(e)^2(\beta)^2+bcfg(\beta)^2\\
&\qquad+bg(\beta)^2-beg(\beta)^2-abg(\beta)^2+abeg(\beta)^2-acef(\beta)^2-bce(\beta)^2\\
&\qquad+bc(e)^2(\beta)^2-afg(\beta)^2-bg(\beta)^2+ebg(\beta)^2+(a)^2fg(\beta)^2+abg(\beta)^2\\
&\qquad-abeg(\beta)^2\\
&\quad= ae(\beta)^2-a(e)^2(\beta)^2-(a)^2e(\beta)^2+(a)^2(e)^2(\beta)^2+bcfg(\beta)^2-bce(\beta)^2\\
&\qquad+bc(e)^2(\beta)^2-afg(\beta)^2+(a)^2fg(\beta)^2\\
&\quad= ae(\beta)^2-(a)^2e(\beta)^2-bce(\beta)^2+bcfg(\beta)^2-afg(\beta)^2+(a)^2fg(\beta)^2\\
&\qquad-a(e)^2(\beta)^2+(a)^2(e)^2(\beta)^2+bc(e)^2(\beta)^2\\
&\quad= e(\beta)^2(a-(a)^2-bc)-fg(\beta)^2(a-(a)^2-bc)-(e)^2(\beta)^2(a-(a)^2-bc)\\
&\quad= e(\beta)^2(a(1-a)-bc)-fg(\beta)^2(a(1-a)-bc)-(e)^2(\beta)^2(a(1-a)-bc)\\
&\quad= e(\beta)^2rm-fg(\beta)^2rm-(e)^2(\beta)^2rm\\
&\quad= e(\beta)^2rm-(e)^2(\beta)^2rm-fg(\beta)^2rm\\
&\quad= rm(e(\beta)^2-(e)^2(\beta)^2-fg(\beta)^2)
\end{aligned}$$

ซึ่งเกิดข้อขัดแย้งกับ AB ไม่เป็นนิจพล ดังนั้น (A,B) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$

2) การพิสูจน์ในทำนองเดียวกันกับข้อ 1

ประพจน์ 12. ให้ $A,B \in M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$ โดยที่

$$A=\begin{bmatrix}(pq)^{r-1}a(x) & (pq)^{r-1}b(x)\\ (pq)^{r-1}c(x) & (pq)^{r-1}\big(1-a(x)\big)\end{bmatrix}$$

และ

$$B=\begin{bmatrix}q^{(p-1)(r-1)}e(x) & q^{(p-1)(r-1)}f(x)\\ q^{(p-1)(r-1)}g(x) & q^{(p-1)(r-1)}\big(1-e(x)\big)\end{bmatrix}$$

เมื่อ $a(x)\big(1-a(x)\big)-c(x)b(x)=rm(x)$ และ $e(x)\big(1-e(x)\big)-f(x)g(x)=prn(x)$ สำหรับบาง $a(x),b(x),c(x),e(x),f(x),g(x),m(x),n(x)\in\mathbb{Z}_{pqr}[x]$ จะได้ว่า

1) (A,B) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$

2) (B,A) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$

การพิสูจน์ ในทำนองเดียวกับประพจน์ 11

ประพจน์ 13. ให้ $A,B\in M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$ โดยที่

$$A=\begin{bmatrix}(pq)^{r-1}a(x) & (pq)^{r-1}b(x)\\ (pq)^{r-1}c(x) & (pq)^{r-1}\big(1-a(x)\big)\end{bmatrix}$$

และ

$$B=\begin{bmatrix}r^{(p-1)(q-1)}e(x) & r^{(p-1)(q-1)}f(x)\\ r^{(p-1)(q-1)}g(x) & r^{(p-1)(q-1)}\big(1-e(x)\big)\end{bmatrix}$$

เมื่อ $a(x)\big(1-a(x)\big)-c(x)b(x)=rm(x)$ และ $e(x)\big(1-e(x)\big)-f(x)g(x)=pqn(x)$ สำหรับบาง $a(x),b(x),c(x),e(x),f(x),g(x),m(x),n(x)\in\mathbb{Z}_{pqr}[x]$ จะได้ว่า

1) (A,B) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$

2) (B,A) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$

การพิสูจน์ ในทำนองเดียวกับประพจน์ 9

ประพจน์ 14. ให้ $A,B\in M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$ โดยที่

$$A=\begin{bmatrix}(pr)^{q-1}a(x) & (pr)^{q-1}b(x)\\ (pr)^{q-1}c(x) & (pr)^{q-1}\big(1-a(x)\big)\end{bmatrix}\text{ และ }B=\begin{bmatrix}(pr)^{q-1}e(x) & (pr)^{q-1}f(x)\\ (pr)^{q-1}g(x) & (pr)^{q-1}\big(1-e(x)\big)\end{bmatrix}$$

เมื่อ $a(x)\big(1-a(x)\big)-c(x)b(x)=qm(x)$ และ $e(x)\big(1-e(x)\big)-f(x)g(x)=qn(x)$ สำหรับบาง $a(x),b(x),c(x),e(x),f(x),g(x),m(x),n(x)\in\mathbb{Z}_{pqr}[x]$ จะได้ว่า

1) (A,B) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$

2) (B,A) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$

การพิสูจน์ ในทำนองเดียวกับประพจน์ 8

ประพจน์ 15. ให้ $A,B\in M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$ โดยที่

$$A=\begin{bmatrix}(pr)^{q-1}a(x) & (pr)^{q-1}b(x)\\ (pr)^{q-1}c(x) & (pr)^{q-1}\big(1-a(x)\big)\end{bmatrix}\text{ และ }B=\begin{bmatrix}(qr)^{p-1}e(x) & (qr)^{p-1}f(x)\\ (qr)^{p-1}g(x) & (qr)^{p-1}\big(1-e(x)\big)\end{bmatrix}$$

เมื่อ $a(x)\big(1-a(x)\big)-c(x)b(x)=qm(x)$ และ $e(x)\big(1-e(x)\big)-f(x)g(x)=pn(x)$ สำหรับบาง $a(x),b(x),c(x),e(x),f(x),g(x),m(x),n(x)\in\mathbb{Z}_{pqr}[x]$ จะได้ว่า

1) (A,B) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$

2) (B,A) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$

การพิสูจน์ ในทำนองเดียวกับประพจน์ 9

ประพจน์ 16. ให้ $A, B \in M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$ โดยที่

$$A = \begin{bmatrix} (pr)^{q-1}a(x) & (pr)^{q-1}b(x) \\ (pr)^{q-1}c(x) & (pr)^{q-1}(1-a(x)) \end{bmatrix}$$

และ

$$B = \begin{bmatrix} p^{(q-1)(r-1)}e(x) & p^{(q-1)(r-1)}f(x) \\ p^{(q-1)(r-1)}g(x) & p^{(q-1)(r-1)}(1-e(x)) \end{bmatrix}$$

เมื่อ $a(x)(1-a(x)) - c(x)b(x) = qm(x)$ และ $e(x)(1-e(x)) - f(x)g(x) = qrn(x)$ สำหรับบาง $a(x), b(x), c(x), e(x), f(x), g(x), m(x), n(x) \in \mathbb{Z}_{pqr}[x]$ จะได้ว่า

1) (A, B) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$

2) (B, A) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$

การพิสูจน์ ในทำนองเดียวกับประพจน์ 11

ประพจน์ 17. ให้ $A, B \in M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$ โดยที่

$$A = \begin{bmatrix} (pr)^{q-1}a(x) & (pr)^{q-1}b(x) \\ (pr)^{q-1}c(x) & (pr)^{q-1}(1-a(x)) \end{bmatrix}$$

และ

$$B = \begin{bmatrix} q^{(p-1)(r-1)}e(x) & q^{(p-1)(r-1)}f(x) \\ q^{(p-1)(r-1)}g(x) & q^{(p-1)(r-1)}(1-e(x)) \end{bmatrix}$$

เมื่อ $a(x)(1-a(x)) - c(x)b(x) = qm(x)$ และ $e(x)(1-e(x)) - f(x)g(x) = prn(x)$ สำหรับบาง $a(x), b(x), c(x), e(x), f(x), g(x), m(x), n(x) \in \mathbb{Z}_{pqr}[x]$ จะได้ว่า

1) (A, B) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$

2) (B, A) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$

การพิสูจน์ ในทำนองเดียวกับประพจน์ 9

ประพจน์ 18. ให้ $A, B \in M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$ โดยที่

$$A = \begin{bmatrix} (pr)^{q-1}a(x) & (pr)^{q-1}b(x) \\ (pr)^{q-1}c(x) & (pr)^{q-1}(1-a(x)) \end{bmatrix}$$

และ

$$B = \begin{bmatrix} r^{(p-1)(q-1)}e(x) & r^{(p-1)(q-1)}f(x) \\ r^{(p-1)(q-1)}g(x) & r^{(p-1)(q-1)}(1-e(x)) \end{bmatrix}$$

เมื่อ $a(x)(1-a(x)) - c(x)b(x) = qm(x)$ และ $e(x)(1-e(x)) - f(x)g(x) = pqn(x)$ สำหรับบาง $a(x), b(x), c(x), e(x), f(x), g(x), m(x), n(x) \in \mathbb{Z}_{pqr}[x]$ จะได้ว่า

1) (A, B) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$

2) (B, A) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$

การพิสูจน์ ในทำนองเดียวกับประพจน์ 11

ประพจน์ 19. ให้ $A, B \in M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$ โดยที่

$$A=\begin{bmatrix}(qr)^{p-1}a(x) & (qr)^{p-1}b(x)\\ (qr)^{p-1}c(x) & (qr)^{p-1}\big(1-a(x)\big)\end{bmatrix}$$ และ $$B=\begin{bmatrix}(qr)^{p-1}e(x) & (qr)^{p-1}f(x)\\ (qr)^{p-1}g(x) & (qr)^{p-1}\big(1-e(x)\big)\end{bmatrix}$$
เมื่อ $a(x)\big(1-a(x)\big)-c(x)b(x)=pm(x)$ และ $e(x)\big(1-e(x)\big)-f(x)g(x)=pn(x)$ สำหรับบาง $a(x),b(x),c(x),e(x),f(x),g(x),m(x),n(x)\in\mathbb{Z}_{pqr}[x]$ จะได้ว่า

1) (A,B) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$

2) (B,A) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$

การพิสูจน์ ในทำนองเดียวกับประพจน์ 8

ประพจน์ 20. ให้ $A,B\in M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$ โดยที่

$$A=\begin{bmatrix}(qr)^{p-1}a(x) & (qr)^{p-1}b(x)\\ (qr)^{p-1}c(x) & (qr)^{p-1}\big(1-a(x)\big)\end{bmatrix}$$
และ
$$B=\begin{bmatrix}p^{(q-1)(r-1)}e(x) & p^{(q-1)(r-1)}f(x)\\ p^{(q-1)(r-1)}g(x) & p^{(q-1)(r-1)}\big(1-e(x)\big)\end{bmatrix}$$
เมื่อ $a(x)\big(1-a(x)\big)-c(x)b(x)=pm(x)$ และ $e(x)\big(1-e(x)\big)-f(x)g(x)=qrn(x)$ สำหรับบาง $a(x),b(x),c(x),e(x),f(x),g(x),m(x),n(x)\in\mathbb{Z}_{pqr}[x]$ จะได้ว่า

1) (A,B) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$

2) (B,A) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$

การพิสูจน์ ในทำนองเดียวกับประพจน์ 9

ประพจน์ 21. ให้ $A,B\in M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$ โดยที่

$$A=\begin{bmatrix}(qr)^{p-1}a(x) & (qr)^{p-1}b(x)\\ (qr)^{p-1}c(x) & (qr)^{p-1}\big(1-a(x)\big)\end{bmatrix}$$
และ
$$B=\begin{bmatrix}q^{(p-1)(r-1)}e(x) & q^{(p-1)(r-1)}f(x)\\ q^{(p-1)(r-1)}g(x) & q^{(p-1)(r-1)}\big(1-e(x)\big)\end{bmatrix}$$
เมื่อ $a(x)\big(1-a(x)\big)-c(x)b(x)=pm(x)$ และ $e(x)\big(1-e(x)\big)-f(x)g(x)=prn(x)$ สำหรับบาง $a(x),b(x),c(x),e(x),f(x),g(x),m(x),n(x)\in\mathbb{Z}_{pqr}[x]$ จะได้ว่า

1) (A,B) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$

2) (B,A) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$

การพิสูจน์ ในทำนองเดียวกับประพจน์ 11

ประพจน์ 22. ให้ $A,B\in M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$ โดยที่

$$A=\begin{bmatrix}(qr)^{p-1}a(x) & (qr)^{p-1}b(x)\\ (qr)^{p-1}c(x) & (qr)^{p-1}\big(1-a(x)\big)\end{bmatrix}$$
และ
$$B=\begin{bmatrix}r^{(p-1)(q-1)}e(x) & r^{(p-1)(q-1)}f(x)\\ r^{(p-1)(q-1)}g(x) & r^{(p-1)(q-1)}\big(1-e(x)\big)\end{bmatrix}$$

เมื่อ $a(x)\big(1-a(x)\big)-c(x)b(x)=pm(x)$ และ $e(x)\big(1-e(x)\big)-f(x)g(x)=pqn(x)$ สำหรับบาง $a(x),b(x),c(x),e(x),f(x),g(x),m(x),n(x)\in\mathbb{Z}_{pqr}[x]$ จะได้ว่า

1) (A,B) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$

2) (B,A) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$

การพิสูจน์ ในทำนองเดียวกับประพจน์ 11

ประพจน์ 23. ให้ $A,B\in M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$ โดยที่

$$A=\begin{bmatrix}p^{(q-1)(r-1)}a(x) & p^{(q-1)(r-1)}b(x)\\ p^{(q-1)(r-1)}c(x) & p^{(q-1)(r-1)}\big(1-a(x)\big)\end{bmatrix}$$

และ

$$B=\begin{bmatrix}p^{(q-1)(r-1)}e(x) & p^{(q-1)(r-1)}f(x)\\ p^{(q-1)(r-1)}g(x) & p^{(q-1)(r-1)}\big(1-e(x)\big)\end{bmatrix}$$

เมื่อ $a(x)\big(1-a(x)\big)-c(x)b(x)=qrm(x)$ และ $e(x)\big(1-e(x)\big)-f(x)g(x)=qrn(x)$ สำหรับบาง $a(x),b(x),c(x),e(x),f(x),g(x),m(x),n(x)\in\mathbb{Z}_{pqr}[x]$ จะได้ว่า

1) (A,B) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$

2) (B,A) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$

การพิสูจน์ ในทำนองเดียวกับประพจน์ 8

ประพจน์ 24. ให้ $A,B\in M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$ โดยที่

$$A=\begin{bmatrix}p^{(q-1)(r-1)}a(x) & p^{(q-1)(r-1)}b(x)\\ p^{(q-1)(r-1)}c(x) & p^{(q-1)(r-1)}\big(1-a(x)\big)\end{bmatrix}$$

และ

$$B=\begin{bmatrix}q^{(p-1)(r-1)}e(x) & q^{(p-1)(r-1)}f(x)\\ q^{(p-1)(r-1)}g(x) & q^{(p-1)(r-1)}\big(1-e(x)\big)\end{bmatrix}$$

เมื่อ $a(x)\big(1-a(x)\big)-c(x)b(x)=qrm(x)$ และ $e(x)\big(1-e(x)\big)-f(x)g(x)=prn(x)$ สำหรับบาง $a(x),b(x),c(x),e(x),f(x),g(x),m(x),n(x)\in\mathbb{Z}_{pqr}[x]$ จะได้ว่า

1) (A,B) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$

2) (B,A) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$

การพิสูจน์ ในทำนองเดียวกับประพจน์ 11

ประพจน์ 25. ให้ $A,B\in M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$ โดยที่

$$A=\begin{bmatrix}p^{(q-1)(r-1)}a(x) & p^{(q-1)(r-1)}b(x)\\ p^{(q-1)(r-1)}c(x) & p^{(q-1)(r-1)}\big(1-a(x)\big)\end{bmatrix}$$

และ

$$B=\begin{bmatrix}r^{(p-1)(q-1)}e(x) & r^{(p-1)(q-1)}f(x)\\ r^{(p-1)(q-1)}g(x) & r^{(p-1)(q-1)}\big(1-e(x)\big)\end{bmatrix}$$

เมื่อ $a(x)\big(1-a(x)\big)-c(x)b(x)=qrm(x)$ และ $e(x)\big(1-e(x)\big)-f(x)g(x)=pqn(x)$ สำหรับบาง $a(x),b(x),c(x),e(x),f(x),g(x),m(x),n(x)\in\mathbb{Z}_{pqr}[x]$ จะได้ว่า

1) (A,B) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$

2) (B,A) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$

การพิสูจน์ ในทำนองเดียวกับประพจน์ 11

ประพจน์ 26. ให้ $A,B\in M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$ โดยที่

$$A=\begin{bmatrix} q^{(p-1)(r-1)}a(x) & q^{(p-1)(r-1)}b(x) \\ q^{(p-1)(r-1)}c(x) & q^{(p-1)(r-1)}\big(1-a(x)\big)\end{bmatrix}$$

และ

$$B=\begin{bmatrix} q^{(p-1)(r-1)}e(x) & q^{(p-1)(r-1)}f(x) \\ q^{(p-1)(r-1)}g(x) & q^{(p-1)(r-1)}\big(1-e(x)\big)\end{bmatrix}$$

เมื่อ $a(x)\big(1-a(x)\big)-c(x)b(x)=prm(x)$ และ $e(x)\big(1-e(x)\big)-f(x)g(x)=prn(x)$ สำหรับบาง $a(x),b(x),c(x),e(x),f(x),g(x),m(x),n(x)\in\mathbb{Z}_{pqr}[x]$ จะได้ว่า

1) (A,B) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$

2) (B,A) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$

การพิสูจน์ ในทำนองเดียวกับประพจน์ 8

ประพจน์ 27. ให้ $A,B\in M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$ โดยที่

$$A=\begin{bmatrix} q^{(p-1)(r-1)}a(x) & q^{(p-1)(r-1)}b(x) \\ q^{(p-1)(r-1)}c(x) & q^{(p-1)(r-1)}\big(1-a(x)\big)\end{bmatrix}$$

และ

$$B=\begin{bmatrix} r^{(p-1)(q-1)}e(x) & r^{(p-1)(q-1)}f(x) \\ r^{(p-1)(q-1)}g(x) & r^{(p-1)(q-1)}\big(1-e(x)\big)\end{bmatrix}$$

เมื่อ $a(x)\big(1-a(x)\big)-c(x)b(x)=prm(x)$ และ $e(x)\big(1-e(x)\big)-f(x)g(x)=pqn(x)$ สำหรับบาง $a(x),b(x),c(x),e(x),f(x),g(x),m(x),n(x)\in\mathbb{Z}_{pqr}[x]$ จะได้ว่า

1) (A,B) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$

2) (B,A) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$

การพิสูจน์ ในทำนองเดียวกับประพจน์ 11

ประพจน์ 28. ให้ $A,B\in M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$ โดยที่

$$A=\begin{bmatrix} r^{(p-1)(q-1)}a(x) & r^{(p-1)(q-1)}b(x) \\ r^{(p-1)(q-1)}c(x) & r^{(p-1)(q-1)}\big(1-a(x)\big)\end{bmatrix}$$

และ

$$B=\begin{bmatrix} r^{(p-1)(q-1)}e(x) & r^{(p-1)(q-1)}f(x) \\ r^{(p-1)(q-1)}g(x) & r^{(p-1)(q-1)}\big(1-e(x)\big)\end{bmatrix}$$

เมื่อ $a(x)\big(1-a(x)\big)-c(x)b(x)=pqm(x)$ และ $e(x)\big(1-e(x)\big)-f(x)g(x)=pqn(x)$ สำหรับบาง $a(x),b(x),c(x),e(x),f(x),g(x),m(x),n(x)\in\mathbb{Z}_{pqr}[x]$ จะได้ว่า

1) (A,B) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$

2) (B,A) ไม่เป็นคู่เสมือนของนิจพลใน $M_2\big(\mathbb{Z}_{pqr}[x]\big)$

การพิสูจน์ ในทำนองเดียวกับประพจน์ 8

ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาคู่เสมือนของนิจพลในริงเมทริกซ์ $M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$ โดยที่ p,q และ r เป็นจำนวน-เฉพาะที่แตกต่างกันและมากกว่า 3 ในกรณีที่ดีเทอมิแนนต์ของเมทริกซ์เท่ากับศูนย์ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้อาศัยรูปแบบของนิจพลไม่ชัดซึ่งได้รับการจำแนกไว้แล้วตามทฤษฎีบทที่เกี่ยวข้องและนำมาวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการเกิดคู่เสมือนของนิจพลตามบทนิยามที่กำหนด

จากการพิจารณาเมทริกซ์นิจพลไม่ชัดที่มีดีเทอมิแนนต์เท่ากับศูนย์ทุกกรณี พบว่า เมื่อกำหนดเมทริกซ์ $A,B\in M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$ ที่มีดีเทอมิแนนต์เท่ากับศูนย์และอยู่ในรูปแบบของนิจพลไม่ชัดตามทฤษฎีบทที่ 1 แล้ว ไม่ปรากฏกรณีใดที่คู่อันดับ (A,B) หรือ (B,A) เป็นคู่เสมือนของนิจพล กล่าวคือ ผลคูณ AB และ BA เป็นนิจพลหรือไม่สอดคล้องกับเงื่อนไขของคู่เสมือนของนิจพล

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด เมทริกซ์นิจพลไม่ชัดในริงเมทริกซ์ $M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$ ที่มีดีเทอมิแนนต์เท่ากับศูนย์ ไม่สามารถสร้างคู่เสมือนของนิจพลได้ในทุกกรณีที่ทำการศึกษา

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคู่เสมือนของนิจพลในริงเมทริกซ์ $M_2(\mathbb{Z}_{pqr}[x])$ ในกรณีที่ดีเทอมิแนนต์ของเมทริกซ์เท่ากับศูนย์ เมื่อ p,q และ r เป็นจำนวนเฉพาะที่แตกต่างกันที่มากกว่า 3 โดยใช้แนวคิดของนิจพลและคู่เสมือนของนิจพลเป็นกรอบในการวิเคราะห์

ผลการวิจัยพบว่า ไม่ปรากฏคู่เสมือนของนิจพลในริงเมทริกซ์ดังกล่าว สำหรับเมทริกซ์นิจพลไม่ชัดทุกกรณีที่พิจารณา ทั้งนี้เนื่องจากผลคูณของเมทริกซ์สองตัวไม่สามารถสอดคล้องกับเงื่อนไขคู่เสมือนของนิจพล กล่าวคือ ไม่สามารถทำให้ผลคูณด้านหนึ่งเป็นนิจพล ในขณะที่อีกด้านหนึ่งไม่เป็นนิจพลได้ ผลลัพธ์ที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้าในกรณีของริงเมทริกซ์ภายใต้ริงพหุนามที่มีโครงสร้างใกล้เคียงกัน ซึ่งต่างก็ไม่พบการมีอยู่ของคู่เสมือนของนิจพลเช่นเดียวกัน ทั้งนี้ผลการศึกษาดังกล่าวช่วยเสริมสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างของริงเมทริกซ์ภายใต้ริงพหุนาม และสามารถใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการศึกษาต่อยอดในริงเมทริกซ์อันดับที่สูงขึ้นหรือภายใต้ริงพหุนามที่มีโครงสร้างแตกต่างออกไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

สลันกร หุ่นโพธิ์ และเสาวลักษณ์ ยอดสายออ (2024) คู่เสมือนของนิจพลในริงเมทริกซ์ของอันดับ 2 ภายใต้ริงพหุนาม. โครงงานระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาคณิตศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.

Anh, P. N., Birkenmeier, G. F., & van Wyk, L. (2016). Idempotents and structures of rings. *Linear and Multilinear Algebra, 64*(10), 2002–2029.

Arifin, M. C., & Ernanto, I. (2023). Idempotent elements in matrix ring of order 2 over polynomial ring $\mathbb{Z}_{p^2q}[x]$. *Journal of Fundamental Mathematics and Applications (JFMA), 6*(2), 136-147.

Balmaceda, J. M. P., & Datu, J. P. P. (2020). Idempotents in certain matrix rings over polynomial rings. *International Electronic Journal of Algebra, 27*(27), 1–12.

Blyth, T. S., & Santos, M. A. (2002). Regular semigroups with skew pairs of idempotents. *Semigroup Forum*, 65(2), 264-274.

Blyth, T. S., & Santos, M. A. (2004). The smallest regular semigroups with all four skew pairs of idempotents. *Semigroup Forum, 69*(2), 230–242.

Blyth, T. S., & Santos, M. A. (2006a). Derived Rees matrix semigroups as semigroups of transformations. *Semigroup Forum, 73*(2), 219-233).

Blyth, T. S., & Santos, M. A. (2006b). Skew pairs of idempotents in transformation semigroups. *Acta Mathematica Sinica, English Series, 22*(6), 1705–1714.

Changphas, T., & Sullivan, R. P. (2010). Skew idempotents in linear transformation semigroups. *Linear and Multilinear Algebra, 58*(4), 399–411.

Kanwar, P., Khatkar, M., & Sharma, R. K. (2017). Idempotents and units of matrix rings over polynomial rings. *International Electronic Journal of Algebra, 22*(22), 147–169.

Kanwar, P., Leroy, A., & Matczuk, J. (2013). Idempotents in ring extensions. *Journal of Algebra, 389*, 128–136

Luangchaisiri, P., & Changphas, T. (2021). Skew pairs of idempotents in partial transformation semigroups. *Mathematics* 2022, 10, 2.

Mittal, G. (2020). Non trivial idempotents of the matrix rings over polynomial ring $\mathbb{Z}_{pqr}[x]$. *Serdica Mathematical Journal, 46*, 89-100.

Nicholson, W. K., & Zhou, Y. (2004). Rings in which elements are uniquely the sum of an idempotent and a unit. *Glasgow Mathematical Journal*, *46*(2), 227-236.

พฤติกรรมการเลือกใช้แพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อรับชมรายการบันเทิง ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

Behavior of Online Platform Selection for Entertainment Viewing among Undergraduate Students at Pibulsongkram Rajabhat University

กฤษฎา ถุงเงิน[1] จรวยพร เจริญยาว[1] สลิลทิพย์ แดงกองโค[1] รัชดาภรณ์ ทิมัน[1*]

Kitsada Thungngern[1] Charuaiphon Charoenyao[1] Salinthip Daengkongkho[1] Rachadaporn Timun[1*]

[1] หลักสูตรสาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
156 หมู่ที่ 5 ตำบลพลายชุมพล อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก 65000

[1] Department of Mathematics, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University,
156 Moo 5, Phlai Chumphon, Mueang Phitsanulok, Phitsanulok, 65000

*Corresponding author E-mail: rachadaporn.ti@psru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเลือกใช้แพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อรับชมรายการบันเทิงของนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม และเพื่อศึกษาข้อมูลทั่วไปที่มีผลต่อปัจจัยด้านการยอมรับทางเทคโนโลยี ด้านส่วนประสมทางการตลาด ด้านรูปแบบการดำเนินชีวิต และด้านการตัดสินใจในการเลือกใช้แพลตฟอร์มออนไลน์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จำนวน 391 คน เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามออนไลน์ผ่าน Google Form วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติเชิงอนุมาน ได้แก่ การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกทางเดียว (One-way Analysis of Variance: One-way ANOVA) และเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple Comparisons) โดยวิธีผลต่างนัยสำคัญน้อยสุด (least significant difference: LSD) ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุ 17-19 ปี ระดับชั้นปีที่1 คณะวิทยาการจัดการ มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 5,001-10,000 บาท เลือกใช้แพลตฟอร์ม Netflix เพียง 1 แพลตฟอร์ม รับชมผ่านอุปกรณ์แท็บเล็ตหรือไอแพด ในช่วงเวลา 18.00 – 20.59 น. มีความถี่ในการรับชม 3–4 ครั้งต่อสัปดาห์ ใช้เวลารับชมต่อครั้งเฉลี่ยประมาณ 1 ชั่วโมง เนื้อหาที่นิยมรับชมเป็นซีรีส์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อความบันเทิง เลือกรับชมตามศิลปิน ดารา หรืออินฟลูเอนเซอร์ มีค่าใช้จ่ายในการสมัครสมาชิกแพลตฟอร์ม 101–200 บาทต่อเดือน ชื่นชอบเนื้อหาที่มีความหลากหลาย สามารถตอบสนองความต้องการในการรับชมได้ โดยให้เหตุผลว่าแพลตฟอร์มออนไลน์มีบริการเนื้อหาหลายรูปแบบ เช่น ซีรีส์ ภาพยนตร์ อนิเมะ และมีแนวโน้มไม่แน่ใจหรือยังไม่ตัดสินใจที่จะเป็นสมาชิกแพลตฟอร์มออนไลน์ต่อในอนาคต นอกจากนี้ ผลการศึกษาความพึงพอใจต่อปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการเลือกใช้แพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อรับชมรายการบันเทิง พบว่าโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่าปัจจัยด้านการยอมรับทางเทคโนโลยีมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด

รองลงมา ได้แก่ ปัจจัยด้านรูปแบบการดำเนินชีวิต การตัดสินใจ และส่วนประสมทางการตลาด ตามลำดับ โดยทุกปัจจัยมีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากทั้งหมด แสดงให้เห็นว่าปัจจัยทั้ง 4 ด้านมีบทบาทสำคัญต่อพฤติกรรมการเลือกใช้แพลตฟอร์มออนไลน์ของนักศึกษา นอกจากนี้เมื่อพิจารณาปัจจัยในภาพรวมพบว่า ข้อมูลทั่วไปจำแนกตามคณะและรายได้เฉลี่ยที่แตกต่างกันมีปัจจัยด้านการยอมรับเทคโนโลยี ปัจจัยด้านการส่วนประสมทางการตลาด ปัจจัยด้านการดำเนินชีวิตและปัจจัยด้านการตัดสินใจโดยรวม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

คำสำคัญ : แพลตฟอร์มออนไลน์ พฤติกรรม รายการบันเทิง การตัดสินใจ

Abstract

The objectives of this study were to examine the behavior of online platform selection for entertainment programs among undergraduate students at Pibulsongkram Rajabhat University and to investigate the influence of general characteristics on technology acceptance, marketing mix, lifestyle, and decision-making factors. The sample consisted of 391 undergraduate students, and data was collected using an online questionnaire. Descriptive statistics (frequency, percentage, mean, and standard deviation) and inferential statistics, including One-way Analysis of Variance (One-way ANOVA) and multiple comparisons using the Least Significant Difference (LSD) method, were employed for data analysis. The results indicated that most respondents were female, aged 17–19 years, first-year students from the Faculty of Management Science, with an average monthly income ranging from 5,001 to 10,000 baht. Most respondents used only one online platform, predominantly Netflix, and accessed content via tablets or iPads. The most common viewing time was between 6:00 p.m. and 8:59 p.m., with a viewing frequency of 3–4 times per week and an average viewing duration of approximately one hour per session. Television series were the most preferred type of content, primarily viewed for entertainment purposes. Viewing choices were influenced by artists, celebrities, or influencers. Monthly subscription expenses ranged from 101 to 200 baht. Respondents favored platforms offering diverse content that effectively met their viewing needs, such as series, movies, and anime. However, many respondents expressed uncertainty or had not yet decided whether to continue subscribing to online platforms in the future. Moreover, overall satisfaction with factors influencing online platform selection was high. Technology acceptance showed the highest mean

score, followed by lifestyle, decision-making, and marketing mix factors, indicating that all four factors play important roles in students' platform selection behavior. In addition, the results of the overall factor analysis indicated that differences in faculty affiliation and average monthly income were associated with statistically significant differences in technology acceptance, marketing mix, lifestyle, and decision-making factors at the 0.05 level of significance.

Keywords : online platforms, behavior, entertainment programs, decision-making

บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศและอินเทอร์เน็ตมีบทบาทสำคัญต่อการดำเนินชีวิตของผู้คนทั่วโลก โดยเฉพาะการสื่อสารและการให้บริการผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์ที่พัฒนาอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูล ข่าวสาร และความบันเทิงได้ทุกที่ทุกเวลา แพลตฟอร์มเหล่านี้นำเสนอเนื้อหาหลากหลายประเภท เช่น รายการโทรทัศน์ ภาพยนตร์ เพลง เกม และการถ่ายทอดสด ซึ่งตอบสนองต่อความต้องการด้านความสะดวก ความรวดเร็ว และการเลือกสรรเนื้อหาได้ตามความสนใจของผู้ใช้บริการ แพลตฟอร์มออนไลน์ได้กลายเป็นหนึ่งในรูปแบบความบันเทิงที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถให้บริการทั้งแบบตามเวลาจริงและแบบเลือกชมย้อนหลัง พร้อมระบบการสมัครสมาชิกหรือการเข้าถึงแบบฟรีที่มีโฆษณาสนับสนุน อีกทั้งยังมีการพัฒนาเนื้อหาใหม่อย่างต่อเนื่องและมีความหลากหลายทั้งในด้านประเภท ภาษา และรูปแบบการนำเสนอ เพื่อดึงดูดผู้ชมกลุ่มต่าง ๆ ให้เลือกใช้บริการ ความแพร่หลายของแพลตฟอร์มเหล่านี้ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการรับชมความบันเทิงจากเดิมที่พึ่งพาสื่อโทรทัศน์หรือสื่อสิ่งพิมพ์ มาเป็นการใช้แพลตฟอร์มออนไลน์เป็นช่องทางหลัก ซึ่งไม่เพียงตอบโจทย์ความต้องการด้านความเพลิดเพลินและการผ่อนคลาย แต่ยังสะท้อนให้เห็นถึงแนวโน้มของสังคมดิจิทัลที่เน้นความยืดหยุ่นและการปรับตัวตามเทคโนโลยีที่ก้าวหน้าอย่างต่อเนื่อง (เจิมสิริ เหลืองศุภภรณ์, 2561)

จากการศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภคในการเลือกใช้แพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อรับชมรายการบันเทิง พบว่านักศึกษามีการเลือกใช้แพลตฟอร์มออนไลน์ที่หลากหลาย โดยแพลตฟอร์มที่ได้รับความนิยมสูงสุดในช่วง 6 เดือนที่ผ่านมา คือ Netflix รองลงมาคือ VIU และ Disney+ ตามลำดับ รวมถึงแพลตฟอร์มอื่น ๆ เช่น AISPlay, IQIYI, HBO GO, Prime, True ID, WeTV, Monomax และแพลตฟอร์มขนาดเล็กอื่น ๆ ซึ่งผู้บริโภคเลือกใช้ตามความชอบและความสะดวก เหตุผลสำคัญที่กระตุ้นให้เกิดการใช้งานแพลตฟอร์มเหล่านี้ คือ ความต้องการด้านความบันเทิง การผ่อนคลายจากการทำงานหรือการเรียน ความสะดวกในการเข้าถึงเนื้อหาผ่านอุปกรณ์ที่หลากหลาย โดยเฉพาะโทรทัศน์และสมาร์ตโฟนที่เป็นอุปกรณ์หลักในการรับชม นอกจากนี้ ประเภทเนื้อหาที่

ได้รับความนิยมมาก ได้แก่ ซีรีส์และภาพยนตร์แนวโรแมนติก เนื้อหาที่มีการดำเนินเรื่องน่าสนใจ ภาพสวยงาม และคุณภาพการผลิตสูง ซึ่งตอบสนองต่อรสนิยมและความพึงพอใจของผู้ชมได้อย่างมีประสิทธิภาพ พฤติกรรมการรับชมส่วนใหญ่เกิดขึ้นสัปดาห์ละ 4–6 ครั้ง โดยช่วงเวลาที่นิยมมากคือวันเสาร์–อาทิตย์หรือวันหยุดพิเศษ รวมถึงช่วงเย็นถึงค่ำต่อเนื่องจนถึงดึก ซึ่งสอดคล้องกับเวลาว่างของผู้บริโภค ลักษณะการเลือกใช้แพลตฟอร์มยังขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ความชอบส่วนบุคคล แนวเนื้อหาที่สนใจ ราคาค่าบริการ ความคุ้มค่าของแพ็กเกจ และคุณภาพการให้บริการ โดยกลุ่มผู้ใช้จำนวนมากมีแนวโน้มเลือกสมัครแพ็กเกจแบบเหมาจ่ายรายเดือนเพื่อให้สามารถเข้าถึงเนื้อหาได้อย่างต่อเนื่องและประหยัดค่าใช้จ่าย ขณะเดียวกันยังมีผู้ใช้ที่เลือกใช้บริการแบบฟรีซึ่งมีโฆษณาสอดแทรกตามเงื่อนไขของแพลตฟอร์ม ทั้งนี้ ระดับค่าใช้จ่ายต่อเดือนของผู้บริโภคส่วนใหญ่อยู่ในช่วงปานกลางถึงสูง โดยกลุ่มที่มีรายได้มากกว่ามีแนวโน้มเลือกแพ็กเกจระดับพรีเมียมเพื่อเข้าถึงเนื้อหาพิเศษหรือรับชมด้วยคุณภาพสูงกว่า พฤติกรรมเหล่านี้สะท้อนให้เห็นถึงบทบาทของแพลตฟอร์มออนไลน์ในฐานะสื่อกลางสำคัญที่สามารถตอบสนองความต้องการด้านความบันเทิงของผู้บริโภคในยุคดิจิทัลได้อย่างครบวงจร (ภัทราภรณ์ สุวรรณโชติ และ ณัฏฐณิชา ฉายรัศมี, 2567)

กลุ่มวัยรุ่นในยุคเจนเนอเรชันวายและแซดเป็นกลุ่มที่เติบโตมาพร้อมกับความก้าวหน้าของเทคโนโลยีดิจิทัล โดยเฉพาะแพลตฟอร์มออนไลน์ที่มีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวัน โทรศัพท์มือถือกลายเป็นเครื่องมือหลักในการเข้าถึงข้อมูลและความบันเทิง อีกทั้งยังเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการรับชมรายการต่าง ๆ บนแพลตฟอร์มออนไลน์อย่างต่อเนื่อง วัยรุ่นมีแนวโน้มเลือกใช้แพลตฟอร์มออนไลน์ตามความสนใจ มีพฤติกรรมการแสวงหาข้อมูลผ่านสื่อโซเชียล บล็อกรีวิว และแพลตฟอร์มต่าง ๆ ก่อนตัดสินใจใช้บริการ โดยเน้นความสะดวก ความรวดเร็ว และความบันเทิงเป็นหลัก ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมผู้บริโภคในยุคปัจจุบันด้วยเหตุนี้ กลุ่มวัยรุ่นจึงเป็นกลุ่มเป้าหมายที่เหมาะสมในการศึกษาพฤติกรรมการเลือกใช้แพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อรับชมรายการบันเทิง เพราะสามารถแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มการบริโภคสื่อในยุคดิจิทัลได้อย่างชัดเจน (ณัฐรดา ปัญจศุภโชค, 2560)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาพฤติกรรมการเลือกใช้แพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อรับชมรายการบันเทิงของนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อสำรวจพฤติกรรมการเลือกใช้แพลตฟอร์มออนไลน์และปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกใช้แพลตฟอร์มออนไลน์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม เนื่องจากนักศึกษากลุ่มนี้เป็นกลุ่มวัยรุ่นที่มีการเข้าถึงเทคโนโลยีสารสนเทศและอินเทอร์เน็ตอย่างกว้างขวาง อีกทั้งมีพฤติกรรมการบริโภคสื่อดิจิทัลที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว การศึกษาพฤติกรรมดังกล่าวจะช่วยให้เข้าใจแนวโน้มการใช้แพลตฟอร์มออนไลน์ในการรับชมรายการบันเทิง รวมทั้งปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้แพลตฟอร์ม

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเลือกใช้แพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อรับชมรายการบันเทิงของนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

2. เพื่อศึกษาข้อมูลทั่วไปที่แตกต่างกันที่มีผลต่อปัจจัยด้านการยอมรับเทคโนโลยี ปัจจัยด้านการส่วนประสมทางการตลาด ปัจจัยด้านการดำเนินชีวิตและปัจจัยด้านการตัดสินใจของนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

สมมติฐานการวิจัย

ข้อมูลทั่วไปของนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามที่แตกต่างกันมีผลต่อปัจจัยด้านการยอมรับเทคโนโลยี ปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาด ปัจจัยด้านการดำเนินชีวิต และปัจจัยด้านการตัดสินใจที่แตกต่างกัน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รินทร์ลภัส เกตุวีระพงศ์ (2568) ศึกษาการเปิดรับสื่อ ลักษณะเนื้อหารายการบันเทิงที่ได้รับความนิยมและความคาดหวังต่อรายการบันเทิงของวัยรุ่นไทยในปัจจุบัน ผลการศึกษาพบว่าวัยรุ่นมีการเลือกรับชมรายการบันเทิงตามความสนใจส่วนบุคคล ความน่าสนใจของเนื้อหา และกระแสความนิยมในสังคม รวมทั้งให้ความสำคัญกับคุณภาพของเนื้อหาและรูปแบบการนำเสนอที่สอดคล้องกับความคาดหวังของผู้ชม งานวิจัยนี้สะท้อนให้เห็นว่าการเลือกสื่อและรายการบันเทิงของวัยรุ่นไทยขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านเนื้อหา ความบันเทิง และการตอบสนองต่อความต้องการของผู้ชม

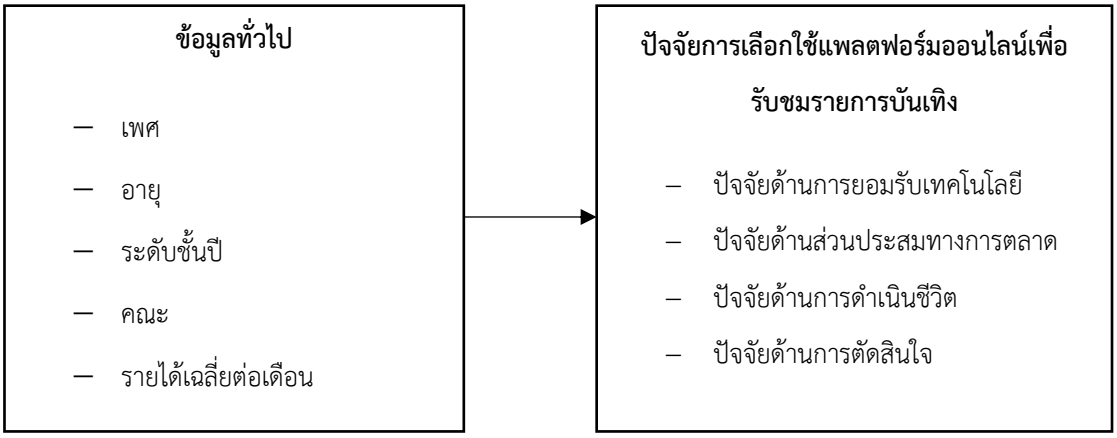
หนึ่งฤทัย คำหมั่น และ กัญญ์กุลณัช พีรชาอัครชัย (2566) ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมและความพึงพอใจในการรับชมภาพยนตร์ชุดออนไลน์สตรีมมิ่งของนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ โดยมุ่งสำรวจลักษณะการรับชม เช่น ความถี่ในการใช้งาน ประเภทแพลตฟอร์มที่นิยม ระยะเวลาในการรับชม และแรงจูงใจที่ทำให้นักศึกษาเลือกใช้บริการ ตลอดจนการวัดระดับความพึงพอใจต่อคุณภาพคอนเทนต์ ความสะดวกในการเข้าถึง และความคุ้มค่าของบริการ ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเลือกรับชมแพลตฟอร์มสตรีมมิ่ง ได้แก่ ความสะดวกในการใช้งาน ความหลากหลายของเนื้อหา และความคุ้มค่าของราคา ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าการให้บริการที่ตอบสนองความต้องการด้านความบันเทิงและการเข้าถึงที่ง่ายดาย เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจของนักศึกษาอย่างมีนัยสำคัญ งานวิจัยดังกล่าวจึงมีความสอดคล้องและสามารถนำมาเป็นแนวทาง

อ้างอิงในการศึกษาพฤติกรรมการเลือกใช้แพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อรับชมรายการบันเทิงในบริบทของนักศึกษาระดับอุดมศึกษา

รงรอง สามสาหร่าย (2561) ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกชมภาพยนตร์ออนไลน์ผ่าน Netflix โดยเน้นการวิเคราะห์พฤติกรรมผู้ใช้บริการว่ามีเหตุผลใดที่ทำให้เลือกใช้แพลตฟอร์มดังกล่าว ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการตัดสินใจ ได้แก่ ความหลากหลายและคุณภาพของคอนเทนต์ ความสะดวกสบายในการเข้าถึงบริการ ความคุ้มค่าของค่าบริการเมื่อเทียบกับประโยชน์ที่ได้รับ รวมถึงภาพลักษณ์และความน่าเชื่อถือของแพลตฟอร์ม ผลการวิจัยดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าการเลือกใช้บริการสตรีมมิ่งออนไลน์มิได้ขึ้นอยู่กับเนื้อหาเพียงอย่างเดียว แต่ยังรวมถึงองค์ประกอบด้านการตลาด ประสบการณ์การใช้งาน และความพึงพอใจโดยรวมของผู้ชม ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นกรอบอ้างอิงในการศึกษาปัจจัยการเลือกใช้แพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อรับชมรายการบันเทิงในงานวิจัยนี้

กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

กรอบแนวคิดของงานวิจัยเรื่องพฤติกรรมการเลือกใช้แพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อรับชมรายการบันเทิงของนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม แสดงได้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 16,040 คน ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิ และคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของยามาเน่ (Yamane, 1973) โดยกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 5 ดังนั้นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้มีจำนวน 391 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบสอบถามออนไลน์ผ่าน Google Form เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลโดยแบ่งออกเป็น 3 ตอน คือ ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป ได้แก่ เพศ ชั้นปี คณะ อายุ และรายได้เฉลี่ยต่อเดือน ซึ่งข้อคำถามเป็นแบบสำรวจรายการ (Check List) ตอนที่ 2 พฤติกรรมการเลือกใช้แพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อรับชมรายการบันเทิง ซึ่งข้อคำถามเป็นแบบสำรวจรายการ (Check List) ตอนที่ 3 ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกใช้แพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อรับชมรายการบันเทิง โดยข้อคำถามมีลักษณะเป็นมาตราส่วน (Rating Scale) 5 ระดับ (บุญชม ศรีสะอาด, 2560)

การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

แบบสอบถามที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ผ่านการตรวจสอบเนื้อหา โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ซึ่งมีความเชี่ยวชาญด้านหลักสูตร ด้านวิชาการ และด้านการวัดและประเมินผล โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Index of Item-Objective Congruence: IOC) (ประสพชัย พสุนนท์, 2558) จากการพิจารณาพบว่า มีค่าดัชนีความสอดคล้องโดยรวมเท่ากับ 0.95 แสดงว่าเครื่องมือมีคุณภาพเหมาะสมในการเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างวันที่ 21 กรกฎาคม 2568 ถึงวันที่ 5 สิงหาคม 2568

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพรรณนา ได้แก่ ความถี่ และร้อยละ กับข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม และพฤติกรรมการเลือกใช้แพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อรับชมรายการบันเทิง วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ในส่วนของความพึงพอใจของปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกใช้แพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อรับชมรายการบันเทิง และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกทางเดียว เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับ

การเลือกใช้แพลตฟอร์มออนไลน์ จำแนกตามข้อมูลทั่วไปและเมื่อพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทำการเปรียบเทียบพหุคูณด้วยวิธีผลต่างนัยสำคัญน้อยสุด โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาพฤติกรรมการเลือกใช้แพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อรับชมรายการบันเทิงของนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม และเพื่อศึกษาข้อมูลทั่วไปที่มีผลต่อปัจจัยด้านการยอมรับทางเทคโนโลยี ด้านส่วนประสมทางการตลาด ด้านรูปแบบการดำเนินชีวิต และด้านการตัดสินใจโดยทำการเก็บรวมรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 391 คน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีรายละเอียดดังนี้

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 391 คน พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีจำนวน 239 คน คิดเป็นร้อยละ 61.13 มีอายุ 17-19 ปี จำนวน 223 คน คิดเป็นร้อยละ 57.03 อยู่ระดับชั้นปีที่1 จำนวน 152 คน คิดเป็นร้อยละ 38.87 อยู่คณะวิทยาการจัดการ จำนวน 91 คน คิดเป็นร้อยละ 23.27 และกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนที่ 5,001-10,000 บาท จำนวน 207 คน คิดเป็นร้อยละ 52.94 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	150	38.36
หญิง	239	61.13
อื่น ๆ	2	0.51
อายุ (ปี)		
17-19	223	57.03
20-22	161	41.18
23-25	7	1.79
26 ปีเป็นต้นไป	0	0
ระดับชั้นปี		
1	152	38.87
2	101	25.83
3	87	22.25
4	51	13.05
คณะ		
ครุศาสตร์	61	15.60
เทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร	18	4.60

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน	ร้อยละ
เทคโนโลยีอุตสาหกรรม	49	12.53
มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์	45	11.51
วิทยาการจัดการ	91	23.27
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	46	11.76
สังคมศาสตร์และการพัฒนาท้องถิ่น	73	18.67
พยาบาลศาสตร์	8	2.06
รายได้เฉลี่ยต่อเดือน		
ไม่เกิน 5,000 บาท	95	24.30
5,001 - 10,000 บาท	207	52.94
10,001 - 15,000 บาท	72	18.41
15,001 - 20,000 บาท	15	3.84
อื่น ๆ	2	0.51

ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมการเลือกใช้แพลตฟอร์มออนไลน์ จำนวน 391 คน พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่รับชมแพลตฟอร์ม Netflix มีจำนวน 320 คน คิดเป็นร้อยละ 37.47 รับชม 1 แพลตฟอร์ม มีจำนวน 231 คน คิดเป็นร้อยละ 59.08 โดยรับชมผ่านแท็บเล็ต/ไอแพด มีจำนวน 324 คน คิดเป็นร้อยละ 50.31 รับชมช่วงเวลา 18.00 – 20.59 น. มีจำนวน 260 คน คิดเป็นร้อยละ 66.50 รับชม 3-4 ครั้งต่อสัปดาห์ มีจำนวน 127 คน คิดเป็นร้อยละ 32.48 ใช้เวลารับชมต่อครั้งเฉลี่ย 1 ชั่วโมง มีจำนวน 188 คน คิดเป็นร้อยละ 48.08 รับชมซีรีส์ มีจำนวน 305 คน คิดเป็นร้อยละ 27.50 รับชมเพื่อความบันเทิง มีจำนวน 287 คน คิดเป็นร้อยละ 35.52 เลือกรับชมตามศิลปิน ดารา อินฟลูเอนเซอร์ มีจำนวน 257 คน คิดเป็นร้อยละ 40.79 เสียค่าใช้จ่ายในการสมัครแพลตฟอร์มอยู่ที่ 101-200 บาท มีจำนวน 176 คน คิดเป็นร้อยละ 45.01 ชอบเนื้อหาที่หลากหลายสนองความต้องการในการรับชม มีจำนวน 245 คน คิดเป็นร้อยละ 22.09 โดยให้เหตุผลว่ามีบริการแพลตฟอร์มออนไลน์หลายรูปแบบ เช่น ซีรีส์ ภาพยนตร์ อนิเมะ เป็นต้น มีจำนวน 288 คน คิดเป็นร้อยละ 58.06 และมีแนวโน้มไม่แน่ใจ/ยังไม่ตัดสินใจที่จะเป็นสมาชิกแพลตฟอร์มออนไลน์ต่อในอนาคต มีจำนวน 272 คน คิดเป็นร้อยละ 69.57 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 พฤติกรรมการเลือกใช้แพลตฟอร์มออนไลน์

พฤติกรรมการเลือกใช้แพลตฟอร์มออนไลน์	จำนวน	ร้อยละ
แพลตฟอร์มออนไลน์(ตอบได้มากกว่า1ข้อ)		
Netflix	320	37.47
Disney+ Hotstar	61	7.14
Amazon Prime Video	44	5.15
VIU	136	15.93
iQIYI	116	13.58
WeTV	68	7.96
TrueID	84	9.84
อื่น ๆ	25	2.93
จำนวนแพลตฟอร์ม		
1 แพลตฟอร์ม	231	59.08
2 แพลตฟอร์ม	97	24.81
3 แพลตฟอร์ม	51	13.04
อื่น ๆ	12	3.07
อุปกรณ์ที่ใช้รับชม(ตอบได้มากกว่า1ข้อ)		
มือถือ	173	26.86
โน๊ตบุ๊ค	91	14.13
คอมพิวเตอร์	28	4.35
แท็บเล็ต/ไอแพด	324	50.31
ทีวี	28	4.35
ช่วงเวลาในการรับชม		
00.00 – 02.59 น.	9	2.30
03.00 – 05.59 น.	4	1.01
06.00 – 08.59 น.	10	2.56
09.00 – 11.59 น.	12	3.07
12.00 – 14.59 น.	8	2.05
15.00 – 17.59 น.	73	18.67
18.00 – 20.59 น.	260	66.50
21.00 – 23.59 น.	15	3.84
ความถี่ในการรับชม		
1-2 ครั้งต่อสัปดาห์	69	17.65
3-4 ครั้งต่อสัปดาห์	127	32.48
5-6 ครั้งต่อสัปดาห์	99	25.32
มากกว่า 6 ครั้งต่อสัปดาห์	96	24.55

พฤติกรรมการเลือกใช้แพลตฟอร์มออนไลน์	จำนวน	ร้อยละ
ระยะเวลาโดยเฉลี่ยในการรับชม		
น้อยกว่า 1 ชั่วโมง	10	2.56
1 ชั่วโมง	188	48.08
2 ชั่วโมง	75	19.18
3 ชั่วโมงขึ้นไป	118	30.18
ประเภทรายการบันเทิง		
ละคร	152	13.71
ซีรีส์	305	27.50
ภาพยนตร์	271	24.44
รายการตลก	45	4.04
รายการเพลง	48	4.33
เรียลลิตี้โชว์	34	3.07
วาไรตี้โชว์	31	2.80
การ์ตูน	223	20.11
วัตถุประสงค์ในการรับชม		
ความบันเทิง	287	35.52
ตามกระแสนิยม	187	23.14
ผ่อนคลายความเครียด	259	32.05
หาความรู้ที่เป็นประโยชน์	42	5.20
หาข้อมูลในการทำงาน	33	4.09
ผู้มีอิทธิพลต่อการเลือกรับชม(ตอบได้มากกว่า1ข้อ)		
พ่อ แม่	28	4.45
ญาติพี่น้อง	40	6.35
เพื่อน	205	32.54
แฟน	100	15.87
ศิลปิน ดารา อินฟลูเอนเซอร์ คิดเป็นร้อยละ	257	40.79
ค่าใช้จ่ายในการสมัครสมาชิก		
ไม่เกิน 100 บาท	121	30.95
101-200 บาท	176	45.01
201-300 บาท	60	15.35
301-400 บาท	27	6.91
อื่น ๆ	7	1.78
คุณสมบัติของแพลตฟอร์มออนไลน์ที่ชอบ(ตอบได้มากกว่า1ข้อ)		
เนื้อหาหลากหลายตอบสนองความต้องการในการรับชม	245	22.09
ใช้งานสะดวก	224	20.20
สามารถรับชมได้บนอุปกรณ์ที่หลากหลาย	118	10.64

พฤติกรรมการเลือกใช้แพลตฟอร์มออนไลน์	จำนวน	ร้อยละ
ราคาแพ็กเก็จสมาชิกมีความคุ้มค่า เหมาะสม	80	7.22
มีความเป็นส่วนตัวในการรับชม	113	10.19
สามารถรับชมได้ทุกเวลาตามความต้องการ	141	12.71
รับชมแพลตฟอร์มออนไลน์ได้โดยไม่มีโฆษณารบกวน	188	16.95
เหตุผลในการสมัครสมาชิก		
ราคาสมาชิกสมเหตุสมผล	97	19.56
โปรโมชัน/แพ็กเกจหลากหลาย	111	22.38
มีบริการแพลตฟอร์มออนไลน์หลากหลายรูปแบบ เช่น ซีรีส์ ภาพยนตร์ อนิเมะ เป็นต้น	288	58.06
แนวโน้มจะเป็นสมาชิกแพลตฟอร์มออนไลน์		
ต่ออายุสมาชิกแน่นอน	115	29.41
ไม่แน่ใจ/ยังไม่ตัดสินใจ	272	69.57
เลิกเป็นสมาชิกแน่นอน	4	1.02

เมื่อทำการวิเคราะห์ความพึงพอใจของปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกใช้แพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อรับชมรายการบันเทิงของนักศึกษาระดับปริญญาตรี พบว่า ความพึงพอใจของปัจจัยด้านการยอมรับทางเทคโนโลยี ปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาด ปัจจัยด้านรูปแบบการดำเนินชีวิตและปัจจัยด้านการตัดสินใจในทุกด้านอยู่ในระดับมาก ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความพึงพอใจของปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกใช้แพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อรับชมรายการบันเทิง

ลำดับ	รายการ	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับความคิดเห็น
1	ปัจจัยด้านการยอมรับทางเทคโนโลยี	4.42	0.76	มาก
2	ปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาด	4.34	0.79	มาก
3	ปัจจัยด้านรูปแบบการดำเนินชีวิต	4.40	0.75	มาก
4	ปัจจัยด้านการตัดสินใจ	4.39	0.75	มาก
รวม		**4.39**	**0.76**	**มาก**

และผลการทดสอบสมมติฐานของข้อมูลทั่วไปที่แตกต่างกันที่มีผลต่อปัจจัยด้านการยอมรับทางเทคโนโลยี ปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาด ปัจจัยด้านการดำเนินชีวิตและ ปัจจัยด้านการตัดสินใจ มีดังนี้

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยด้านการยอมรับทางเทคโนโลยี ปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาด ปัจจัยด้านการดำเนินชีวิตและ ปัจจัยด้านการตัดสินใจโดยรวม ที่มีคณะแตกต่างกัน (One-Way ANOVA)

ปัจจัยเปรียบเทียบ	แหล่งของความแปรปรวน	SS	df	MS	F	Sig
ปัจจัยด้านการยอมรับทางเทคโนโลยี	ระหว่างกลุ่ม	10.790	7	1.541	4.772	0.000*
	ภายในกลุ่ม	123.713	383	0.323		
	รวม	134.503	390			
ปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาด	ระหว่างกลุ่ม	11.078	7	1.583	4.724	0.000*
	ภายในกลุ่ม	128.300	383	0.335		
	รวม	139.378	390			
ปัจจัยด้านการดำเนินชีวิต	ระหว่างกลุ่ม	10.736	7	1.534	4.381	0.000*
	ภายในกลุ่ม	134.083	383	0.350		
	รวม	144.819	390			
ปัจจัยด้านการตัดสินใจ	ระหว่างกลุ่ม	14.481	7	2.069	6.140	0.000*
	ภายในกลุ่ม	129.035	383	0.337		
	รวม	143.516	390			

จากตารางที่ 4 พบว่า ข้อมูลทั่วไปจำแนกตามคณะที่แตกต่างกัน ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นต่อปัจจัยด้านการยอมรับทางเทคโนโลยีโดยรวม (Sig = 0.000) ปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาดโดยรวม (Sig = 0.000) ปัจจัยด้านการดำเนินชีวิตโดยรวม (Sig = 0.000) และ ปัจจัยด้านการตัดสินใจโดยรวม (Sig = 0.00 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จึงทำการเปรียบเทียบพหุคูณ โดยใช้วิธีผลต่างนัยสำคัญน้อยสุด ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบพหุคูณของความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยด้านการยอมรับทางเทคโนโลยีโดยรวม ที่มีคณะแตกต่างกัน โดยวิธีผลต่างนัยสำคัญน้อยสุด

คณะ	$\bar{X}$	ครุศาสตร์	มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์	วิทยาการจัดการ	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	เทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร	เทคโนโลยีอุตสาหกรรม	สังคมศาสตร์และการพัฒนาท้องถิ่น	พยาบาลศาสตร์
ครุศาสตร์	4.35	-	(0.422)	(0.014)*	(0.069)	(0.499)	(0.040)*	(0.213)	(0.016)*
มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์	4.44		-	(0.171)	(0.015)*	(0.224)	(0.250)	(0.759)	(0.006)*
วิทยาการจัดการ	4.58			-	(0.000)*	(0.023)*	(0.946)	(0.222)	(0.000)*
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	4.14				-	(0.531)	(0.000)*	(0.003)*	(0.148)
เทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร	4.24					-	(0.037)*	(0.131)	(0.087)
เทคโนโลยีอุตสาหกรรม	4.57						-	(0.331)	(0.001)*
สังคมศาสตร์และการพัฒนาท้องถิ่น	4.47							-	(0.003)*
พยาบาลศาสตร์	3.82								-

จากตารางที่ 5 พบว่า คณะครุศาสตร์กับคณะวิทยาการจัดการ คณะครุศาสตร์กับคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์กับคณะพยาบาลศาสตร์ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์กับคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์กับคณะพยาบาลศาสตร์ คณะวิทยาการจัดการกับคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาการจัดการกับคณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร คณะวิทยาการจัดการกับคณะพยาบาลศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับคณะสังคมศาสตร์และการพัฒนาท้องถิ่น คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหารกับคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมกับคณะพยาบาลศาสตร์ และคณะสังคมศาสตร์และการพัฒนาท้องถิ่นกับคณะพยาบาลศาสตร์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สำหรับคณะคู่อื่น ๆ ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 6 ผลการเปรียบเทียบพหุคูณของความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาดโดยรวม ที่มีคณะแตกต่างกัน โดยวิธีผลต่างนัยสำคัญน้อยสุด

คณะ	$\bar{X}$	ครุศาสตร์	มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์	วิทยาการจัดการ	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	เทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร	เทคโนโลยีอุตสาหกรรม	สังคมศาสตร์และการพัฒนาท้องถิ่น	พยาบาลศาสตร์
ครุศาสตร์	4.38	-	(0.845)	(0.365)	(0.000)*	(0.374)	(0.839)	(0.630)	(0.110)
มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์	4.41		-	(0.541)	(0.000)*	(0.321)	(0.708)	(0.812)	(0.096)
วิทยาการจัดการ	4.47			-	(0.000)*	(0.133)	(0.287)	(0.672)	(0.042)*
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	3.93				-	(0.051)	(0.000)*	(0.000)*	(0.639)
เทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร	4.25					-	(0.470)	(0.222)	(0.393)
เทคโนโลยีอุตสาหกรรม	4.36						-	(0. 507)	(0.141)
สังคมศาสตร์และการพัฒนาท้องถิ่น	4.04							-	(0.066)
พยาบาลศาสตร์	3.82								-

จากตารางที่ 6 พบว่า คณะครุศาสตร์กับคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์กับคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาการจัดการกับคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาการจัดการกับคณะพยาบาลศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับคณะสังคมศาสตร์และการพัฒนาท้องถิ่น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สำหรับคณะคู่อื่น ๆ ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 7 ผลการเปรียบเทียบพหุคูณของความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยด้านการดำเนินชีวิตโดยรวม ที่มีคณะแตกต่างกัน โดยวิธีผลต่างนัยสำคัญน้อยสุด

คณะ	$\bar{X}$	ครุศาสตร์	มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์	วิทยาการจัดการ	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	เทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร	เทคโนโลยีอุตสาหกรรม	สังคมศาสตร์และการพัฒนาท้องถิ่น	พยาบาลศาสตร์
ครุศาสตร์	4.35	-	(0.300)	(0.093)	(0.009)*	(0.493)	(0.141)	(0.063)	(0.197)
มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์	4.47		-	(0.682)	(0.001)*	(0.165)	(0.703)	(0.529)	(0.073)
วิทยาการจัดการ	4.51			-	(0.000)*	(0.074)	(0.982)	(0.776)	(0.039)*
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	4.05				-	(0.240)	(0.000)*	(0.000)*	(0.946)
เทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร	4.24					-	(0.091)	(0.054)	(0.479)
เทคโนโลยีอุตสาหกรรม	4.52						-	(0.826)	(0.045)*
สังคมศาสตร์และการพัฒนาท้องถิ่น	4.54							-	(0.030)*
พยาบาลศาสตร์	4.06								-

จากตารางที่ 7 พบว่า คณะครุศาสตร์กับคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์กับคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาการจัดการกับคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาการจัดการกับคณะพยาบาลศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับคณะสังคมศาสตร์และการพัฒนาท้องถิ่น คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมกับคณะพยาบาลศาสตร์ และคณะสังคมศาสตร์และการพัฒนาท้องถิ่นกับคณะพยาบาลศาสตร์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สำหรับคณะคู่อื่น ๆ ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 8 ผลการเปรียบเทียบพหุคูณของความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยด้านการตัดสินใจโดยรวม ที่มีคณะแตกต่างกัน โดยวิธีผลต่างนัยสำคัญน้อยสุด

คณะ	$\overline{X}$	ครุศาสตร์	มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์	วิทยาการจัดการ	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	เทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร	เทคโนโลยีอุตสาหกรรม	สังคมศาสตร์และการพัฒนาท้องถิ่น	พยาบาลศาสตร์
ครุศาสตร์	4.32	-	(0.203)	(0.065)	(0.001)*	(0.357)	(0.040)*	(0.020)*	(0.806)
มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์	4.47		-	(0.761)	(0.000)*	(0.075)	(0.482)	(0.416)	(0.681)
วิทยาการจัดการ	4.50			-	(0.000)*	(0.033)*	(0.613)	(0.530)	(0.563)
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	3.95				-	(0.163)	(0.000)*	(0.000)*	(0.058)
เทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร	4.18					-	(0.020)*	(0.014)*	(0.424)
เทคโนโลยีอุตสาหกรรม	4.55						-	(0.962)	(0.427)
สังคมศาสตร์และการพัฒนาท้องถิ่น	4.56							-	(0.403)
พยาบาลศาสตร์	4.38								-

จากตารางที่ 8 พบว่า คณะครุศาสตร์กับคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะครุศาสตร์กับคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์กับคณะสังคมศาสตร์และการพัฒนาท้องถิ่น คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์กับคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาการจัดการกับคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาการจัดการกับคณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับคณะสังคมศาสตร์และการพัฒนาท้องถิ่น คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหารกับคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และคณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหารกับคณะสังคมศาสตร์และการพัฒนาท้องถิ่น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สำหรับคณะคู่อื่น ๆ ไม่แตกต่างกัน_

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยด้านการยอมรับทางเทคโนโลยี ปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาด ปัจจัยด้านการดำเนินชีวิตและ ปัจจัยด้านการตัดสินใจโดยรวม ที่มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนแตกต่างกัน (One-Way ANOVA)

ปัจจัยเปรียบเทียบ	แหล่งของความแปรปรวน	SS	df	MS	F	Sig
ปัจจัยด้านการยอมรับทางเทคโนโลยี	ระหว่างกลุ่ม	14.556	4	3.639	11.711	0.000*
	ภายในกลุ่ม	119.947	386	0.311		
	รวม	134.503	390			
ปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาด	ระหว่างกลุ่ม	14.738	4	3.684	11.410	0.000*
	ภายในกลุ่ม	124.640	386	0.323		
	รวม	139.378	390			
ปัจจัยด้านการดำเนินชีวิต	ระหว่างกลุ่ม	17.531	4	4.383	13.291	0.000*
	ภายในกลุ่ม	127.287	386	0.330		
	รวม	144.819	390			
ปัจจัยด้านการตัดสินใจ	ระหว่างกลุ่ม	18.609	4	4.652	14.377	0.000*
	ภายในกลุ่ม	124.907	386	0.324		
	รวม	143.516	390			

จากตารางที่ 9 พบว่า ข้อมูลทั่วไปจำแนกตามรายได้เฉลี่ยต่อเดือนที่แตกต่างกัน ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นต่อปัจจัยด้านการยอมรับทางเทคโนโลยีโดยรวม (Sig = 0.000) ปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาดโดยรวม (Sig = 0.000) ปัจจัยด้านการดำเนินชีวิตโดยรวม (Sig = 0.000) และ ปัจจัยด้านการตัดสินใจโดยรวม (Sig = 0.000) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จึงเปรียบเทียบพหุคูณโดยใช้วิธีผลต่างนัยสำคัญน้อยสุด ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ผลการเปรียบเทียบพหุคูณของความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยด้านการยอมรับทางเทคโนโลยี ที่มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนแตกต่างกัน โดยวิธีผลต่างนัยสำคัญน้อยสุด

รายได้เฉลี่ยต่อเดือน	$\bar{X}$	ไม่เกิน 5,000 บาท	5,001-10,000 บาท	10,001-15,000 บาท	15,001-20,000 บาท	อื่น ๆ
ไม่เกิน 5,000 บาท	4.10	-	(0.000)*	(0.000)*	(0.010)*	(0.247)
5,001-10,000 บาท	4.48		-	(0.018)*	(0.888)	(0.833)
10,001-15,000 บาท	4.67			-	(0.313)	(0.808)
15,001-20,000 บาท	4.50				-	(0.313)
อื่น ๆ	4.42					-

จากตารางที่ 10 พบว่า ไม่เกิน 5,000 บาท กับ 5,001-10,000 บาท ไม่เกิน 5,000 บาท กับ 10,001-15,000 บาท ไม่เกิน 5,000 บาท กับ 15,001-20,000 บาท และ 5,001-10,000 บาท กับ 10,001-15,000 บาท แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สำหรับคู่อื่น ๆ ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 11 ผลการเปรียบเทียบพหุคูณของความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาดโดยรวม ที่มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนแตกต่างกัน โดยวิธีผลต่างนัยสำคัญน้อยสุด

รายได้เฉลี่ยต่อเดือน	$\bar{X}$	ไม่เกิน 5,000 บาท	5,001-10,000 บาท	10,001-15,000 บาท	15,001-20,000 บาท	อื่น ๆ
ไม่เกิน 5,000 บาท	4.02	-	(0.000)*	(0.000)*	(0.159)	(0.970)
5,001-10,000 บาท	4.47		-	(0.816)	(0.127)	(0.245)
10,001-15,000 บาท	4.45			-	(0.185)	(0.267)
15,001-20,000 บาท	4.24				-	(0.578)
อื่น ๆ	4.00					-

จากตารางที่ พบว่า ไม่เกิน 5,000 บาท กับ 5,001-10,000 บาท และ ไม่เกิน 5,000 บาท กับ 10,001-15,000 บาท แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สำหรับคู่อื่น ๆ ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 12 ผลการเปรียบเทียบพหุคูณของความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยด้านการดำเนินชีวิตโดยรวม ที่มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนแตกต่างกัน โดยวิธีผลต่างนัยสำคัญน้อยสุด

รายได้เฉลี่ยต่อเดือน	$\bar{X}$	ไม่เกิน 5,000 บาท	5,001-10,000 บาท	10,001-15,000 บาท	15,001-20,000 บาท	อื่น ๆ
ไม่เกิน 5,000 บาท	4.07	-	(0.000)*	(0.000)*	(0.001)*	(0.859)
5,001-10,000 บาท	4.46		-	(0.005)*	(0.410)	(0.258)
10,001-15,000 บาท	4.69			-	(0.555)	(0.097)
15,001-20,000 บาท	4.59				-	(0.174)
อื่น ๆ	4.00					-

จากตารางที่ 12 พบว่า ไม่เกิน 5,000 บาท กับ 5,001-10,000 บาท ไม่เกิน 5,000 บาท กับ 10,001-15,000 บาท ไม่เกิน 5,000 บาท กับ 15,001-20,000 บาท และ 5,001-10,000 บาท กับ 10,001-15,000 บาท แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สำหรับคู่อื่น ๆ ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 13 ผลการปรียบเทียบพหุคูณของความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยด้านการตัดสินใจโดยรวม ที่มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนแตกต่างกัน โดยวิธีผลต่างนัยสำคัญน้อยสุด

รายได้เฉลี่ยต่อเดือน	$\bar{X}$	ไม่เกิน 5,000 บาท	5,001-10,000 บาท	10,001-15,000 บาท	15,001-20,000 บาท	อื่น ๆ
ไม่เกิน 5,000 บาท	4.04	-	(0.000)*	(0.000)*	(0.003)*	(0.917)
5,001-10,000 บาท	4.47		-	(0.014)*	(0.748)	(0.224)
10,001-15,000 บาท	4.66			-	(0.373)	(0.104)
15,001-20,000 บาท	4.52				-	(0.225)
อื่น ๆ	4.00					-

จากตารางที่ 13 พบว่า ไม่เกิน 5,000 บาท กับ 5,001-10,000 บาท ไม่เกิน 5,000 บาท กับ 10,001-15,000 บาท ไม่เกิน 5,000 บาท กับ 15,001-20,000 บาท และ 5,001-10,000 บาท กับ 10,001-15,000 บาท แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สำหรับคู่อื่น ๆ ไม่แตกต่างกัน

นอกจากนี้ นักศึกษาที่มีเพศ อายุและระดับชั้นปีที่แตกต่างกันมีความคิดเห็นต่อ ปัจจัยด้านการยอมรับทางเทคโนโลยี ปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาด ปัจจัยด้านการดำเนินชีวิตและปัจจัยด้านการตัดสินใจโดยรวม ไม่แตกต่างกัน

วิจารณ์ผล

ผลการวิจัยพบว่านักศึกษาส่วนใหญ่นิยมเลือกรับชมแพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อความบันเทิง โดยเฉพาะแพลตฟอร์ม Netflix และเนื้อหาประเภท ซีรีส์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปัจจัยด้านความน่าสนใจและคุณภาพของเนื้อหาเป็นองค์ประกอบสำคัญในการเลือกรับชม สอดคล้องกับงานวิจัยของ (รินทร์ลภัส เกตุวีระพงศ์, 2568) ที่พบว่าวัยรุ่นไทยให้ความสำคัญกับความน่าสนใจของเนื้อหา ความสอดคล้องกับความสนใจส่วนบุคคล และกระแสความนิยมในสังคม ซึ่งสะท้อนว่าพฤติกรรมการรับชมของนักศึกษาในงานวิจัยนี้มีลักษณะไม่แตกต่างจากกลุ่มวัยรุ่นไทย นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังพบว่านักศึกษามีรูปแบบการรับชมที่สอดคล้องกับวิถีชีวิตประจำวัน กล่าวคือ นิยมรับชมในช่วงเวลาเย็นถึงค่ำ และใช้เวลารับชมเฉลี่ยครั้งละประมาณ 1 ชั่วโมง แสดงให้เห็นถึงการใช้แพลตฟอร์มออนไลน์เป็นกิจกรรมเพื่อการผ่อนคลายหลังการเรียน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (หนึ่งฤทัย คำหมั่น และ กัญญ์กุลณัช พีรชาอัครชัย, 2566) ที่พบว่าความสะดวกในการใช้งานและความหลากหลายของเนื้อหามีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกใช้แพลตฟอร์มออนไลน์ของนักศึกษา ขณะเดียวกันการที่แพลตฟอร์ม Netflix ได้รับความนิยมสูงสุดในกลุ่มตัวอย่าง สะท้อนให้เห็นว่าความหลากหลายของเนื้อหา ความสะดวกในการเข้าถึง และความคุ้มค่าของค่าบริการเป็นปัจจัยสำคัญต่อการตัดสินใจเลือกใช้แพลตฟอร์มออนไลน์ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ (รงรอง

สามสาหร่าย, 2561) ที่ระบุว่าการเลือกใช้ Netflix ขึ้นอยู่กับคุณภาพและความหลากหลายของคอนเทนต์ รวมถึงประสบการณ์การใช้งานที่ตอบสนองความต้องการของผู้ชม

สรุปผล

ผลการวิจัยพฤติกรรมการเลือกใช้แพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อรับชมรายการบันเทิงของนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 391 คน พบว่า นักศึกษาส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุ 17–19 ปี ระดับชั้นปีที่ 1 คณะวิทยาการจัดการ มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 5,001–10,000 บาท เลือกใช้แพลตฟอร์ม Netflix เพียง 1 แพลตฟอร์ม รับชมผ่านอุปกรณ์แท็บเล็ตหรือไอแพด ในช่วงเวลา 18.00–20.59 น. มีความถี่ในการรับชม 3–4 ครั้งต่อสัปดาห์ ใช้เวลารับชมต่อครั้งเฉลี่ยประมาณ 1 ชั่วโมง เนื้อหาที่นิยมรับชมเป็นซีรีส์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อความบันเทิง เลือกรับชมตามศิลปิน ดารา หรืออินฟลูเอนเซอร์ มีค่าใช้จ่ายในการสมัครสมาชิกแพลตฟอร์ม 101–200 บาทต่อเดือน ชื่นชอบเนื้อหาที่มีความหลากหลายสามารถตอบสนองความต้องการในการรับชมได้ โดยให้เหตุผลว่าแพลตฟอร์มออนไลน์มีบริการเนื้อหาหลายรูปแบบ เช่น ซีรีส์ ภาพยนตร์ อนิเมะ และมีแนวโน้มไม่แน่ใจหรือยังไม่ตัดสินใจที่จะเป็นสมาชิกแพลตฟอร์มออนไลน์ต่อในอนาคต นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์ของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการเลือกใช้แพลตฟอร์มออนไลน์ พบว่า ปัจจัยด้านการยอมรับทางเทคโนโลยี ปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาด ปัจจัยด้านรูปแบบการดำเนินชีวิต และปัจจัยด้านการตัดสินใจโดยรวมมีความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ผลการทดสอบสมมติฐานพบว่า ข้อมูลทั่วไปจำแนกตามคณะและรายได้เฉลี่ยที่แตกต่างกันมีปัจจัยด้านการยอมรับเทคโนโลยี ปัจจัยด้านการส่วนประสมทางการตลาด ปัจจัยด้านการดำเนินชีวิตและปัจจัยด้านการตัดสินใจโดยรวม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในขณะที่ข้อมูลทั่วไปจำแนกตามเพศ อายุ และระดับชั้นปีที่แตกต่างกันมีปัจจัยด้านการยอมรับเทคโนโลยี ปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาด ปัจจัยด้านรูปแบบการดำเนินชีวิต และปัจจัยด้านการตัดสินใจโดยรวม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่ได้ให้การสนับสนุนและเอื้อเฟื้อด้านวิชาการ ตลอดจนทรัพยากรต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

เจิมสิริ เหลืองศุภภรณ์. 2561. Netflix สร้างสถิติใหม่ด้วยจำนวนสมาชิกทั่วโลก 137.1 ล้านแอ็กเคานต์. แหล่งข้อมูล: https://thestandard.co/netflix-s-137-1-million-subscribers-worldwide/. ค้นเมื่อ 18 พฤศจิกายน 2568.

ณัฐรดา ปัญจศุภโชค. 2560. แรงจูงใจและพฤติกรรมการซื้อผลิตภัณฑ์รักษาสิวของกลุ่มวัยรุ่นในกรุงเทพมหานคร. การค้นคว้าอิสระ ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. ปทุมธานี.

บุญชม ศรีสะอาด. 2560. การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 10. สุวีริยาสาส์น, กรุงเทพฯ.

ประสพชัย พสุนนท์. 2558. ความเที่ยงตรงของแบบสอบถามสำหรับงานวิจัยทางสังคมศาสตร์. วารสารสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 18: 375–396.

ภัทราภรณ์ สุวรรณโชติ และณัฐณิชา ฉายศรี. 2567. ความเต็มใจจ่ายในการใช้บริการแพลตฟอร์มวิดีโอสตรีมมิ่งในช่วงหลังการแพร่ระบาดใหญ่ของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ของผู้บริโภคในกรุงเทพมหานคร. วารสารสังคมศาสตร์ปัญญาพัฒน์. 6(1): 187-200.

รงรอง สามสาหร่าย. 2561. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกชมภาพยนตร์ออนไลน์ผ่าน Netflix. การค้นคว้าอิสระ ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยกรุงเทพ. ปทุมธานี.

รินทร์ลภัส เกตุวีระพงศ์. 2568. การเปิดรับสื่อ ลักษณะเนื้อหารายการบันเทิงที่ได้รับความนิยมและความคาดหวังที่มีต่อรายการบันเทิงของวัยรุ่นไทยในปัจจุบัน. วารสารวิชาการนวัตกรรมสื่อสารสังคม. 13(1): 37–47.

หนึ่งฤทัย คำหมั่น และกัญญ์กุลณัช พีรชาอัครชัย. 2566. พฤติกรรมและความพึงพอใจในการรับชมภาพยนตร์ชุดออนไลน์สตรีมมิ่งของนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มมร วิทยาเขตอีสาน. 4(1): 1–12.

Yamane, T. 1973. Statistics: An introductory analysis. 3rd Edition. Harper & Row, New York.

การเปรียบเทียบสถาปัตยกรรมการเรียนรู้เชิงลึกสำหรับการสร้างดัชนีความเชื่อมั่นทางธุรกิจจากข่าวออนไลน์ไทย

Comparative Study of Deep Learning Architectures for Constructing a Business Confidence Index from Thai News

ตะวันวาด กรรโมทาร[1] และ สุรณพีร์ ภูมิวุฒิสาร[2]

Tawanwad Kunmotarn[1*] and Suronapee Phoomvuthisarn[2]

[1,2] ภาคสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จังหวัดกรุงเทพมหานครฯ 10330

[1,2] Department of Statistics, Faculty of Commerce and Accountancy, Chulalongkorn University, Bangkok Thailand 10330

tawanwad.km@gmail.com[1] , suronapee@cbs.chula.ac.th[2]

บทคัดย่อ

ดัชนีความเชื่อมั่นทางธุรกิจ (BSI) เผชิญข้อจำกัดด้านความล่าช้าจากการเก็บข้อมูลด้วยแบบสำรวจและมุ่งเน้นภาคการผลิตเป็นหลัก ส่งผลให้ไม่สามารถสะท้อนความอ่อนไหวต่อสถานการณ์เศรษฐกิจรายวันและปัจจัยเชิงอารมณ์ได้อย่างครอบคลุม ประกอบกับยังขาดความเอกฉันท์ในการเลือกสถาปัตยกรรมการเรียนรู้เชิงลึกที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการวิเคราะห์ข่าวภาษาไทยเมื่อใช้งานร่วมกับแบบจำลองภาษา เพื่อลดข้อจำกัดดังกล่าวจึงทำการศึกษาโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบสถาปัตยกรรมการเรียนรู้เชิงลึกสำหรับการสร้างดัชนีความเชื่อมั่นทางธุรกิจจากข่าวออนไลน์ภาษาไทย และประเมินประสิทธิภาพของดัชนีที่สร้างขึ้นเมื่อเทียบกับดัชนีความเชื่อมั่นทางธุรกิจของธนาคารแห่งประเทศไทย งานวิจัยใช้ข้อมูลข่าวออนไลน์จากหนังสือพิมพ์กรุงเทพธุรกิจ ครอบคลุมระยะเวลา 12 เดือน ตั้งแต่เดือนกันยายน พ.ศ. 2567 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2568 โดยพัฒนาแบบจำลองการประมวลผลภาษาธรรมชาติที่ใช้ *WangchanBERTa* เป็นโครงสร้างหลัก และผสานกับสถาปัตยกรรมการเรียนรู้เชิงลึก 3 รูปแบบ ได้แก่ CNN LSTM และ GRU การศึกษาดำเนินการเป็นสองขั้นตอน ได้แก่ การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองทั้งสามเพื่อคัดเลือกสถาปัตยกรรมที่เหมาะสมกับบริบทภาษาไทย และการนำแบบจำลองที่ดีที่สุดไปใช้สร้างดัชนีความเชื่อมั่นทางธุรกิจจากข่าวออนไลน์ พร้อมประเมินผลการทำงานของดัชนีดังกล่าว ผลการศึกษาพบว่า แบบจำลอง *WangchanBERTa* ที่ผสานกับ GRU ให้ประสิทธิภาพสูงสุดในการจำแนกความรู้สึกของข่าวออนไลน์ภาษาไทย หมวดข่าวที่มีอิทธิพลต่อดัชนีความเชื่อมั่นทางธุรกิจของธนาคารแห่งประเทศไทย ประกอบไปด้วย ข่าวสารทันเหตุการณ์ (News-update) และ ข่าวแรงงาน (Labour) ที่มีนัยสำคัญและถูกนำไปใช้ในการพยากรณ์ดัชนีความเชื่อมั่นทางธุรกิจ (BSI) ผลการประเมินแสดงให้เห็นว่าดัชนีที่สร้างจากข่าวออนไลน์สามารถสะท้อนระดับและทิศทางได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำกว่ากรณีฐานอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ : ดัชนีความเชื่อมั่นทางธุรกิจ การวิเคราะห์ความรู้สึก สถาปัตยกรรมการเรียนรู้เชิงลึก

Abstract

The traditional Business Sentiment Index (BSI) faces significant limitations due to publication lags inherent in survey-based data collection and a predominant focus on the manufacturing sector, consequently failing to capture daily economic sensitivities and dynamic sentimental factors comprehensively. Furthermore, a lack of consensus remains regarding the optimal deep learning architecture for Thai news sentiment analysis. To address these gaps, this study compares deep learning architectures for constructing a high-frequency BSI derived from Thai online news and evaluates its predictive efficiency against the Bank of Thailand's official BSI. Utilizing a dataset from *Krungthep Turakij* (September 2024-2025), the research develops a Natural Language Processing framework using *WangchanBERTa* as the backbone, integrated with CNN, LSTM, and GRU architectures. Empirical results indicate that the *WangchanBERTa* + GRU model yielded the highest classification performance. Significantly, News-update and Labour categories were identified as influential determinants for forecasting the official BSI. The evaluation demonstrates that the constructed online news-based index effectively reflects both the level and directional trends of business sentiment, exhibiting a significantly lower error rate compared to the baseline, thereby proving the viability of using hybrid language models for real-time economic monitoring.

Keywords : Business Confidence Index, Sentiment Analysis, Deep Learning

บทนำ

ดัชนีความเชื่อมั่นทางธุรกิจ (Business Confidence Index: BCI) ใช้สำหรับประเมินสภาพแวดล้อมทางเศรษฐกิจและธุรกิจในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง ตามองค์การเพื่อความร่วมมือและการพัฒนาทางเศรษฐกิจตัวชี้วัดดังกล่าวเป็นตัวชี้วัดมาตรฐานที่ได้จากแบบสำรวจความคิดเห็นเกี่ยวกับการผลิต คำสั่งซื้อ และปริมาณสินค้าสำเร็จรูปคงคลัง ซึ่งใช้บอกแนวโน้มของพัฒนาการที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในภาคการผลิต อย่างไรก็ดีเนื่องจากดัชนีดังกล่าวสนใจที่ภาคการผลิตมากกว่าภาคธุรกิจ ส่งผลให้อาจไม่สะท้อน ความเชื่อมั่นทางธุรกิจระดับเศรษฐกิจโดยรวมได้อย่างครบถ้วน (OECD, 2021) ยิ่งไปกว่านั้นดัชนีถูกจัดทำเป็นรายเดือนจากคะแนนแบบสำรวจ ส่งผลให้เผชิญความล่าช้าในการเผยแพร่ เนื่องจากคำตอบที่ได้จากแบบสำรวจเป็นช่วงเวลาเดียวในแต่ละเดือน ซึ่งอาจตรงข้ามกับความอ่อนไหวต่อสถานการณ์เศรษฐกิจในแต่ละวันที่ไม่เท่ากัน

ประเทศไทยมีการจัดทำดัชนีความเชื่อมั่นทางธุรกิจโดยธนาคารแห่งประเทศไทยโดยอาศัยคำตอบจากแบบสำรวจเกี่ยวกับผลการดำเนินงานของกิจการ คำสั่งซื้อรวม การลงทุน การจ้างงาน ผลผลิต และต้นทุนการผลิตจากนิยามดัชนีความเชื่อมั่นทางธุรกิจของ OECD และ ธนาคารแห่งประเทศไทย พบว่าเป็นดัชนีเชิงสำรวจที่ใช้ประเมินมุมมองของภาคธุรกิจต่อสถานการณ์เศรษฐกิจและแนวโน้มในระยะสั้น อย่างไรก็ดี OECD Business Confidence Index ถูกออกแบบให้เป็นตัวชี้มาตรฐานที่เน้นภาคการผลิตและสามารถเปรียบเทียบข้ามประเทศได้ โดยใช้สเกลที่ทำให้ค่าเฉลี่ยระยะยาวเท่ากับ 100 ขณะที่ดัชนีความเชื่อมั่นทางธุรกิจของธนาคารแห่งประเทศไทย **(BSI)** เน้นการสะท้อนทั้งภาวะเศรษฐกิจปัจจุบันและการคาดการณ์ในอีก 3 เดือนข้างหน้า ครอบคลุมภาคธุรกิจหลากหลายสาขา และใช้หลักการ Diffusion Index ที่มีค่า 50 เป็นเส้นแบ่งความเชื่อมั่นดีขึ้นหรือแย่ลงตามมุมมองของผู้ประกอบการไทย อย่างไรก็ดี ปัจจัยทางอารมณ์เชิงความรู้สึกต่อสถานการณ์ทางเศรษฐกิจ เช่น สภาพคล่องและเงื่อนไขทางการเงิน มุมมองแนวโน้มตลาด โอกาสในการส่งออก การคาดการณ์เงินเฟ้อ และการเปลี่ยนแปลงของราคาปัจจัยการผลิตหลัก ไม่ได้ถูกรวมคำนวณอยู่ในดัชนีดังกล่าว ส่งผลให้เผชิญข้อจำกัดแบบเดียวกับดัชนีความเชื่อมั่นทางธุรกิจในต่างประเทศที่ไม่สามารถสะท้อนเศรษฐกิจในภาพรวมของประเทศได้

Shapiro et al. (2020) ได้เสนอการใช้ความรู้สึกจากข่าวเพื่อสะท้อนตัวชี้วัดความเชื่อมั่นและผลลัพธ์ทางเศรษฐกิจจริงบางประการ เช่น ดัชนีราคาผู้บริโภค เนื่องจากข่าวสารเป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ที่สะท้อนเหตุการณ์ ณ ช่วงเวลานั้นได้ทันที และมีจุดเด่นด้านประสิทธิภาพของเวลาและต้นทุน นอกจากนี้ความหลากหลายของเนื้อหาข่าวยังช่วยขยายขอบเขตการวิเคราะห์ให้ครอบคลุมทั้งภาคธุรกิจและภาคการผลิต ซึ่งเป็นการลดข้อจำกัดของดัชนีรูปแบบเดิมที่มักกระจุกตัวอยู่ในภาคการผลิตส่งผลให้สามารถสะท้อนสภาวะเศรษฐกิจในภาพรวมได้อย่างแม่นยำและครบถ้วนมากยิ่งขึ้น โดยจะใช้ข้อมูลจากข่าวเศรษฐกิจ การเมือง ธุรกิจ เทคโนโลยี สาธารณสุข และอื่นๆ นำมาใช้ในการคำนวณเพื่อสร้างดัชนีความเชื่อมั่นทางธุรกิจ

วิธีการที่นิยมสำหรับการจัดการกับข้อมูลที่เป็นข่าวสาร คือ การวิเคราะห์ความรู้สึก **(Sentiment Analysis)** ซึ่งเป็นสาขาหนึ่งของการประมวลผลภาษาธรรมชาติ (NLP) ผสานศาสตร์ภาษาศาสตร์เชิงคอมพิวเตอร์เข้ากับแบบจำลองเชิงสถิติและการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อให้คอมพิวเตอร์เข้าใจภาษามนุษย์และเอื้อต่อการสื่อสารเชิงความหมาย โดยการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ความรู้สึกช่วยในการตีความที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้นต่อบริบทของข่าวสาร ในบรรดาแบบจำลองภาษาที่ปรับให้เหมาะกับงานจำเพาะ BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) ได้รับการใช้อย่างแพร่หลาย (Hirunsri, 2023) สำหรับบริบทภาษาไทย *WangchanBERTa* (Lowphansirikul et al., 2021) นับเป็นแบบจำลองภาษาไทยที่ผ่านการฝึกสอนล่วงหน้า (pretrained) โดยใช้วัตถุประสงค์ Masked Language Modeling (MLM) เพื่อทำนายโทเค็นที่ถูกปิดบังและเรียนรู้บริบททางภาษาศาสตร์ของภาษาไทย

อย่างไรก็ดีสำหรับภาษาที่มีโครงสร้างซับซ้อนและมีทรัพยากรน้อยอย่างภาษาไทยและภาษาในต่างประเทศส่งผลต่อการขาดความเป็นเอกฉันท์ (non-consensus) ในการเลือกใช้สถาปัตยกรรมเฉพาะเจาะจง แม้ว่าจะมีแนวโน้มโดยรวมไปที่การใช้แบบจำลองพื้นฐานที่ใช้เทคโนโลยี Transformer (เช่น BERT, KoBERT, หรือ *WangchanBERTa*) ซึ่งแสดงประสิทธิภาพเหนือกว่าแบบจำลอง Deep Learning และ Machine Learning แบบดั้งเดิม ตัวอย่างเช่น (Sangsavate et al., 2023) งานวิจัยในประเทศไทย พบว่า LSTM ที่ใช้ BERT ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในการจำแนกข่าวการเงิน (Khamphakdee and Seresangtakul, 2023) ในขณะที่การจำแนกรีวิวโรงแรมไทยพบว่า *WangchanBERTa* และการผสาน CNN ให้ความแม่นยำสูงที่สุด ส่วนในงานวิจัยต่างประเทศ เพื่อสร้างดัชนีทางเศรษฐกิจ (Economic Sentiment Index) แบบจำลองหลักจะถูกเสริมด้วยเทคนิคเฉพาะทางที่แตกต่างกัน เช่น (Seki, 2022) งานวิจัยของญี่ปุ่นใช้ BERT ในการให้คะแนนความรู้สึกควบคู่กับการใช้ One-Class SVM เพื่อกลั่นกรองประโยคที่ไม่เกี่ยวข้อง (outlier detection) และ (Kang, 2025) งานวิจัยของเกาหลีใต้ใช้ KoBERT ร่วมกับการประมวลผลภาพ (Image Clustering) โดยใช้แบบจำลอง VGG-16 ซึ่งสร้างจาก CNN เป็นฐานและการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์ (MCDA) เพื่อสร้างดัชนีความรู้สึกทางเศรษฐกิจสำหรับอุตสาหกรรม ICT จากวิธีการศึกษาทั้งหมดที่กล่าวข้างต้นแสดงถึงความหลากหลายของสถาปัตยกรรมเสริมในแบบจำลองและยังเป็นหลักฐานแสดงถึงข้อถกเถียงกันสำหรับการใช้แบบจำลองที่เหมาะสมกับบริบทของข่าวสาร

งานวิจัยได้นำเสนอกระบวนการสำหรับสร้างดัชนีความเชื่อมั่นทางธุรกิจจากข่าวออนไลน์ของประเทศไทย โดยสร้างแบบจำลองร่วมระหว่างการประมวลผลภาษาธรรมชาติโดยใช้ *WangchanBERTa* เป็นโครงสร้างหลัก ดังนั้นจึงทดลองโดยผสาน Deep Learning ประกอบไปด้วย CNN LSTM และ GRU แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ประกอบไปด้วย (1) การเปรียบเทียบสถาปัตยกรรมการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) ทั้ง 3 แบบจำลองที่ผสานกับ *WangchanBERTa* แล้วเหมาะสมกับบริบทของไทยที่สุด (2) นำแบบจำลองที่ดีที่สุดมาสร้างเป็นดัชนีความเชื่อมั่นทางธุรกิจและทำการประเมินผลแบบจำลอง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบสถาปัตยกรรมการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) สำหรับการสร้างดัชนีความเชื่อมั่นทางธุรกิจจากข่าวออนไลน์ไทย

2. เพื่อประเมินผลดัชนีความเชื่อมั่นทางธุรกิจที่สร้างจากข่าวออนไลน์ไทยกับกรณีฐาน (ดัชนีความเชื่อมั่นทางธุรกิจที่สร้างจากธนาคารแห่งประเทศไทย)

วิธีการดำเนินการวิจัย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

งานวิจัยนี้ใช้วิธีการเก็บข้อมูลแบบข้อมูลทุติยภูมิของบทความข่าวภาษาไทยบนช่องทางออนไลน์จากหนังสือพิมพ์กรุงเทพธุรกิจฉบับออนไลน์ โดยมีขั้นตอนทางเทคนิคดังนี้

1. การรวบรวมข้อมูลโดยการดึงข้อมูลบทความข่าวจากเว็บไซต์ย้อนหลังตามช่วงเวลาที่กำหนด
2. การเตรียมข้อมูล ทำความสะอาดข้อมูลลบ HTML entities, อีโมจิ, สัญลักษณ์พิเศษ การคัดกรอง (Filtering) ตัดข้อมูลที่มีความยาวผิดปกติ (Outliers) และตัดหมวดหมู่ข่าวที่เฉพาะเจาะจงเกินไปออก
3. การสร้างข้อมูลอ้างอิง (Ground Truth Labeling) ใช้วิธี Lexicon-based auto-labeling (กึ่งอัตโนมัติ) โดยใช้พจนานุกรม NECTEC LEXiTRON เป็นฐานในการสร้างคำศัพท์เชิงบวก-ลบ เพื่อระบุขั้วอารมณ์ของข่าว

แผนการทดลอง

งานวิจัยนี้ใช้แผนการทดลองแบบการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ข้อมูล โดยแบ่งการทดลอง Deep Learning ออกเป็น 3 รูปแบบ ร่วมกับแบบจำลองภาษาไทย *WangchanBERTa* ได้แก่

1. *WangchanBERTa* + CNN (Convolutional Neural Network)
2. *WangchanBERTa* + LSTM (Long Short-Term Memory)
3. *WangchanBERTa* + GRU (Gated Recurrent Unit)

โดยนำแบบจำลองทั้ง 3 มาฝึกฝนและทดสอบเพื่อหาแบบจำลองที่ดีที่สุดในการทำนายคะแนนความรู้สึก

การวิเคราะห์ทางสถิติ

1. สถิติเชิงพรรณนา ใช้การคำนวณค่าเฉลี่ยเพื่อหาคะแนนความรู้สึกของข่าวในแต่ละวัน
2. การวิเคราะห์การถดถอยและการคัดเลือกตัวแปร ใช้ Lasso Regression (Least Absolute Shrinkage and Selection Operator)

2.1 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณข่าวแต่ละหมวดหมู่กับดัชนี BSI

2.1.1 คัดเลือกตัวแปร (Feature Selection) และลดทอนมิติข้อมูล

2.1.2 กำหนดค่าน้ำหนัก (Weighting) ให้กับหมวดหมู่ข่าวทั้ง 11 หมวด

2.1.3 การพยากรณ์โดยสร้างแบบจำลองพยากรณ์ (Forecasting Model) โดยใช้คะแนนความรู้สึกเป็นตัวแปรอิสระเพื่อทำนายดัชนีความเชื่อมั่นทางธุรกิจ (BSI)

สถานที่และช่วงเวลาดำเนินการวิจัย

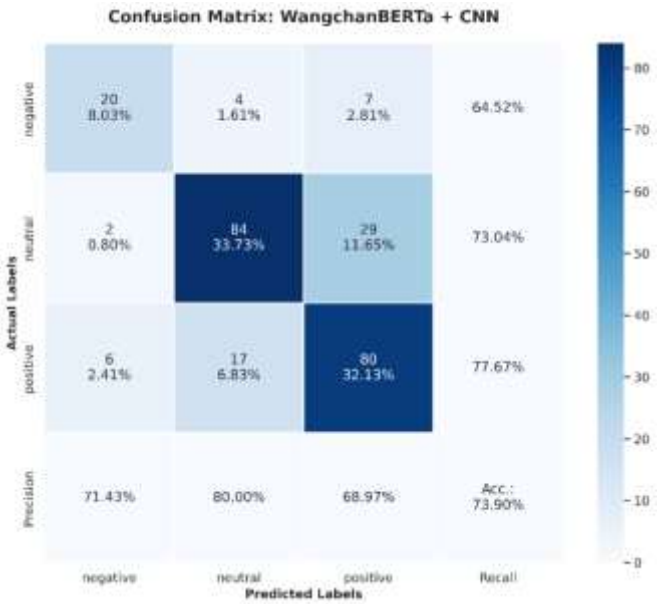
เก็บข้อมูลในประเทศไทยและช่วงเวลาดำเนินการวิจัยครอบคลุมระยะเวลาต่อเนื่อง 12 เดือน ตั้งแต่เดือนกันยายน พ.ศ. 2567 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2568

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ความรู้สึกด้วยแบบจำลอง *WangchanBERTa* + CNN

Learning Rate	2e-5	Training Epochs	5
Batch Size	16	Weight decay	0.01
	Precision	Recall	F1-Score
Negative	0.7143	0.6452	0.6780
Neutral	0.8000	0.7304	0.7636
Positive	0.6897	0.7767	0.7306
Accuracy			0.7390
Macro avg	0.7346	0.7174	**0.7241**
Weighted avg	0.7437	0.7390	0.7393

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความรู้สึกด้วยแบบจำลอง *WangchanBERTa* + CNN

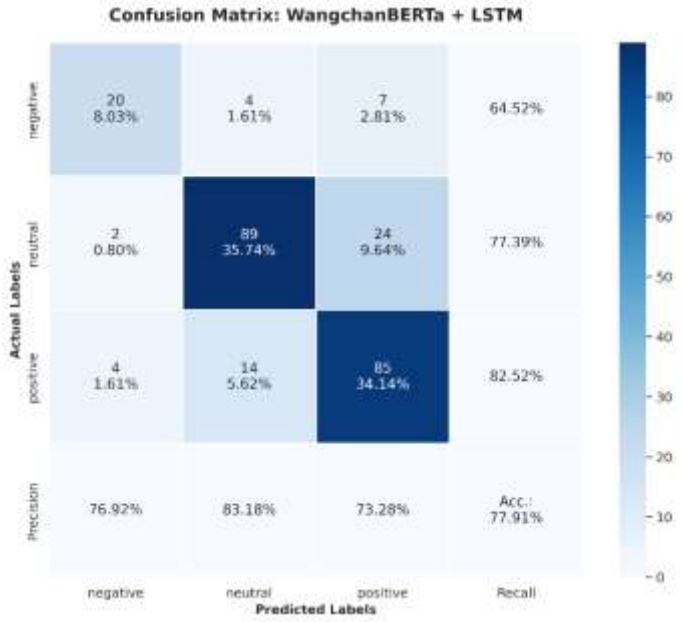


ภาพที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความรู้สึกด้วยแบบจำลอง *WangchanBERTa* + CNN

ผลการวิเคราะห์ความรู้สึกด้วยแบบจำลอง *WangchanBERTa* + LSTM

Learning Rate	2e-5	Training Epochs	5
Batch Size	16	Weight decay	0.01
	Precision	Recall	F1-Score
Negative	0.7692	0.6452	0.7018
Neutral	0.8318	0.7739	0.8018
Positive	0.7328	0.8252	0.7763
Accuracy			0.7791
Macro avg	0.7779	0.7481	**0.7599**
Weighted avg	0.7830	0.7791	0.7788

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความรู้สึกด้วยแบบจำลอง *WangchanBERTa* + LSTM

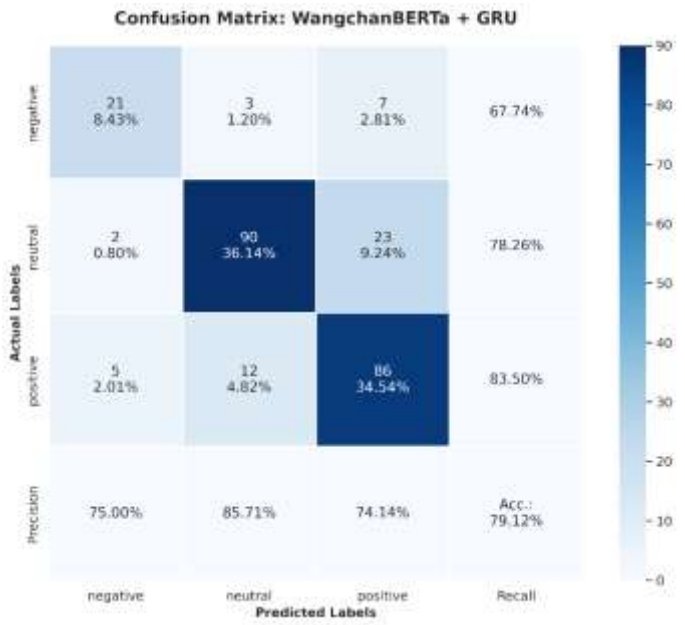


ภาพที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความรู้สึกด้วยแบบจำลอง *WangchanBERTa* + LSTM

ผลการวิเคราะห์ความรู้สึกด้วยแบบจำลอง *WangchanBERTa* + GRU

Learning Rate	2e-5	Training Epochs	5
Batch Size	16	Weight decay	0.01
	Precision	**Recall**	**F1-Score**
Negative	0.7500	0.6774	0.7119
Neutral	0.8571	0.7826	0.8182
Positive	0.7414	0.830	0.7854
Accuracy			0.7912
Macro avg	0.7828	0.7650	**0.7718**
Weighted avg	0.7959	0.7912	0.7914

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความรู้สึกด้วยแบบจำลอง *WangchanBERTa* + GRU



ภาพที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความรู้สึกด้วยแบบจำลอง *WangchanBERTa* + GRU

จากผลการศึกษาพบว่า แบบจำลอง *WangchanBERTa* + GRU มีประสิทธิภาพมากที่สุดโดยพิจารณาจากค่า Macro F1-Score ที่สูงสุดดังแสดงในตารางที่ 3 เมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลอง CNN และ LSTM รวมถึงมีการวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนาด้วยการหาคะแนนเฉลี่ยความรู้สึกของข่าวในแต่ละวันเพื่อแสดงเป็นคะแนนความรู้สึกของแต่ละวันและนำไปสู่การรวมคะแนนเป็นรายเดือนเพื่อสร้างดัชนีจากข่าวสาร แต่เนื่องจากงานวิจัยต้องการลดความอคติจากความไม่สมดุลของข้อมูลโดยคำนวณค่าเฉลี่ยความแม่นยำของทุกข้อมูลอย่างเท่าเทียมเพื่อไม่ให้ผลลัพธ์ของแบบจำลองถูกชี้นำจากกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ ดังนั้นจึงทำการเลือกแบบจำลองดังกล่าวใน

การวิเคราะห์ความรู้สึกจากข่าวออนไลน์ไทยประกอบกับหมวดหมู่ข่าวทั้ง 11 หมวดหมู่มีจำนวนข่าวและอิทธิพลต่อดัชนีความเชื่อมั่นทางธุรกิจ (BSI) ที่แตกต่างกันจึงใช้ Lasso Regularization โดยพบว่า ข่าวสารทันเหตุการณ์ (News-update) มีค่าน้ำหนักสูงสุด รองลงมาคือข่าวด้านแรงงาน (Labour) ในขณะที่หมวดหมู่อื่นถูกคัดออกเนื่องจากไม่มีนัยสำคัญ

หมวดหมู่	**ค่าน้ำหนัก**
News-update	0.8314
Labour	0.2886

หมายเหตุ ข่าวในหมวดหมู่อื่น ค่าน้ำหนักเท่ากับ 0.00

จากการวิเคราะห์จึงจำแนกได้ว่าหมวดหมู่ข่าวทั้งสองมีอิทธิพลหลัก และนำไปสร้างสมการพยากรณ์ BSI ได้ดังนี้

$$BSI_{predict} = 52.5655 + 31.2559\beta_{news-update} + 3.4051\beta_{Labour}$$

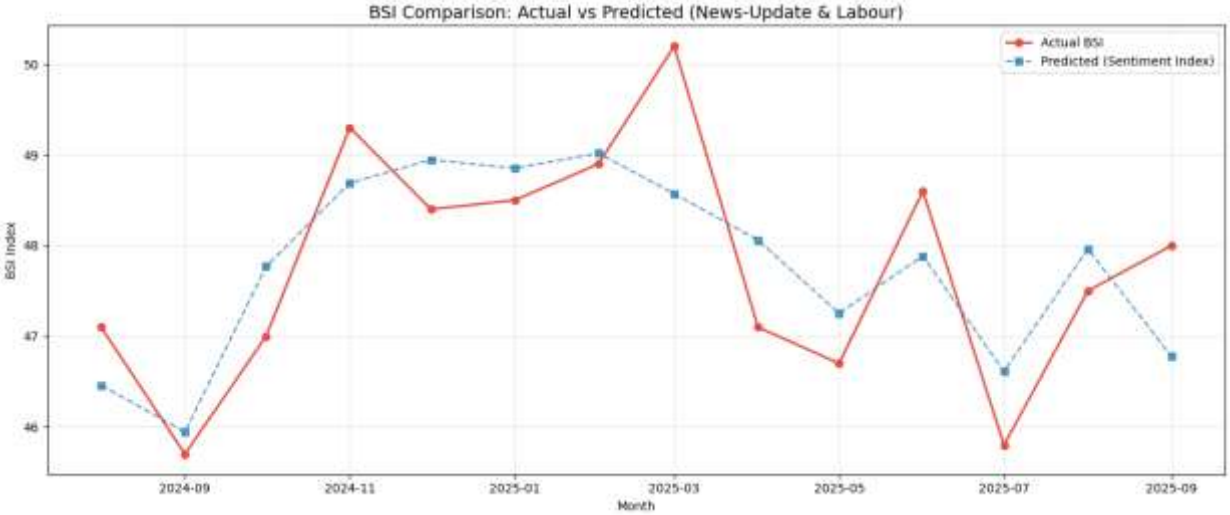
โดยที่

$BSI_{predict}$ หมายถึง ค่าพยากรณ์ดัชนีความเชื่อมั่นทางธุรกิจ

$\beta_{news-update}$ หมายถึง ค่าคะแนนความรู้สึกของข่าวหมวดหมู่ News-update ในแต่ละเดือน

β_{Labour} หมายถึง ค่าคะแนนความรู้สึกของข่าวหมวดหมู่ Labour ในแต่ละเดือน

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีความเชื่อมั่นทางธุรกิจจริง (BSI) และดัชนีความเชื่อมั่นทางธุรกิจที่สร้างจากการวิเคราะห์ความรู้สึก **(Predicted BSI)** ดังแสดงในภาพที่ 4 พบว่า Predicted BSI สามารถสะท้อนความเคลื่อนไหวของสภาวะเศรษฐกิจจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกับ BSI ได้เกือบตลอดช่วงเวลาศึกษา นอกจากนี้ Predicted BSI เริ่มมีการปรับตัวขึ้นก่อน BSI เล็กน้อย ซึ่งบ่งชี้ถึงศักยภาพในการเป็นตัวบ่งชี้ล่วงหน้าที่สะท้อนอารมณ์ของภาคธุรกิจได้รวดเร็วกว่าการรอผลสำรวจรายเดือน

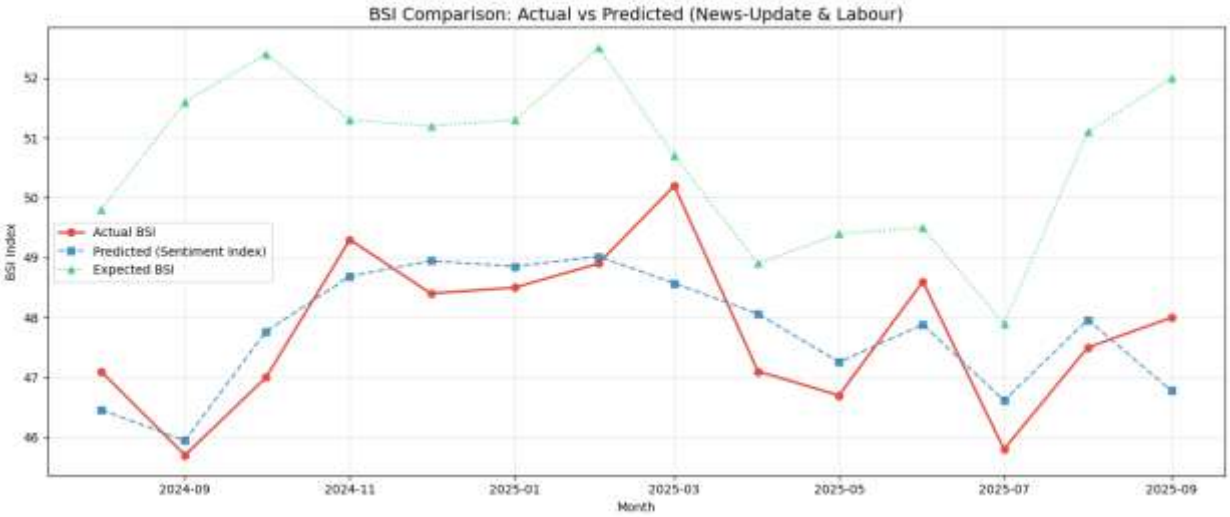


ภาพที่ 4 เปรียบเทียบดัชนีความเชื่อมั่นทางธุรกิจที่สร้างจากข่าวสารออนไลน์ไทยกับกรณีฐาน

วิจารณ์ผล

การวิจารณ์ผลการวิจัยใช้วิธีการประเมินผลของดัชนีความเชื่อมั่นทางธุรกิจที่สร้างจากการวิเคราะห์ความรู้สึก (Predicted BSI) ด้วยค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) และความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAE) กับ BSI ที่จัดทำโดยธนาคารแห่งประเทศไทยเป็นกรณีฐาน เปรียบเทียบกับ การคาดการณ์ดัชนีความเชื่อมั่นทางธุรกิจ **(Expected BSI)** กับ BSI ที่จัดทำโดยธนาคารแห่งประเทศไทยเป็นกรณีฐาน เพื่อประเมินความแม่นยำเชิงปริมาณของแบบจำลองในการสะท้อนระดับและทิศทางของความเชื่อมั่นทางธุรกิจเมื่อเทียบกับมาตรฐานทางการ พร้อมทั้งเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองกับ Expected BSI ภายใต้กรณีฐานเดียวกัน พบว่า ลักษณะของเส้น BSI Predicted มีความใกล้เคียงกับเส้น BSI มากกว่าเส้นของ Expected BSI ดังแสดงในภาพที่ 5 และจากการประเมินผล BSI Predicted พบว่า RMSE และ MAE มีค่าน้อยกว่า Expected BSI จึงสามารถสรุปได้ว่าแบบจำลองและการสร้างดัชนีความเชื่อมั่นทางธุรกิจจากข่าวสารออนไลน์มีประสิทธิภาพเมื่อเทียบกับกรณีฐานดังแสดงในตารางที่ 5 ซึ่งผลลัพธ์จาก BSI Predicted ที่ใกล้เคียงกับดัชนีจริงเป็นผลมาจากการพัฒนาแบบจำลองให้เรียนรู้ โดย *WangchanBERTa* เมื่อผสานกับกลุ่ม Deep Learning ทำให้แบบจำลองเข้าใจบริบทของข่าวหรือลักษณะเฉพาะของข่าวที่ดีขึ้นกว่าเดิม โดยที่ GRU มีประสิทธิภาพที่สุด เนื่องจากความสามารถของแบบจำลองในการจดจำรูปแบบของข่าวเพิ่มขึ้นทำให้แบบจำลอง ดีกว่า CNN และจากโครงสร้างของแบบจำลองที่ซับซ้อนน้อยส่งผลให้จำนวนพารามิเตอร์น้อย ลดปัญหาการ Overfitting และใช้ระยะเวลาประมวลผลรวดเร็วทำให้แบบจำลองดังกล่าวดีกว่า LSTM นอกจากนี้ยังมีการหาค่าน้ำหนักของหมวดหมู่ในแต่ละข่าวเพื่อจัดลำดับความสำคัญของแต่ละหมวดหมู่ข่าวก่อนสร้างเป็นดัชนีความเชื่อมั่นทางธุรกิจ ทำให้ลดการนำหมวดหมู่ข่าวที่ไม่เกี่ยวข้องมาพิจารณาสร้างเป็นดัชนี ดังนั้นผลลัพธ์มีความใกล้เคียงกับดัชนีความเชื่อมั่นทางธุรกิจจริง สอดคล้องกับ (Seki, 2022) งานวิจัยของญี่ปุ่น และ (Kang, 2025) งานวิจัยของเกาหลีใต้ที่ได้ใช้ข่าวสารในการสร้างดัชนีความเชื่อมั่นโดยให้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับดัชนีความเชื่อมั่นของประเทศ

ตนเองเช่นเดียวกัน อย่างไรก็ดีในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้ข่าวออนไลน์จากกรุงเทพธุรกิจเท่านั้น ซึ่งอาจไม่ครอบคลุมความเห็นในสื่อสังคมออนไลน์ (Social Media) เช่น Twitter Facebook เป็นต้น หรือแหล่งข้อมูลจากภาคส่วนเฉพาะทางอื่นๆ นอกจากนี้การใช้แบบจำลอง *WangchanBERTa* เป็นตัวเริ่มต้นของการทดสอบของการผสานแบบจำลองอาจมีข้อจำกัดในภาษาข่าวบางประเภทที่มีการประชดประชัน การใช้คำแสลง หรือการใช้ศัพท์เทคนิคเฉพาะทางเศรษฐกิจที่ซับซ้อน อาจทำให้การวิเคราะห์ความรู้สึก (Sentiment Analysis) คลาดเคลื่อนได้ในบางกรณี หากอ้างอิงจากงานวิจัยครั้งนี้การสร้างดัชนีความเชื่อมั่นทางธุรกิจที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดควรถูกใช้กับข้อมูลในหมวดหมู่ข่าวสารทันเหตุการณ์ (News-update) และข่าวสารด้านแรงงาน (Labour) เท่านั้น



ภาพที่ 5 เปรียบเทียบดัชนีความเชื่อมั่นทางธุรกิจที่สร้างจากข่าวสารออนไลน์ไทยและการคาดการณ์ดัชนีความเชื่อมั่นทางธุรกิจกับกรณีฐาน

	RMSE	MAE
Predicted BSI (Sentiment Index)	0.8990	0.8396
Expected BSI	3.3352	3.2333

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบประสิทธิภาพด้วยค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) และความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAE)

สรุปผล

จากผลการศึกษาพบว่า แบบจำลอง *WangchanBERTa* ที่ผสานรวมกับ GRU ให้ประสิทธิภาพสูงสุดในการจำแนกความรู้สึกของข่าวออนไลน์ภาษาไทย เพื่อเปรียบเทียบ Deep Learning สำหรับการสร้าง BSI Predicted นอกจากนี้ผลการประเมินยังพบว่า BSI Predicted สามารถสะท้อนระดับและทิศทางของ BSI ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีค่า RMSE และ MAE ต่ำกว่า Expected BSI อย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการใช้ข้อมูลข่าวออนไลน์และการวิเคราะห์ความรู้สึกในการสร้างตัวชี้วัดความเชื่อมั่นทางธุรกิจของประเทศไทยรวมถึงอาจเป็นทางเลือกเพิ่มเติมสำหรับการสร้างดัชนีประเภทอื่นจากข่าวสาร

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ประสบผลสำเร็จได้ ด้วยความช่วยเหลือจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรณพีร์ ภูมิวุฒิสาร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษา ตลอดจนชี้แนะแนวทางในการศึกษาแก่ผู้วิจัย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

Barbaglia, L., S. Consoli, and S. Manzan. 2023. Forecasting with Economic News. Journal of Business & Economic Statistics. 41: 708–719.

Chen, M., J. Wang, F. Zhao, and G. Jiang. 2025. Research on sentiment index and real estate demand forecasting based on BERT-BiLSTM and ADL-MIDAS models. Scientific Reports. (In press).

Colah’s blog. 2015. Understanding LSTM networks. Available: https://colah.github.io/posts/2015-08-Understanding-LSTMs/. Accessed Aug. 14, 2025.

Fronzetti Colladon, A., F. Grippa, B. Guardabascio, G. Costante, and F. Ravazzolo. 2023. Forecasting consumer confidence through semantic network analysis of online news. Scientific Reports. 13: 13953.

Goodfellow, I., Y. Bengio, and A. Courville. 2016. Deep Learning. MIT Press, Cambridge, MA.

Kang, N., D. Min, Y. Cho, D.-W. Ko, H. H. Kim, J. Y. Choeh, and J. Im. 2025. Online News-Based Economic Sentiment Index. IEEE Transactions on Big Data. (In press).

Khamphakdee, N., and P. Seresangtakul. 2023. An Efficient Deep Learning for Thai Sentiment Analysis. Data. 8: 90.

Lowphansirikul, L., C. Polpanumas, N. Jantrakulchai, and S. Nutanong. 2021. WangchanBERTa: Pretraining transformer-based Thai language models. Available: https://arxiv.org/abs/2101.09635. Accessed Aug. 14, 2025.

Ndama, O., I. Bensassi, and E. M. En-Naimi. 2025. The impact of BERT-infused deep learning models on sentiment analysis accuracy in financial news. Bulletin of Electrical Engineering and Informatics. 14: 1231–1240.

Sangsavate, S., S. Sinthupinyo, and A. Chandrachai. 2023. Experiments of Supervised Learning and Semi-Supervised Learning in Thai Financial News Sentiment: A Comparative Study. ACM Transactions on Asian and Low-Resource Language Information Processing. 22: 1-25.

Seki, K., Y. Ikuta, and Y. Matsubayashi. 2022. News-based business sentiment and its properties as an economic index. Information Processing & Management. 59: 102795.

Shazmeen, S. F. 2022. Sentiment Analysis of Financial News with Supervised Learning. M.S. Thesis. Linköping University, Linköping.

ขั้นตอนวิธีสำหรับระบบของปัญหาอสมการการแปรผัน

Algorithm for the system of variational inequality problems

ณิชาพร อยู่รัตน์, ศิริวิมล คล่องแคล่ว, อรปรียา ขจรไพร และจิตติพร ตังควิเวชกุล*

Nichaphorn Oiurat, Siriwimon Klongkleaw, Onpriya Kajonpai and Jittiporn Tangkhawiwetkul*

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

Faculty Of Science And Technology Pibulsongkram Rajabhat University Mueang District Phitsanulok 65000

*corresponding author e-mail: j_suwannanwit@psru.ac.th

บทคัดย่อ

ระบบของปัญหาอสมการการแปรผันเป็นการขยายแนวคิดของหลักการอสมการการแปรผันเป็นปัญหาที่หลากหลายและที่เกี่ยวข้องในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์บริสุทธิ์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ เป็นที่ทราบกันดีว่า ระบบของปัญหาอสมการการแปรผันมีความสมมูลกับปัญหาจุดตรึง การแปลงปัญหาให้เป็นรูปแบบของปัญหาจุดตรึงนี้มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งไม่เพียงแต่ในการศึกษาพฤติกรรมของปัญหาที่ซับซ้อนเท่านั้น แต่ยังให้แนวทางเชิงตัวเลขในการหาผลเฉลยโดยประมาณของปัญหาเหล่านี้ด้วย เป้าหมายหลักของเราคือการนำเสนอวิธีการวนซ้ำแบบใหม่ๆ เพื่อแก้ระบบของปัญหาอสมการการแปรผัน โดยใช้วิธีการภาพฉาย (projection methods) การวิเคราะห์การลู่เข้าของวิธีการเหล่านี้ได้ถูกศึกษาภายใต้เงื่อนไขที่เหมาะสม

คำสำคัญ : อสมการการแปรผัน, วิธีการฉายภาพ, การลู่เข้า

Abstract

The system of variational inequality can be viewed the extension of variational principles. A wide class of related problems, which arise in various branches of pure and applied sciences, is being investigated in the unified framework of system of variational inequalities. It is well known that the system of variational inequalities is equivalent to the fixed point problems. This equivalent fixed point formulation has played not only a crucial part in studying the qualitative behavior of complicated problems, but also provide us numerical techniques for finding the approximate solution of these problems. Our main results are to suggest some new iterative

methods for solving the system of variational inequality using projection methods. Convergence analysis of these methods is investigated under suitable conditions.

Keywords : variational inequality, projection methods**,** convergence

บทนำ

ทฤษฎีบทอสมการการแปรผันเป็นด้านหนึ่งของคณิตศาสตร์ที่ประกอบด้วยแนวคิดและเทคนิคใหม่ๆ ที่น่าสนใจ ซึ่งมีการกำเนิดและได้รับการพิจารณาในช่วงปีที่ 1960 โดย Stampacchia [17] อีกทั้งยังขยายหลักการอสมการการแปรผันให้มีความทั่วไปยิ่งขึ้นจำนวนมาก ซึ่งเกิดขึ้นในสาขาวิทยาศาสตร์บริสุทธิ์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ที่หลากหลาย และนำมาศึกษาได้อย่างเป็นระบบและครอบคลุมภายใต้กรอบของอสมการการแปรผัน [2,3,4,5,8,9,11,13,14,16]

แนวคิดสำหรับระบบของปัญหาอสมการการแปรผัน (system of variational inequalities) มีความน่าสนใจอย่างยิ่ง ทั้งนี้เนื่องจากแบบจำลองดุลยภาพที่สำคัญหลากหลายประเภท ไม่ว่าจะเป็นปัญหาดุลยภาพการจราจร (traffic equilibrium problem) ปัญหาดุลยภาพเชิงพื้นที่ (spatial equilibrium problem) ปัญหาดุลยภาพแนช (Nash equilibrium problem) รวมถึงปัญหาการเขียนโปรแกรมดุลยภาพทั่วไป (general equilibrium programming problem) ต่างสามารถถูกรวมให้อยู่ในกรอบของระบบของปัญหาอสมการการแปรผันได้อย่างเป็นเอกภาพ ในอีกด้านหนึ่ง การหาคำตอบประมาณของระบบของปัญหาอสมการการแปรผัน รวมถึงความทั่วไปของปัญหานี้ ได้รับการพิจารณาอย่างกว้างขวางโดยใช้ วิธีการภาพฉาย (projection method) และรูปแบบที่ปรับปรุงจากวิธีดังกล่าว ต่อมา การศึกษาส่วนใหญ่มุ่งเน้นไปที่การพิสูจน์การมีอยู่ของคำตอบ (existence) และการหาคำตอบเชิงประมาณแบบวนซ้ำ (iterative approximations) ของระบบของปัญหาอสมการการแปรผัน มักพิจารณาภายใต้กรอบของเซตคอนเวกซ์ โดยอาศัยคุณสมบัติของตัวดำเนินการภาพฉาย (projection operator) เพื่อยืนยันว่าอัลกอริทึมเชิงวนซ้ำที่นำเสนอมีความสมบูรณ์และนิยามได้อย่างเหมาะสม สามารถดูได้จากเอกสารอ้างอิง [9,17,19]

อีกด้านหนึ่งเป็นที่ทราบกันดีกว่าอสมการการแปรผันสมมูลกับปัญหาจุดตรึง อสมการการแปรผันถูกนำไปใช้ศึกษาไม่เพียงแต่ทฤษฎีบทการมีอยู่จริงของผลเฉลยของอสมการการแปรผันเท่านั้น แต่ยังใช้เพื่อพัฒนาวิธีการวนซ้ำหลายๆ วิธี เช่น วิธีการภาพฉาย วิธีการโดยปริยาย (implicit method) และการปรับปรุงแบบต่างๆ เป็นต้น โดยการวิเคราะห์การลู่เข้า (convergence) ของวิธีการภาพฉาย ตัวดำเนินการต้องมีทางเดียวอย่างเข้ม (strongly monotone) และความต่อเนื่องลิพชิทซ์ (Lipschitz continuous) ซึ่งเป็นเงื่อนไขอย่างเข้ม

ในงานวิจัยฉบับนี้ได้แนะนำและศึกษาถึงวิธีการทำซ้ำโดยใช้เทคนิควิธีการภาพฉาย เพื่อแก้ปัญหาระบบของปัญหาอสมการการแปรผันการวิเคราะห์การลู่เข้าของวิธีการวนซ้ำดังกล่าว มีการศึกษาภายใต้เงื่อนไขที่ไม่รุนแรงคาดหวังว่าเทคนิคและแนวคิดของเอกสารฉบับนี้จะกระตุ้นให้มีการวิจัยในอนาคต

ความรู้พื้นฐาน

จากการดำเนินการวิจัยเรื่อง ขั้นตอนวิธีสำหรับระบบของปัญหาอสมการการแปรผัน ผู้วิจัยได้ค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

บทนิยามที่ 1 [6] ปริภูมิเชิงเส้นนอร์ม (normed linear space) คือ ปริภูมิเชิงเส้น E ซึ่งแต่ละเวกเตอร์ x ที่สอดคล้องบนจำนวนจริง เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $\|x\|$ และถูกเรียกว่า นอร์มของ x ซึ่งมีลักษณะดังต่อไปนี้

(N1) $\|x\| \geq 0$ และ $\|x\| = 0 \Leftrightarrow x = 0$

(N2) $\|\alpha x\| = |\alpha| \|x\|$

(N3) $\|x + y\| \leq \|x\| + \|y\|$

โดยที่ปริภูมิเชิงเส้นนอร์มจะถูกเรียกว่า ปริภูมินอร์ม (normed space)

หมายเหตุ (1) จากข้อ (N2) และ (N3) เราจะได้รับ

$$|\|x\| - \|y\|| \leq \|x - y\|$$

(2) $\|x - y\|^2 = \|x\|^2 - 2\langle x, y\rangle + \|y\|^2$

บทนิยามที่ 2 [7] ปริภูมิผลคูณภายในคือ ปริภูมิเชิงเส้น (inner product space) E ซึ่งทุกๆคู่อันดับ $x, y \in E$ ซึ่งแต่ละเวกเตอร์ x, y ซึ่งสอดคล้องบนจำนวนจริง เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $\langle x, y\rangle$ และถูกเรียกว่า ผลคูณภายในของ x และ y โดยมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

(I1) $\langle x, x\rangle \geq 0$ และ $\langle x, x\rangle = 0 \Leftrightarrow x = 0$

(I2) $\langle x + y, z\rangle = \langle x, y\rangle + \langle y, z\rangle$

(I3) $\langle \alpha x, y\rangle = \alpha \langle x, y\rangle$

(I4) $\langle x, y\rangle = \langle y, x\rangle$

บทนิยามที่ 3 ปริภูมิอย่างบริบูรณ์ (complete space) คือ ปริภูมิซึ่งทุกๆลำดับโคชีลู่เข้า

หมายเหตุ 4 กำหนดให้ E เป็นปริภูมิผลคูณภายใน (inner product space) สำหรับแต่ละ $x \in E$ เรากำหนด $\|x\|$ คือ

$$\|x\| = \sqrt{\langle x, x \rangle}$$

ทำให้ได้ว่า

$$\|x\|^2 = \langle x, x \rangle$$

บทนิยามที่ 5 [18] ลำดับ $\{x_n\}$ ในปริภูมินอร์มของ E จะเป็นลำดับลู่เข้า (convergent sequence) ถ้ามี $x \in E$ ซึ่งทำให้

$$\lim_{n\to\infty} \|x_n - x\| = 0$$

บทนิยามที่ 6 ปริภูมิผลคูณภายในที่บริบูรณ์ จะถูกเรียกว่า **ปริภูมิฮิลเบิร์ต** (Hilbert space)

บทนิยามที่ 7 กำหนดให้ H เป็นปริภูมิฮิลเบิร์ต และ $T : H \to H$ เป็นการส่ง

(1) T จะถูกเรียกว่าทางเดียวอย่างเข้ม (strongly monotone) ถ้ามีค่าคงที่ $\alpha > 0$ ซึ่งทำให้

$$\langle T(x) - T(y), x - y \rangle \geq \alpha \|x - y\|^2, \quad \forall x, y \in K$$

(2) T จะถูกเรียกว่าความต่อเนื่องลิพชิทซ์ (Lipschitz continuous) ถ้ามีค่าคงที่ $\beta > 0$ ซึ่งทำให้

$$\|T(x) - T(y)\| \leq \beta \|x - y\|, \quad \forall x, y \in K$$

(3) T จะถูกเรียกว่าทางเดียว (monotone) ถ้า

$$\langle T(x) - T(y), x - y \rangle \geq 0, \quad \forall x, y \in K$$

(4) T จะถูกเรียกว่าฟังก์ชันไม่ขยาย (nonexpansive) ถ้า

$$\|T(x) - T(y)\| \leq \|x - y\|, \quad \forall x, y \in K$$

บทนิยามที่ 8 [15] กำหนดให้ K เป็นเซตปิด $u \notin K$ และ **จุด** $v \in K$ จะถูกเรียกว่า จุดที่ใกล้ที่สุด (closest point) ของ u บน K ถ้า $d(u,K) = \inf\{\|u-v\| : v \in K\}$ และเซตของจุดที่ใกล้เคียงที่สุด เขียนแทนด้วย $\mathrm{P}_K(u)$ นั่นคือ

$$\mathrm{P}_K(u) = \{v \in K \mid d(u,K) = \|u-v\|\}$$

และ $\mathrm{P}_K(u)$ จะถูกเรียกว่า ตัวดำเนินการฉายภาพ (projection operator)

บทนิยามที่ 9 เราจะเรียก X ว่าเป็นเซตคอนเวกซ์ (convex set) ก็ต่อเมื่อ ทุกๆ $x, y \in X$ และ $\alpha \in [0,1]$ ซึ่งทำให้

$$\alpha x + (1-\alpha)y \in X$$

บทตั้ง 10 [3,10] ให้ K เป็นเซตปิดและเซตคอนเวกซ์ในปริภูมิฮิลเบิร์ต H สำหรับ $z \in H, u \in K$ ซึ่งสอดคล้องกับอสมการ

$$\langle u-z, v-u \rangle \geq 0, \quad \forall v \in K \tag{1}$$

ก็ต่อเมื่อ

$$u = \mathrm{P}_K(z)$$

หมายเหตุ เป็นที่ทราบกันดีว่าตัวดำเนินการฉายภาพ $\mathrm{P}_K(u)$ เป็นการส่งแบบไม่ขยาย (nonexpansive) นั่นคือ

$$\|\mathrm{P}_K(u) - \mathrm{P}_K(v)\| \leq \|u-v\|, \ \forall u, v \in H$$

และ

$$\mathrm{P}_K(u) = u$$

สำหรับ $u \in K$

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. เข้าพบอาจารย์ที่ปรึกษา
2. หาหัวข้อที่จะศึกษา
3. กำหนดแนวทางและขอบเขตของการวิจัย
4. ทำความเข้าใจเนื้อหา
5. สร้างขั้นตอนวิธีสำหรับระบบของปัญหาอสมการการแปรผัน
6. พิจารณาการลู่เข้าของขั้นตอนวิธี 5 และ ขั้นตอนวิธี 6 ว่าลู่เข้าสู่ผลเฉลยของระบบของปัญหาอสมการการแปรผัน
7. ยกตัวอย่างขั้นตอนวิธีที่ศึกษา
8. ตรวจสอบความถูกต้อง
9. นำเสนอโครงงาน

ผลการดำเนินการวิจัย

ในส่วนนี้เราจะใช้รูปแบบจุดตรึงเพื่อเสนอและวิเคราะห์วิธีการโดยปริยายสำหรับ ระบบของปัญหาอสมการการแปรผัน การใช้บทตั้ง 10 สามารถแสดงได้ว่าระบบของปัญหาอสมการการแปรผันสมมูลกับปัญหาจุดตรึง

การพัฒนาปัญหาอสมการการแปรผันได้มีมาอย่างต่อเนื่อง โดยด้านหนึ่งของการพัฒนาปัญหา คือ ปัญหาของระบบของปัญหาอสมการการแปรผัน ในปี ค.ศ.2001 R.U. Verma [20] ได้เสนอแนวคิดสำหรับระบบของปัญหาอสมการการแปรผัน โดยพิจารณาปัญหาในการหาค่า $x^*, y^* \in K$ โดยที่

$$\left\langle \rho T y^* + x^* - y^*, \mathrm{x} - x^* \right\rangle \geq 0 \quad \forall y \in K,$$

$$\left\langle \eta T x^* + y^* - x^*, \mathrm{x} - y^* \right\rangle \geq 0 \quad \forall x \in K \tag{2}$$

เมื่อ ρ และ η เป็นจำนวนจริงบวกคงที่สองค่า และ K เป็นเซตนูนปิดในปริภูมิฮิลเบิร์ต H โดย แนวคิดของระบบของปัญหาอสมการการแปรผันเป็นสิ่งที่น่าสนใจอย่างมาก เนื่องจากแบบจำลองดุลยภาพหลากหลายประเภท เช่น ปัญหาดุลยภาพการจราจร ปัญหาดุลยภาพเชิงพื้นที่ ปัญหาดุลยภาพของแนช และปัญหาโปรแกรมดุลยภาพทั่วไป สามารถจำลองให้อยู่ในรูปของระบบของปัญหาอสมการการแปรผันได้อย่างเป็นแบบแผน

จากการดำเนินการวิจัยเรื่อง วิธีการวนซ้ำสำหรับระบบของปัญหาอสมการการแปรผัน ผู้วิจัยได้ผลการดำเนินการวิจัย ดังต่อไปนี้

กำหนดให้ H เป็นปริภูมิฮิลเบิร์ตซึ่งนอร์มและผลคูณภายใน เขียนแทนด้วย $\|\square\|$ และ $\langle \square, \square \rangle$ ตามลำดับ **บทตั้ง 11** สำหรับฟังก์ชัน $x^*, y^* \in K$ เป็นผลเฉลยของระบบของปัญหาอสมการการแปรผัน ก็ต่อเมื่อ $x^*, y^* \in K$ สอดคล้องกับความสัมพันธ์

$$x^* = P_k\left(y^* - \rho T y^*\right)$$
$$y^* = P_k\left(x^* - \eta T x^*\right) \qquad (3)$$

ซึ่ง P_K คือส่ง H ไปยังเซตปิดและเซตคอนเวกซ์ K และ $\eta, \rho > 0$ เป็นค่าคงที่

บทพิสูจน์ $(\Rightarrow)$ จะแสดงว่า ถ้า x^*, y^* สอดคล้อง (2) แล้วจะได้รับ (3)

จาก (2) $\left\langle \rho T y^* + x^* - y^*, \mathrm{x} - x^* \right\rangle \geq 0 \quad \forall x \in K$

จะได้ว่า $\left\langle x^* - (y^* - \rho T y^*), \mathrm{x} - x^* \right\rangle \geq 0 \quad \forall x \in K$

ดังนั้น จากบทตั้ง 11 จะได้ว่า $x^* = P_k(y^* - \rho T y^*) \quad \forall x \in K$

ในทำนองเดียวกัน $\left\langle \eta T x^* + y^* - x^*, \mathrm{x} - y^* \right\rangle \geq 0 \quad \forall x \in K$

จะได้ว่า $\left\langle y^* - (\mathrm{x}^* - \eta T x^*), \mathrm{x} - y^* \right\rangle \geq 0 \quad \forall x \in K$

ดังนั้นจากบทตั้ง 11 จะได้ว่า $y^* = P_k(\mathrm{x}^* - \eta T x^*) \quad \forall x \in K$

$(\Leftarrow)$ จะแสดงว่า จะแสดงว่า ถ้า x^*, y^* สอดคล้อง (3) แล้วจะได้รับ (2)

จาก (3) $x^* = P_k(y^* - \rho T y^*) \quad \forall x \in K$

จะได้ว่า $\left\langle x^* - (-\rho T y^* + y^*), \mathrm{x} - x^* \right\rangle \geq 0 \quad \forall x \in K$

ดังนั้น จากบทตั้ง 11 จะได้ว่า $\left\langle \rho T y^* + x^* - y^*, \mathrm{x} - x^* \right\rangle \geq 0 \quad \forall x \in K$

ในทำนองเดียวกัน $y^* = P_k(\mathrm{x}^* - \eta T x^*) \quad \forall x \in K$

จะได้ว่า $\left\langle y^* - (-\eta T x^* + \mathrm{x}^*), \mathrm{x} - y^* \right\rangle \geq 0 \quad \forall x \in K$

ดังนั้น จากบทตั้ง 11 จะได้ว่า $\left\langle \eta T x^* + y^* - x^*, \mathrm{x} - y^* \right\rangle \geq 0 \quad \forall x \in K$ □

จาก (3) จึงทำให้ได้ ขั้นตอนวิธี ต่อไปนี้

ขั้นตอนวิธี 1. กำหนดให้ $x_0, \mathrm{y}_0 \in K$ คำนวณ x_{i+1} และ y_{i+1} โดยรูปแบบวนซ้ำ

$$x_{i+1} = P_k\left[y_i - \rho T y_i\right], \quad i = 0,1,2,\ldots$$
$$y_{i+1} = P_k\left[x_i - \eta T x_i\right], \quad i = 0,1,2,\ldots \qquad (4)$$

เลือก $x_0, \mathrm{y}_0 \in K$ จะได้ว่า

ถ้า $i = 0$ แล้ว $\begin{cases} x_1 = P_k\left[y_0 - \rho T y_0\right] \\ \mathrm{y}_1 = P_k\left[x_0 - \eta T x_0\right] \end{cases}$

$$\text{ถ้า } i=1 \text{ แล้ว } \begin{cases} x_2 = P_k\left[y_1 - \rho T y_1\right] \\ \mathrm{y}_2 = P_k\left[x_1 - \eta T x_1\right] \end{cases}$$

$$\text{ถ้า } i=2 \text{ แล้ว } \begin{cases} x_3 = P_k\left[y_2 - \rho T y_2\right] \\ \mathrm{y}_3 = P_k\left[x_2 - \eta T x_2\right] \end{cases}$$

$$\text{ถ้า } i=3 \text{ แล้ว } \begin{cases} x_4 = P_k\left[y_3 - \rho T y_3\right] \\ \mathrm{y}_4 = P_k\left[x_3 - \eta T x_3\right] \end{cases}$$

$$\vdots$$

$$\text{ถ้า } i=n \text{ แล้ว } \begin{cases} x_{n+1} = P_k\left[y_n - \rho T y_n\right] \\ \mathrm{y}_{n+1} = P_k\left[x_n - \eta T x_n\right] \end{cases}$$

ซึ่งเป็นที่รู้จักกันในชื่อวิธีการภาพฉาย (projection method) และได้รับการศึกษาอย่างกว้างขวาง

ขั้นตอนวิธี 2. กำหนดให้ $x_0, \mathrm{y}_0 \in K$ คำนวณ x_{i+1} และ y_{i+1} โดยรูปแบบวนซ้ำ

$$w_i = P_k\left[y_i - \rho T y_i\right], \mathrm{x}_{i+1} = P_k\left[w_i - \rho T w_i\right], \quad i = 0,1,2,\ldots$$

$$i = 0,1,2,\ldots \tag{5}$$

$$z_i = P_k\left[x_i - \eta T x_i\right], \mathrm{y}_{i+1} = P_k\left[z_i - \eta T z_i\right],$$

เลือก $x_0, \mathrm{y}_0 \in K$ จะได้ว่า

$$\text{ถ้า } i=0 \text{ แล้ว } \begin{cases} w_0 = P_k\left[y_0 - \rho T y_0\right] \\ \mathrm{x}_1 = P_k\left[w_0 - \rho T w_0\right] \\ z_0 = P_k\left[x_0 - \eta T x_0\right] \\ \mathrm{y}_1 = P_k\left[z_0 - \eta T z_0\right] \end{cases}$$

$$\text{ถ้า } i=1 \text{ แล้ว } \begin{cases} w_1 = P_k\left[y_1 - \rho T y_1\right] \\ \mathrm{x}_2 = P_k\left[w_1 - \rho T w_1\right] \\ z_1 = P_k\left[x_1 - \eta T x_1\right] \\ \mathrm{y}_2 = P_k\left[z_1 - \eta T z_1\right] \end{cases}$$

$$\text{ถ้า } i=2 \text{ แล้ว } \begin{cases} w_2 = P_k\left[y_2 - \rho T y_2\right] \\ \mathrm{x}_3 = P_k\left[w_2 - \rho T w_2\right] \\ z_2 = P_k\left[x_2 - \eta T x_2\right] \\ \mathrm{y}_3 = P_k\left[z_2 - \eta T z_2\right] \end{cases}$$

$$\text{ถ้า } i=3 \text{ แล้ว } \begin{cases} w_3 = P_k\left[y_3 - \rho T y_3\right] \\ \mathrm{x}_4 = P_k\left[w_3 - \rho T w_3\right] \\ z_3 = P_k\left[x_3 - \eta T x_3\right] \\ \mathrm{y}_4 = P_k\left[z_3 - \eta T z_3\right] \end{cases}$$

$$\vdots$$

$$\text{ถ้า } i=n \text{ แล้ว } \begin{cases} w_n = P_k\left[y_n - \rho T y_n\right] \\ \mathrm{x}_{n+1} = P_k\left[w_n - \rho T w_n\right] \\ z_n = P_k\left[x_n - \eta T x_n\right] \\ \mathrm{y}_{n+1} = P_k\left[z_n - \eta T z_n\right] \end{cases}$$

วิธีการนี้เรียกว่า วิธีสองขั้นตอน หรือ วิธีการฉายภาพสองครั้ง ซึ่งถูกเสนอและวิเคราะห์โดย Noor และคณะใน เอกสารอ้างอิง [11]

เราสามารถเขียนสมการ (3) ใหม่ได้ดังนี้

$$x = P_k\left[\frac{y+y}{2} - \rho T y\right], \mathrm{y} = P_k\left[\frac{x+x}{2} - \eta T x\right] \tag{6}$$

การกำหนดจุดตรึงนี้ถูกนำมาใช้เพื่อเสนอวิธีการโดยปริยายดังต่อไปนี้ ซึ่งเกิดจาก Noor และคณะใน เอกสารอ้างอิง [8]

ขั้นตอนวิธี 3. กำหนดให้ $x_0, \mathrm{y}_0 \in K$ คำนวณ x_{i+1} และ y_{i+1} โดยรูปแบบวนซ้ำ

$$w_i = P_k\left[y_i - \rho T y_i\right], \mathrm{x}_{i+1} = P_k\left[\frac{w_i + y_i}{2} - \rho T w_i\right], \quad i = 0,1,2,\ldots$$

$$z_i = P_k\left[x_i - \eta T x_i\right], \mathrm{y}_{i+1} = P_k\left[\frac{z_i + x_i}{2} - \eta T z_i\right], \quad i = 0,1,2,\ldots \tag{7}$$

เลือก $x_0, \mathrm{y}_0 \in K$ จะได้ว่า

$$\text{ถ้า } i=0 \text{ แล้ว } \begin{cases} w_0 = P_k\left[y_0 - \rho T y_0\right] \\ \mathrm{x}_1 = P_k\left[\frac{w_0 + y_0}{2} - \rho T w_0\right] \\ z_0 = P_k\left[x_0 - \eta T x_0\right] \\ \mathrm{y}_1 = P_k\left[\frac{z_0 + x_0}{2} - \eta T z_0\right] \end{cases}$$

$$\text{ถ้า } i=1 \text{ แล้ว } \begin{cases} w_1 = P_k\left[y_1 - \rho T y_1\right] \\ \mathrm{x}_2 = P_k\left[\dfrac{w_1 + y_1}{2} - \rho T w_1\right] \\ z_1 = P_k\left[x_1 - \eta T x_1\right] \\ \mathrm{y}_2 = P_k\left[\dfrac{z_1 + x_1}{2} - \eta T z_1\right] \end{cases}$$

$$\text{ถ้า } i=2 \text{ แล้ว } \begin{cases} w_2 = P_k\left[y_2 - \rho T y_2\right] \\ \mathrm{x}_3 = P_k\left[\dfrac{w_2 + y_2}{2} - \rho T w_2\right] \\ z_2 = P_k\left[x_2 - \eta T x_2\right] \\ \mathrm{y}_3 = P_k\left[\dfrac{z_2 + x_2}{2} - \eta T z_2\right] \end{cases}$$

$$\text{ถ้า } i=3 \text{ แล้ว } \begin{cases} w_3 = P_k\left[y_3 - \rho T y_3\right] \\ \mathrm{x}_4 = P_k\left[\dfrac{w_3 + y_3}{2} - \rho T w_3\right] \\ z_3 = P_k\left[x_3 - \eta T x_3\right] \\ \mathrm{y}_4 = P_k\left[\dfrac{z_3 + x_3}{2} - \eta T z_3\right] \end{cases}$$

$$\vdots$$

$$\text{ถ้า } i=n \text{ แล้ว } \begin{cases} w_n = P_k\left[y_n - \rho T y_n\right] \\ \mathrm{x}_{n+1} = P_k\left[\dfrac{w_n + y_n}{2} - \rho T w_n\right] \\ z_n = P_k\left[x_n - \eta T x_n\right] \\ \mathrm{y}_{n+1} = P_k\left[\dfrac{z_n + x_n}{2} - \eta T z_n\right] \end{cases}$$

จากผลลัพธ์ (3) เราจะได้

$$x = P_k\left[y - \rho T\left(\frac{y+y}{2}\right)\right], \mathrm{y} = P_k\left[x - \eta T\left(\frac{x+x}{2}\right)\right] \qquad (8)$$

การกำหนดจุดตรึงนี้ถูกนำไปใช้เพื่อเสนอวิธีการโดยปริยายสำหรับระบบของปัญหาอสมการการแปรผัน ดังนี้

ขั้นตอนวิธี 4. กำหนดให้ $x_0, \mathrm{y}_0 \in K$ คำนวณ x_{i+1} และ y_{i+1} โดยรูปแบบวนซ้ำ

$$w_i = P_k\left[y_i - \rho T y_i\right], \mathrm{x}_{i+1} = P_k\left[y_i - \rho T\left(\frac{y_i + w_i}{2}\right)\right], \quad i = 0,1,2,\ldots$$

$$z_i = P_k\left[x_i - \eta T x_i\right], \mathrm{y}_{i+1} = P_k\left[x_i - \eta T\left(\frac{x_i + z_i}{2}\right)\right], \qquad i = 0,1,2,\ldots \tag{9}$$

เลือก $x_0, \mathrm{y}_0 \in K$ จะได้ว่า

ถ้า $i = 0$ แล้ว
$$\begin{cases} w_0 = P_k\left[y_0 - \rho T y_0\right] \\ \mathrm{x}_1 = P_k\left[y_0 - \rho T\left(\frac{y_0 + w_0}{2}\right)\right] \\ z_0 = P_k\left[x_0 - \eta T x_0\right] \\ \mathrm{y}_1 = P_k\left[x_0 - \eta T\left(\frac{x_0 + z_0}{2}\right)\right] \end{cases}$$

ถ้า $i = 1$ แล้ว
$$\begin{cases} w_1 = P_k\left[y_1 - \rho T y_1\right] \\ \mathrm{x}_2 = P_k\left[y_1 - \rho T\left(\frac{y_1 + w_1}{2}\right)\right] \\ z_1 = P_k\left[x_1 - \eta T x_1\right] \\ \mathrm{y}_2 = P_k\left[x_1 - \eta T\left(\frac{x_1 + z_1}{2}\right)\right] \end{cases}$$

ถ้า $i = 2$ แล้ว
$$\begin{cases} w_2 = P_k\left[y_2 - \rho T y_2\right] \\ \mathrm{x}_3 = P_k\left[y_2 - \rho T\left(\frac{y_2 + w_2}{2}\right)\right] \\ z_2 = P_k\left[x_2 - \eta T x_2\right] \\ \mathrm{x}_3 = P_k\left[y_2 - \rho T\left(\frac{y_2 + w_2}{2}\right)\right] \end{cases}$$

ถ้า $i = 3$ แล้ว
$$\begin{cases} w_3 = P_k\left[y_3 - \rho T y_3\right] \\ \mathrm{x}_4 = P_k\left[y_3 - \rho T\left(\frac{y_3 + w_3}{2}\right)\right] \\ z_3 = P_k\left[x_3 - \eta T x_3\right] \\ \mathrm{y}_4 = P_k\left[x_3 - \eta T\left(\frac{x_3 + z_3}{2}\right)\right] \end{cases}$$

$\vdots$

$$\text{ถ้า } i=n \text{ แล้ว } \begin{cases} w_n = P_k\left[y_n - \rho T y_n\right] \\ \mathrm{x}_{n+1} = P_k\left[y_n - \rho T\left(\dfrac{y_n + w_n}{2}\right)\right] \\ z_n = P_k\left[x_n - \eta T x_n\right] \\ \mathrm{y}_{n+1} = P_k\left[x_n - \eta T\left(\dfrac{x_n + z_n}{2}\right)\right] \end{cases}$$

ซึ่งถูกเสนอและศึกษาโดย Noor และคณะในเอกสารอ้างอิง [12] และเป็นที่รู้จักในชื่อวิธีการโดยปริยายจุดกึ่งกลางสำหรับระบบของปัญหาอสมการการแปรผัน สำหรับการวิเคราะห์การลู่เข้าและด้านอื่นๆ จาก Noor และคณะในเอกสารอ้างอิง [12] เป็นที่เห็นได้ชัดเจนว่า ขั้นตอนวิธี 4 ได้ถูกเสนอโดยใช้รูปแบบจุดตรึงที่แตกต่างกันของสมการ (3) เป็นปกติ การรวมสูตรจุดตรึงเหล่านี้เพื่อเสนอวิธีการโดยปริยายแบบผสมสำหรับระบบของปัญหาอสมการการแปรผันและค่าเหมาะสมที่สุดที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นแรงจูงใจหลักของงานวิจัยนี้

เราสามารถเขียนสมการ (3) ใหม่ได้ดังนี้

$$x = P_k\left[\frac{y+y}{2} - \rho T\left(\frac{y+y}{2}\right)\right], \mathrm{y} = P_k\left[\frac{x+x}{2} - \eta T\left(\frac{x+x}{2}\right)\right] \tag{10}$$

สูตรจุดตรึงสมมูลนี้ช่วยให้สามารถเสนอวิธีการต่อไปนี้สำหรับระบบของปัญหาอสมการการแปรผัน

ขั้นตอนวิธี 5. กำหนดให้ $x_0, \mathrm{y}_0 \in K$ คำนวณ x_{i+1} และ y_{i+1} โดยรูปแบบวนซ้ำ

$$w_i = P_k\left[y_i - \rho T y_i\right], \mathrm{x}_{i+1} = P_k\left[\left(\frac{w_i + y_i}{2}\right) - \rho T\left(\frac{w_i + y_i}{2}\right)\right], \quad i = 0,1,2,\ldots$$

$$z_i = P_k\left[x_i - \eta T x_i\right], \mathrm{y}_{i+1} = P_k\left[\left(\frac{z_i + x_i}{2}\right) - \eta T\left(\frac{z_i + x_i}{2}\right)\right], \qquad i = 0,1,2,\ldots \tag{11}$$

เลือก $x_0, \mathrm{y}_0 \in K$ จะได้ว่า

$$\text{ถ้า } i=0 \text{ แล้ว } \begin{cases} w_0 = P_k\left[y_0 - \rho T y_0\right] \\ \mathrm{x}_1 = P_k\left[\left(\dfrac{w_0 + y_0}{2}\right) - \rho T\left(\dfrac{w_0 + y_0}{2}\right)\right] \\ z_0 = P_k\left[x_0 - \eta T x_0\right] \\ \mathrm{y}_1 = P_k\left[\left(\dfrac{z_0 + x_0}{2}\right) - \eta T\left(\dfrac{z_0 + x_0}{2}\right)\right] \end{cases}$$

$$\text{ถ้า } i=1 \text{ แล้ว } \begin{cases} w_1 = P_k\left[y_1 - \rho T y_1\right] \\ \mathrm{x}_2 = P_k\left[\left(\frac{w_1+y_1}{2}\right) - \rho T\left(\frac{w_1+y_1}{2}\right)\right] \\ z_1 = P_k\left[x_1 - \eta T x_1\right] \\ \mathrm{y}_2 = P_k\left[\left(\frac{z_1+x_1}{2}\right) - \eta T\left(\frac{z_1+x_1}{2}\right)\right] \end{cases}$$

$$\text{ถ้า } i=2 \text{ แล้ว } \begin{cases} w_2 = P_k\left[y_2 - \rho T y_2\right] \\ \mathrm{x}_3 = P_k\left[\left(\frac{w_2+y_2}{2}\right) - \rho T\left(\frac{w_2+y_2}{2}\right)\right] \\ z_2 = P_k\left[x_2 - \eta T x_2\right] \\ \mathrm{y}_3 = P_k\left[\left(\frac{z_2+x_2}{2}\right) - \eta T\left(\frac{z_2+x_2}{2}\right)\right] \end{cases}$$

$$\text{ถ้า } i=3 \text{ แล้ว } \begin{cases} w_3 = P_k\left[y_3 - \rho T y_3\right] \\ \mathrm{x}_4 = P_k\left[\left(\frac{w_3+y_3}{2}\right) - \rho T\left(\frac{w_3+y_3}{2}\right)\right] \\ z_3 = P_k\left[x_3 - \eta T x_3\right] \\ \mathrm{y}_4 = P_k\left[\left(\frac{z_3+x_3}{2}\right) - \eta T\left(\frac{z_3+x_3}{2}\right)\right] \end{cases}$$

$$\vdots$$

$$\text{ถ้า } i=n \text{ แล้ว } \begin{cases} w_n = P_k\left[y_n - \rho T y_n\right] \\ \mathrm{x}_{n+1} = P_k\left[\left(\frac{w_n+y_n}{2}\right) - \rho T\left(\frac{w_n+y_n}{2}\right)\right] \\ z_n = P_k\left[x_n - \eta T x_n\right] \\ \mathrm{y}_{n+1} = P_k\left[\left(\frac{z_n+x_n}{2}\right) - \eta T\left(\frac{z_n+x_n}{2}\right)\right] \end{cases}$$

วิธีการแบบสองขั้นตอนทำให้เกิดสิ่งใหม่ขึ้นมา

ขั้นตอนวิธี 6. กำหนดให้ $x_0, \mathrm{y}_0 \in K$ คำนวณ x_{i+1} และ y_{i+1} โดยรูปแบบวนซ้ำ

$$x_{i+1} = P_k\left[\frac{y_i + y_{i+1}}{2} - \rho T\left(\frac{y_i + y_{i+1}}{2}\right)\right], \quad i = 0,1,2,\ldots$$

$$y_{i+1} = P_k\left[\frac{x_i + x_{i+1}}{2} - \eta T\left(\frac{x_i + x_{i+1}}{2}\right)\right], \quad i = 0,1,2,\ldots \tag{12}$$

เลือก $x_0, \mathrm{y}_0 \in K$ จะได้ว่า

$$\text{ถ้า } i=0 \text{ แล้ว } \begin{cases} x_1 = P_k\left[\dfrac{y_0+y_1}{2} - \rho T\left(\dfrac{y_0+y_1}{2}\right)\right] \\ y_1 = P_k\left[\dfrac{x_0+x_1}{2} - \eta T\left(\dfrac{x_0+x_1}{2}\right)\right] \end{cases}$$

$$\text{ถ้า } i=1 \text{ แล้ว } \begin{cases} x_2 = P_k\left[\dfrac{y_1+y_2}{2} - \rho T\left(\dfrac{y_1+y_2}{2}\right)\right] \\ y_2 = P_k\left[\dfrac{x_1+x_2}{2} - \eta T\left(\dfrac{x_1+x_2}{2}\right)\right] \end{cases}$$

$$\text{ถ้า } i=2 \text{ แล้ว } \begin{cases} x_3 = P_k\left[\dfrac{y_2+y_3}{2} - \rho T\left(\dfrac{y_2+y_3}{2}\right)\right] \\ y_3 = P_k\left[\dfrac{x_2+x_3}{2} - \eta T\left(\dfrac{x_2+x_3}{2}\right)\right] \end{cases}$$

$$\text{ถ้า } i=3 \text{ แล้ว } \begin{cases} x_4 = P_k\left[\dfrac{y_3+y_4}{2} - \rho T\left(\dfrac{y_3+y_4}{2}\right)\right] \\ y_4 = P_k\left[\dfrac{x_3+x_4}{2} - \eta T\left(\dfrac{x_3+x_4}{2}\right)\right] \end{cases}$$

$$\vdots$$

$$\text{ถ้า } i=n \text{แล้ว } \begin{cases} x_{n+1} = P_k\left[y_n - \rho T\left(\dfrac{y_n+y_{n+1}}{2}\right)\right] \\ y_{n+1} = P_k\left[\dfrac{x_n+x_{n+1}}{2} - \eta T\left(\dfrac{x_n+x_{n+1}}{2}\right)\right] \end{cases}$$

เราต้องเน้นย้ำว่า ขั้นตอนวิธี 6 เป็นวิธีการโดยปริยายเพื่อนำวิธีการโดยปริยายไปใช้ เราใช้เทคนิคการทำนายแก้ไขโดยใช้ ขั้นตอนวิธี 1 เป็นตัวทำนายและ ขั้นตอนวิธี 6 เป็นตัวแก้ไข ดังนั้น เราจึงได้วิธีการแบบสองขั้นตอนใหม่สำหรับระบบของปัญหาอสมการการแปรผัน

จากการอภิปรายข้างต้น เห็นที่ชัดเจนว่า ขั้นตอนวิธี 5 และ ขั้นตอนวิธี 6 สมมูลกัน เพียงพอที่จะการพิสูจน์การลู่เข้าของ ขั้นตอนวิธี 6 ซึ่งเป็นแรงจูงใจหลักของผลลัพธ์ถัดไปของเรา

ทฤษฎีบท 1 กำหนดให้ T เป็นทางเดียวอย่างเข้มโดยค่าคงที่ $\alpha > 0$ และความต่อเนื่องลิพชิทซ์ด้วยค่าคงที่ $\beta > 0$ กำหนดให้ $x^*, y^* \in K$ เป็นผลเฉลยของ (3) และ x_{n+1} และ y_{n+1} เป็นผลเฉลยโดยประมาณที่ได้จากขั้นตอนวิธี 6 ถ้ามี ค่าคงที่ $\rho > 0$ จะได้ว่า

$$0 < \rho < \frac{2\alpha}{\beta^2} \tag{13}$$

แล้วผลเฉลยโดยประมาณ x_{n+1} และ y_{n+1} จะลู่เข้ากับผลเฉลย $x^*, y^* \in K$

บทพิสูจน์. ให้ $x^*, y^* \in K$ เป็นผลเฉลยของระบบของปัญหาอสมการการแปรผัน และ $\{(x_{n+1}, y_{n+1})\}$ เป็นผลเฉลยโดยประมาณค่าได้จากขั้นตอนวิธี 6 ในที่นี้เราจะกำหนดให้ $\|\square\|^+$ บน $H \times H$ โดย

$$\|(x,y)\|^+ = \|x\| + \|y\| \qquad \forall (x,y) \in H \times H$$

โดยจะเห็นว่า $\left(H \times H, \|\square\|^+\right)$ เป็นปริภูมิฮิลเบิร์ต สามารถดูเอกสารได้ที่ [16][17]

จะพิจารณา $\left\|\left(x_{n+1,}, y_{n+1}\right) - \left(x^*, y^*\right)\right\|^+$

$$= \left\|\left(x_{n+1} - x^*, y_{n+1} - y^*\right)\right\|^+$$

$$= \left\|x_{n+1} - x^*\right\| + \left\|y_{n+1} - y^*\right\|$$

พิจารณา $\left\|x_{n+1} - x^*\right\|^2$

$$= \left\| P_k\left[\frac{y_n + y_{n+1}}{2} - \rho T\left(\frac{y_n + y_{n+1}}{2}\right)\right] - P_k\left[\frac{y^* + y^*}{2} - \rho T\left(\frac{y^* + y^*}{2}\right)\right]\right\|^2$$

$$\leq \left\|\left[\left(\frac{y_n + y_{n+1}}{2}\right) - \rho T\left(\frac{y_n + y_{n+1}}{2}\right)\right] - \left[\left(\frac{y^* + y^*}{2}\right) - \rho T\left(\frac{y^* + y^*}{2}\right)\right]\right\|^2$$

$$= \left\|\left[\left(\frac{y_n + y_{n+1}}{2}\right) - \left(\frac{y^* + y^*}{2}\right)\right] - \left[\rho T\left(\frac{y_n + y_{n+1}}{2}\right) - \rho T\left(\frac{y^* + y^*}{2}\right)\right]\right\|^2$$

$$
\begin{aligned}
&= \left\| \left[\left(\frac{y_n + y_{n+1}}{2} \right) - \left(\frac{y^* + y^*}{2} \right) \right] - \rho \left[T\left(\frac{y_n + y_{n+1}}{2} \right) - T\left(\frac{y^* + y^*}{2} \right) \right] \right\|^2 \\
&= \left\| \left[\left(\frac{y_n + y_{n+1}}{2} \right) - \left(\frac{y^* + y^*}{2} \right) \right] \right\|^2 \\
&\quad -2 \left\langle \left[\left(\frac{y_n + y_{n+1}}{2} \right) - \left(\frac{y^* + y^*}{2} \right) \right], \rho \left[T\left(\frac{y_n + y_{n+1}}{2} \right) - T\left(\frac{y^* + y^*}{2} \right) \right] \right\rangle \\
&\quad + \left\| \left[\rho \left[T\left(\frac{y_n + y_{n+1}}{2} \right) - T\left(\frac{y^* + y^*}{2} \right) \right] \right] \right\|^2 \\
&= \left\| \left(\frac{y_n + y_{n+1}}{2} \right) - \left(\frac{y^* + y^*}{2} \right) \right\|^2 \\
&\quad -2\rho \left\langle T\left(\frac{y_n + y_{n+1}}{2} \right) - T\left(\frac{y^* + y^*}{2} \right), \left(\frac{y_n + y_{n+1}}{2} \right) - \left(\frac{y^* + y^*}{2} \right) \right\rangle \\
&\quad + \rho^2 \left\| \left(T\left(\frac{y_n + y_{n+1}}{2} \right) - T\left(\frac{y^* + y^*}{2} \right) \right) \right\|^2 \\
&\leq \left\| \left(\frac{y_n + y_{n+1}}{2} \right) - \left(\frac{y^* + y^*}{2} \right) \right\|^2 - 2\rho\alpha \left\| \left(\frac{y_n + y_{n+1}}{2} \right) - \left(\frac{y^* + y^*}{2} \right) \right\|^2 \\
&\quad + \rho^2 \beta^2 \left\| \left(\frac{y_n + y_{n+1}}{2} \right) - \left(\frac{y^* + y^*}{2} \right) \right\|^2 \\
&= \left(1 - 2\rho\alpha + \rho^2 \beta^2 \right) \left\| \left(\frac{y_n + y_{n+1}}{2} \right) - \left(\frac{y^* + y^*}{2} \right) \right\|^2 \\
&= \left(1 - 2\rho\alpha + \rho^2 \beta^2 \right) \left\| \left(\frac{y_n - y^*}{2} \right) + \left(\frac{y_{n+1} - y^*}{2} \right) \right\|^2 \qquad (14)
\end{aligned}
$$

โดยที่เราได้ใช้ข้อเท็จจริงที่ว่า ตัวดำเนินการ T นั้นเป็นทางเดียวอย่างเข้มด้วยค่าคงที่ $\alpha > 0$ และต่อเนื่องลิพซิทซ์ด้วยค่าคงที่ $\beta > 0$ ตามลำดับ ดังนั้น จาก (14) เราได้

$$\left\|x_{n+1}-x^*\right\|^2 \leq \left(1-2\rho\alpha+\rho^2\beta^2\right)\left\|\frac{y_n-y^*}{2}+\frac{y_{n+1}-y^*}{2}\right\|^2$$

$$\left\|x_{n+1}-x^*\right\| \leq \sqrt{\left(1-2\rho\alpha+\rho^2\beta^2\right)}\left\|\frac{y_n-y^*}{2}+\frac{y_{n+1}-y^*}{2}\right\|$$

พิจารณา $\left\|y_{n+1}-y^*\right\|^2$

$$= \left\|P_K\left[\left(\frac{x_n+x_{n+1}}{2}\right)-\rho T\left(\frac{x_n+x_{n+1}}{2}\right)\right]-P_K\left[\left(\frac{x^*+x^*}{2}\right)-\rho T\left(\frac{x^*+x^*}{2}\right)\right]\right\|^2$$

$$\leq \left\|\left[\left(\frac{x_n+x_{n+1}}{2}\right)-\rho T\left(\frac{x_n+x_{n+1}}{2}\right)\right]-\left[\left(\frac{x^*+x^*}{2}\right)-\rho T\left(\frac{x^*+x^*}{2}\right)\right]\right\|^2$$

$$= \left\|\left[\left(\frac{x_n+x_{n+1}}{2}\right)-\left(\frac{x^*+x^*}{2}\right)\right]-\left[\rho T\left(\frac{x_n+x_{n+1}}{2}\right)-\rho T\left(\frac{x^*+x^*}{2}\right)\right]\right\|^2$$

$$= \left\|\left[\left(\frac{x_n+x_{n+1}}{2}\right)-\left(\frac{x^*+x^*}{2}\right)\right]-\rho\left[T\left(\frac{x_n+x_{n+1}}{2}\right)-T\left(\frac{x^*+x^*}{2}\right)\right]\right\|^2$$

$$= \left\|\left[\left(\frac{x_n+x_{n+1}}{2}\right)-\left(\frac{x^*+x^*}{2}\right)\right]\right\|^2$$
$$-2\left\langle\left[\left(\frac{x_n+x_{n+1}}{2}\right)-\left(\frac{x^*+x^*}{2}\right)\right],\rho\left[T\left(\frac{x_n+x_{n+1}}{2}\right)-T\left(\frac{x^*+x^*}{2}\right)\right]\right\rangle$$
$$+\left\|\left[\rho\left[T\left(\frac{x_n+x_{n+1}}{2}\right)-T\left(\frac{x^*+x^*}{2}\right)\right]\right]\right\|^2$$

$$= \left\|\left(\frac{x_n+x_{n+1}}{2}\right)-\left(\frac{x^*+x^*}{2}\right)\right\|^2$$
$$-2\rho\left\langle T\left(\frac{x_n+x_{n+1}}{2}\right)-T\left(\frac{x^*+x^*}{2}\right),\left(\frac{x_n+x_{n+1}}{2}\right)-\left(\frac{x^*+x^*}{2}\right)\right\rangle$$
$$+\rho^2\left\|\left(T\left(\frac{x_n+x_{n+1}}{2}\right)-T\left(\frac{x^*+x^*}{2}\right)\right)\right\|^2$$

$$\leq \left\| \left(\frac{x_n + x_{n+1}}{2} \right) - \left(\frac{x^* + x^*}{2} \right) \right\|^2 - 2\rho\alpha \left\| \left(\frac{x_n + x_{n+1}}{2} \right) - \left(\frac{x^* + x^*}{2} \right) \right\|^2$$
$$+ \rho^2\beta^2 \left\| \left(\frac{x_n + x_{n+1}}{2} \right) - \left(\frac{x^* + x^*}{2} \right) \right\|^2$$

$$= \left(1 - 2\rho\alpha + \rho^2\beta^2\right) \left\| \left(\frac{x_n + x_{n+1}}{2} \right) - \left(\frac{x^* + x^*}{2} \right) \right\|^2$$

$$= \left(1 - 2\rho\alpha + \rho^2\beta^2\right) \left\| \left(\frac{x_n - x^*}{2} \right) + \left(\frac{x_{n+1} - x^*}{2} \right) \right\|^2 \quad (15)$$

โดยที่เราได้ใช้ข้อเท็จจริงที่ว่า ตัวดำเนินการ T นั้นเป็นทางเดียวอย่างเข้มด้วยค่าคงที่ $\alpha > 0$ และต่อเนื่องลิพชิทซ์ด้วยค่าคงที่ $\beta > 0$ ตามลำดับ ดังนั้น จาก (15) เราได้

$$\left\| y_{n+1} - y^* \right\|^2 \leq \left(1 - 2\rho\alpha + \rho^2\beta^2\right) \left\| \frac{x_n - x^*}{2} + \frac{x_{n+1} - x^*}{2} \right\|^2$$

$$\left\| y_{n+1} - y^* \right\| \leq \sqrt{\left(1 - 2\rho\alpha + \rho^2\beta^2\right)} \left\| \frac{x_n - x^*}{2} + \frac{x_{n+1} - x^*}{2} \right\|$$

ดังนั้น

$$\left\| x_{n+1} - x^* \right\| + \left\| y_{n+1} - y^* \right\|$$
$$\leq \sqrt{1 - 2\rho\alpha + \rho^2\beta^2} \left\| \frac{y_n - y^*}{2} + \frac{y_{n+1} - y^*}{2} \right\| + \sqrt{1 - 2\rho\alpha + \rho^2\beta^2} \left\| \frac{x_n - x^*}{2} + \frac{x_{n+1} - x^*}{2} \right\|$$

$$\leq \sqrt{1 - 2\rho\alpha + \rho^2\beta^2} \left\{ \left\| \frac{y_n - y^*}{2} \right\| + \left\| \frac{y_{n+1} - y^*}{2} \right\| \right\} + \sqrt{1 - 2\rho\alpha + \rho^2\beta^2} \left\{ \left\| \frac{x_n - x^*}{2} \right\| + \left\| \frac{x_{n+1} - x^*}{2} \right\| \right\}$$

$$= \frac{1}{2}\sqrt{1 - 2\rho\alpha + \rho^2\beta^2} \left\| y_n - y^* \right\| + \frac{1}{2}\sqrt{1 - 2\rho\alpha + \rho^2\beta^2} \left\| y_{n+1} - y^* \right\|$$
$$+ \frac{1}{2}\sqrt{1 - 2\rho\alpha + \rho^2\beta^2} \left\| x_n - x^* \right\| + \frac{1}{2}\sqrt{1 - 2\rho\alpha + \rho^2\beta^2} \left\| x_{n+1} - x^* \right\|$$

พิจารณา

$$\|x_{n+1}-x^*\|+\|y_{n+1}-y^*\|-\frac{1}{2}\sqrt{1-2\rho\alpha+\rho^2\beta^2}\,\|y_{n+1}-y^*\|-\frac{1}{2}\sqrt{1-2\rho\alpha+\rho^2\beta^2}\,\|x_{n+1}-x^*\|$$
$$\leq \frac{1}{2}\sqrt{1-2\rho\alpha+\rho^2\beta^2}\,\|y_n-y^*\|+\frac{1}{2}\sqrt{1-2\rho\alpha+\rho^2\beta^2}\,\|x_n-x^*\|$$

ทำให้ได้ว่า

$$\|x_{n+1}-x^*\|\left(1-\frac{1}{2}\sqrt{1-2\rho\alpha+\rho^2\beta^2}\right)+\|y_{n+1}-y^*\|\left(1-\frac{1}{2}\sqrt{1-2\rho\alpha+\rho^2\beta^2}\right)$$
$$\leq \frac{1}{2}\sqrt{1-2\rho\alpha+\rho^2\beta^2}\,\|y_n-y^*\|+\frac{1}{2}\sqrt{1-2\rho\alpha+\rho^2\beta^2}\,\|x_n-x^*\|$$

ดังนั้น

$$\left(1-\frac{1}{2}\sqrt{1-2\rho\alpha+\rho^2\beta^2}\right)\left(\|x_{n+1}-x^*\|+\|y_{n+1}-y^*\|\right)\leq \frac{1}{2}\sqrt{1-2\rho\alpha+\rho^2\beta^2}\left(\|y_n-y^*\|+\|x_n-x^*\|\right)$$

$$\|x_{n+1}-x^*\|+\|y_{n+1}-y^*\|\leq \frac{\frac{1}{2}\sqrt{1-2\rho\alpha+\rho^2\beta^2}\left(\|y_n-y^*\|+\|x_n-x^*\|\right)}{1-\frac{1}{2}\sqrt{1-2\rho\alpha+\rho^2\beta^2}}$$

$$=\left(\frac{\frac{1}{2}\sqrt{1-2\rho\alpha+\rho^2\beta^2}}{1-\frac{1}{2}\sqrt{1-2\rho\alpha+\rho^2\beta^2}}\right)\left(\|y_n-y^*\|+\|x_n-x^*\|\right)$$

$$\|(x_{n+1}-x^*,y_{n+1}-y^*)\|^+\leq\left(\frac{\frac{1}{2}\sqrt{1-2\rho\alpha+\rho^2\beta^2}}{1-\frac{1}{2}\sqrt{1-2\rho\alpha+\rho^2\beta^2}}\right)\left(\|y_n-y^*\|+\|x_n-x^*\|\right)$$

$$=\theta\|(x_n-x^*,y_n-y^*)\|^+ \qquad (16)$$

เมื่อ $\theta=\dfrac{\frac{1}{2}\sqrt{1-2\rho\alpha+\rho^2\beta^2}}{1-\frac{1}{2}\sqrt{1-2\rho\alpha+\rho^2\beta^2}}$

ต่อไปจะพิจารณาว่า $0<\theta<1$

จะแสดงว่า $\theta>0$

เนื่องจาก $\sqrt{1-2\rho\alpha+\rho^2\beta^2}>0$ และ จาก $\rho<\frac{2\alpha}{\beta^2}$

จะได้ว่า

$$\rho^2\beta^2<2\rho\alpha+3$$

ดังนั้น

$$1>\frac{1}{2}\sqrt{1-2\rho\alpha+\rho^2\beta^2}$$

ซึ่ง

$$1-\frac{1}{2}\sqrt{1-2\rho\alpha+\rho^2\beta^2}>0$$

ทำให้ได้ว่า

$$\frac{\frac{1}{2}\sqrt{1-2\rho\alpha+\rho^2\beta^2}}{1-\frac{1}{2}\sqrt{1-2\rho\alpha+\rho^2\beta^2}}>0$$

ดังนั้นแสดงว่า $\theta>0$

ต่อไปจะแสดงว่า $\theta<1$

จากสมมติฐาน (13)

$$\rho<\frac{2\alpha}{\beta^2}$$

โดยที่

$$\rho\beta^2<\left(\frac{2\alpha}{\beta^2}\right)\beta^2$$

จะได้ว่า

$$\rho\beta^2 < 2\alpha$$

เมื่อ

$$\rho^2\beta^2 < 2\rho\alpha$$

จาก

$$-2\rho\alpha + \rho^2\beta^2 < 0$$

จะได้

$$1 - 2\rho\alpha + \rho^2\beta^2 < 1$$

ทำให้ได้ว่า

$$\frac{\frac{1}{2}\sqrt{1-2\rho\alpha+\rho^2\beta^2}}{1-\frac{1}{2}\sqrt{1-2\rho\alpha+\rho^2\beta^2}} < 1$$

ดังนั้นจะแสดงว่า $\theta < 1$

จึงสรุปได้ว่า $0 < \theta < 1$

จาก (16) จะได้ว่า

$$\begin{aligned}
\left\|\left(x_{n+1,}, y_{n+1}\right) - \left(x^*, y^*\right)\right\|^+ &\le \theta\left\|\left(x_n - x^*, \mathrm{y}_n - y^*\right)\right\|^+ \\
&\le \theta\left(\theta\left\|\left(x_{n-1} - x^*, \mathrm{y}_{n-1} - y^*\right)\right\|^+\right) \\
&= \theta^2\left\|\left(x_{n-1} - x^*, \mathrm{y}_{n-1} - y^*\right)\right\|^+ \\
&\le \theta^2\left(\theta\left\|\left(x_{n-2} - x^*, \mathrm{y}_{n-2} - y^*\right)\right\|^+\right) \\
&= \theta^3\left\|\left(x_{n-2} - x^*, \mathrm{y}_{n-2} - y^*\right)\right\|^+
\end{aligned}$$

$$\leq \theta^3\left(\theta\left\|\left(x_{n-3}-x^*, y_{n-3}-y^*\right)\right\|^+\right)$$

$$= \theta^4\left\|\left(x_{n-3}-x^*, y_{n-3}-y^*\right)\right\|^+$$

$$\vdots$$

$$= \theta^{n+1}\left\|\left(x_{n-n}-x^*, y_{n-n}-y^*\right)\right\|^+$$

$$= \theta^{n+1}\left\|\left(x_0-x^*, y_0-y^*\right)\right\|^+$$

จะได้ว่า

$$\left\|\left(x_{n+1}-y_{n+1}, x^*-y^*\right)\right\|^+ \leq \theta^{n+1}\left\|\left(x_0-x^*, y_0-y^*\right)\right\|^+$$

ดังนั้น

$$\lim_{n\to\infty}\left\|\left(x_{n+1}-y_{n+1}, x^*-y^*\right)\right\|^+ \leq \lim_{n\to\infty}\theta^{n+1}\left\|\left(x_0-x^*, y_0-y^*\right)\right\|^+$$

จาก $0<\theta<1$ จึงทำให้ได้ว่า

$$\lim_{n\to\infty}\theta^{n+1}\to 0$$

จึงได้ว่า

$$\lim_{n\to\infty}\theta^{n+1}\left\|\left(\left(x_n-x^*, y_n-y^*\right)\right)\right\|^+ \to 0$$

ดังนั้น

$$\lim_{n\to\infty}\left\|\left(x_n-x^*, y_n-y^*\right)\right\|^+ \leq 0$$

จะได้ว่า

$$\lim_{n\to\infty}x_n = x^* \text{ และ } \lim_{n\to\infty}y_n = y^*$$

ผลเฉลยโดยประมาณ x_{n+1} และ y_{n+1} ที่ได้จากขั้นตอนวิธี 6 จะลู่เข้ากับผลเฉลย $x^*, y^* \in K$ ซึ่งสอดคล้องกับระบบของปัญหาอสมการการแปรผัน (3)

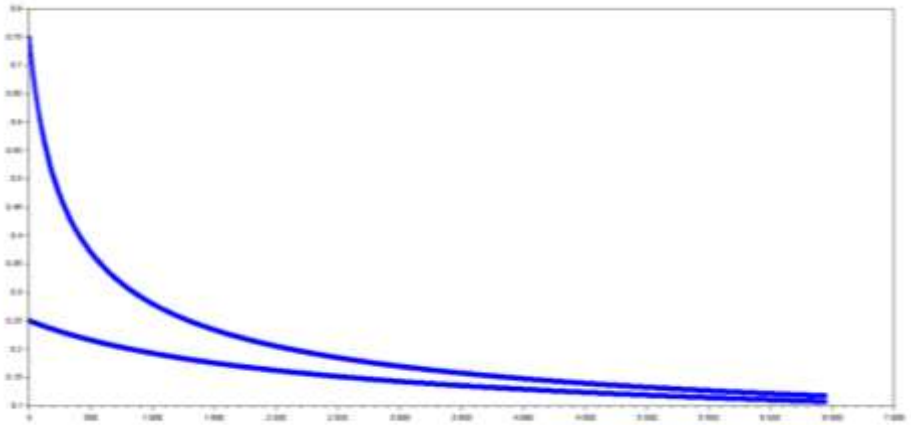
ตัวอย่าง กำหนดให้ $T(x)=x^3$ เมื่อ $K=(0,1]$

ซึ่งจะเห็นว่า ฟังก์ชัน T เป็นทางเดียวอย่างเข้มและความต่อเนื่องลิพชิทซ์

พิจารณาขั้นตอนวิธีที่ 1 ขั้นตอนวิธีที่ 2 ขั้นตอนวิธีที่ 3 ขั้นตอนวิธีที่ 4 และขั้นตอนวิธีที่ 5 ทำให้ได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ขั้นตอนวิธีที่ 1

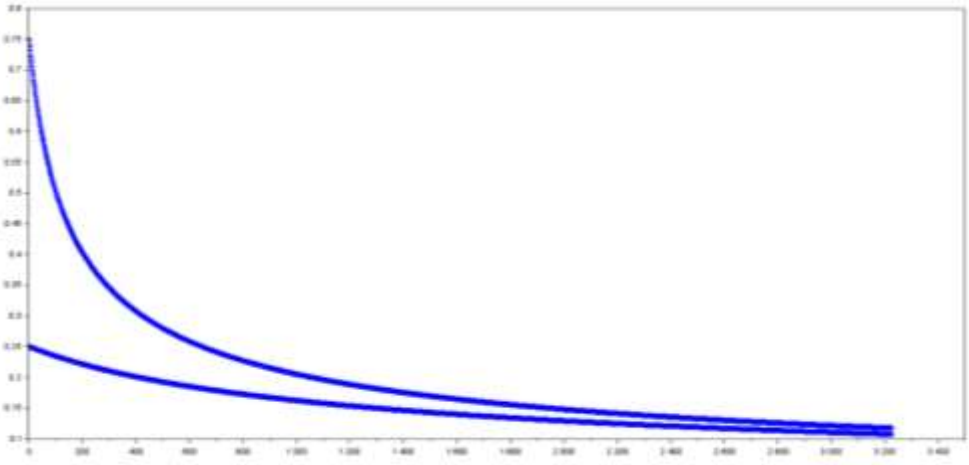
i	x(i)	y(i)
1	0.25	0.75
2	0.74957	0.24984
3	0.24982	0.74536
4	0.74495	0.24967
5	0.24965	0.74081
⋮	⋮	⋮
6445	0.10726	0.11727
6446	0.11727	0.10725
6447	0.10725	0.11725



ภาพที่ 1

ตารางที่ 2 ขั้นตอนวิธีที่ 2

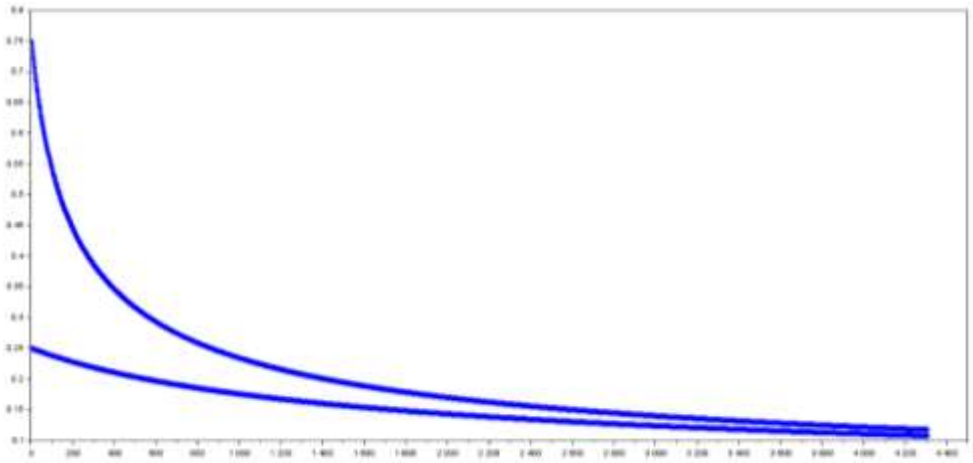
i	x(i)	y(i)
1	0.25	0.75
2	0.74915	0.24968
3	0.24965	0.74453
4	0.74000	0.24948
5	0.24931	0.73919
⋮	⋮	⋮
3223	0.10726	0.05151
3224	0.11726	0.05251
3225	0.10724	0.05151



ภาพที่ 2

ตารางที่ 3 ขั้นตอนวิธีที่ 3

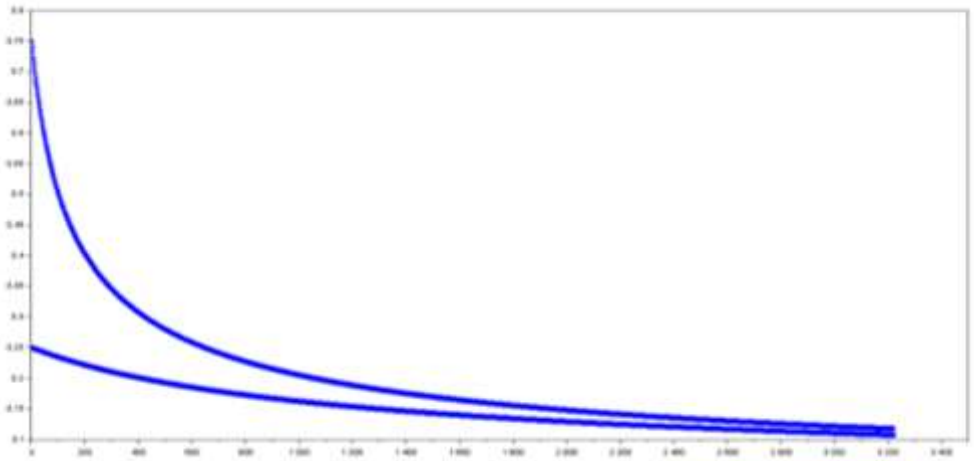
i	x(i)	y(i)
1	0.25	0.75
2	0.74936	0.24976
3	0.24974	0.74312
4	0.74251	0.24950
5	0.24948	0.73643
⋮	⋮	⋮
4303	0.10721	0.11722
4304	0.11722	0.10720
4305	0.10719	0.11720



ภาพที่ 3

ตารางที่ 4 ขั้นตอนวิธีที่ 4

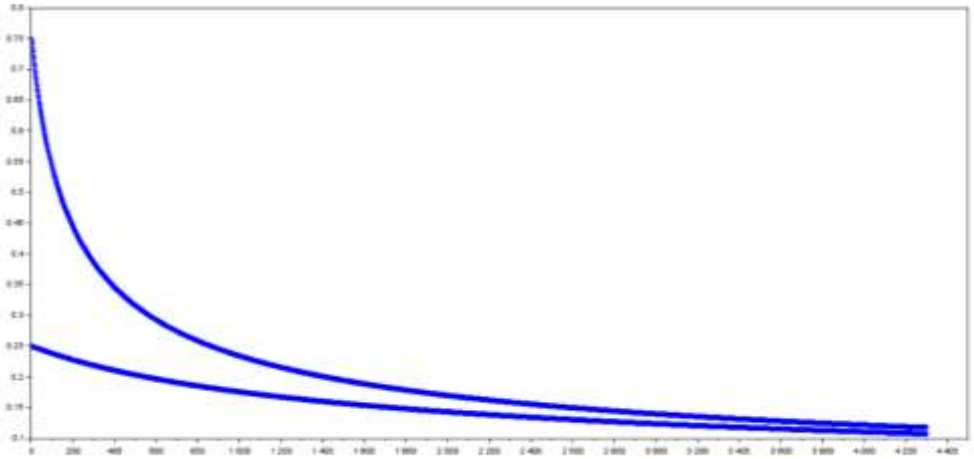
i	x(i)	y(i)
1	0.25	0.75
2	0.74915	0.24968
3	0.24965	0.74078
4	0.73997	0.24934
5	0.24931	0.73189
⋮	⋮	⋮
3219	0.10731	0.11732
3220	0.11731	0.10729
3221	0.10728	0.11728



ภาพที่ 4

ตารางที่ 5 ขั้นตอนวิธีที่ 5

i	x(i)	y(i)
1	0.25	0.75
2	0.74936	0.24976
3	0.24974	0.74309
4	0.74247	0.24951
5	0.24948	0.73636
⋮	⋮	⋮
4297	0.10727	0.11727
4298	0.11727	0.10725
4299	0.10725	0.11725



ภาพที่ 5

จาก 5 ตารางข้างต้นจะเห็นว่า ตารางที่ 4 มีการวนซ้ำน้อยที่สุด และทุกขั้นตอนวิธีได้ลู่เข้าที่ใกล้เคียงกัน

วิจารณ์ผล

ผลงานวิจัยเรื่อง “ขั้นตอนวิธีสำหรับระบบของปัญหาอสมการการแปรผัน” เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Noor พบว่ามีความสอดคล้องกับแนวคิดการใช้วิธีวนซ้ำและเทคนิคจุดตรึงในการแก้ปัญหาอสมการการแปรผัน ซึ่งเป็นแนวทางที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในงานของผู้วิจัยกลุ่มนี้ อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างของงานนี้อยู่ที่การพัฒนารูปแบบขั้นตอนวิธีหลายขั้นและการพิสูจน์การลู่เข้าในเงื่อนไขเฉพาะที่กำหนดไว้ จุดที่เป็นข้อโต้แย้งสำคัญคือวิธีที่เสนอแม้จะมีความถูกต้องทางทฤษฎี แต่ยังไม่มีหลักฐานเชิงทดลองหรือการเปรียบเทียบเชิงประสิทธิภาพกับวิธีมาตรฐาน จึงยังไม่สามารถสรุปได้อย่างชัดเจนว่าวิธีใหม่มีความเหนือกว่าในทางปฏิบัติ นอกจากนี้ ข้อจำกัดสำคัญคือการศึกษายังอยู่ในกรอบปริภูมิฮิลเบิร์ตและสมมติฐานค่อนข้างเข้มงวด ซึ่งอาจจำกัดการประยุกต์ใช้ในปัญหาที่ซับซ้อนมากขึ้น

สำหรับข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในอนาคต ควรขยายการศึกษาไปสู่ปริภูมิที่กว้างขึ้น เช่น ปริภูมิบานาค หรือปัญหาที่มีโครงสร้างไม่เชิงเส้นมากขึ้น รวมทั้งควรเพิ่มการทดลองเชิงตัวเลข การวิเคราะห์อัตราการลู่เข้า และการเปรียบเทียบกับอัลกอริทึมที่มีอยู่ เพื่อยืนยันประสิทธิภาพอย่างเป็นรูปธรรม ในด้านการนำไปใช้ประโยชน์ งานวิจัยนี้สามารถเป็นพื้นฐานในการพัฒนาแบบจำลองการแก้ปัญหาดุลยภาพในเศรษฐศาสตร์ วิศวกรรมระบบ การวิเคราะห์เครือข่าย และปัญหาการหาคำตอบเชิงเหมาะที่สุด ซึ่งต้องอาศัยวิธีการคำนวณที่มีเสถียรภาพและพิสูจน์ได้ทางทฤษฎีเป็นสำคัญ.

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินการวิจัยเรื่อง ขั้นตอนวิธีสำหรับระบบของปัญหาอสมการการแปรผัน ได้รับข้อสรุปดังต่อไปนี้

1) สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้เราได้ศึกษาขั้นตอนวิธีสำหรับระบบของปัญหาอสมการการแปรผัน ระบบสมการที่ 3 คือ ระบบของปัญหาจุดตรึง จากระบบสมการที่ 3 มาสร้างขั้นตอนวิธี 6 วิธี พิสูจน์การลู่เข้าของผลเฉลยของลำดับ x_n, y_n ของลำดับขั้นตอนวิธีที่ 6 และสุดท้ายได้ยกตัวอย่างเพื่อประกอบสิ่งที่ได้ศึกษาข้างต้น

2) ข้อเสนอแนะ

1. สามารถใช้ความสมมูลอื่นๆที่เกี่ยวข้องอสมการการแปรผันมาพิจารณา
2. สามารถใช้วิธีการวนซ้ำนอกเหนือจากวิธีการศึกษานี้
3. สามารถขยายไปพิจารณาบนปริภูมิที่ใหญ่ขึ้น เช่น ปริภูมิบานาค เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม เป็นอย่างสูงที่ได้ให้การอนุเคราะห์ด้านวิชาการ สนับสนุนทรัพยากร ทำให้การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้บรรลุวัตถุประสงค์และสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] จิตติพร ตังควิเวชกุล. *การวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์*. เอกสารประกอบการสอน, 2566.

[2] P. Daniele, F. Giannessi and A. Maugeri, *Equilibrium Problems and Variational Models*. Kluwer Acadamic, London, (2003).

[3] R. Glowinski, J. L. Lions, and R. Tremolieres, *Numerical analysis of variational inequalities*. NorthHolland, Amsterdam, (1981).

[4] T. Jittiporn and P. Narin, *Dynamical system for the system of variational inclusion problem*, 6, 2019.

[5] S. Karamardian, *Generalized complementarity problems*, J. Opt. Theory Appl. 8 (1971),161-168.

[6] G. M. Korpelevich, “The extragradient method for fnding saddle points and other problems,” \em *Ekonomika Mat*, vol. 12, pp. 747--756, 1976.

[7] E. Kreyszig, *Introductory functional analysis with applications*, vol. 17, The address:John Wiley & Sons, 1991.

[8] M. A.Noor, *Extended general variational inequalities*, Appl. Math. Letters, 22 (2009), 182-185.

[9] M. A. NOOR, *Generalized set-valued mixed nonlinear quasi variational inequalities*, The Korean Journal of Computational & Applied Mathematics, 5(1), (1998), 73–89.

[10] M. A. Noor, *New approximation schemes for general variational inequalities*, J. Math. Anal. Appl. 251 (2000), 217-230.

[11] M. A. Noor, *Proximal Methods for mixed variational inequalities*, J. Optim. TheoryAppl.115 (2002) 447-451

[12] M. A. Noor, K. I. Noor and E. Al-Said, *On new proximal point methods for solving the variational inequalities*, J. Appl. Math. 2012 (2012), Article ID: 412413.

[13] M. A. Noor, K. I. Noor and A. Bnouhachem, *On a unified implict method for variational inequalities*, J. Comput. Appl. Math. 249 (2013), 69-73.

[14] M. A. Noor, K. I. Noor, and Th. M. Rassias, *Iterative methods for variational inequalities in Differential and Integral Inequalities* (Edit: Dorin Andrica and Themistocles M. Rassias),Springer Verlag, 151 (2019),481-508

[15] N. Petrot and J. Suwannawit, “Existence theorems for some systems of quasivariational inequalities problems on uniformly prox-regular sets,” *Mathematical Inequalities & Applications*, vol. 16, no. 4, pp. 1229--1242, 2013.

[16] P. Shi, *Equivalence of variational inequalities with Wiener-Hopf equations*, Proc.Amer.Math. Soc. 111 (1991), 339-346

[17] G. STAMPACCHIA, *Formes bilineaires coercitives sur les ensembles convexes*, Comptes Rendus de l’Acad´ emie des Sciences Paris, 258, (1964), 4413–4416.

[18] J. Suwannawit, N. Petrot. *Existence and Stability of Iterative Algorithm for a System of Random Set-Valued Variational Inclusion Problems Involving (A, m, η)-Generalized Monotone Operators*, Journal of Applied Mathematics. 2012; ID 590676: 21 pages.

[19] R. U. Verma, *General convergence analysis for two-step projection methods and applications to variational problems*, Applied Mathematic Letters, 18, (2005), 1286-1292.

[20] W. Takahashi, *Introduction to nonlinear and convex analysis*, The address: Yokohama Publishers, 2009.

การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบจำลองการจำแนกการเกิดฝนของข้อมูลที่ปรับสมดุล

A Comparative Study of Classification Model Performance for Rainfall Occurrence Using Balanced Data

กานติมา เลิศวงศ์สกุลชัย* และ วันดี วณิชย์ศักดิ์พงศ์

Kantima Lertwongskulchai* and Wandee Wanishsakpong

ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

Department of Statistics, Faculty of Science, Kasetsart University, Ngamwongwan Road, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

Corresponding author E-mail: kantima.kaew@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองการจำแนกการเกิดฝนจากข้อมูลที่ผ่านการปรับสมดุล โดยพิจารณาความเหมาะสมของเทคนิคการปรับสมดุลข้อมูลร่วมกับแบบจำลองการจำแนกที่แตกต่างกัน ข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลสภาพอากาศรายวันจากสถานีตรวจวัดอากาศดอนเมือง กรุงเทพมหานคร ระหว่างวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2562 ถึงวันที่ 18 สิงหาคม พ.ศ. 2568 รวมทั้งสิ้น 2,423 วัน โดยกำหนดตัวแปรตามเป็นการเกิดฝนแบบทวิภาค (ฝนตก/ฝนไม่ตก) ตามเกณฑ์กรมอุตุนิยมวิทยาที่ 0.1 มม. เปรียบเทียบข้อมูลที่ปรับสมดุลด้วยเทคนิค SMOTE, Tomek Links และ SMOTE + Tomek จากนั้นสร้างแบบจำลองการจำแนก 2 วิธี ได้แก่ Logistic Regression (LR), Random Forest (RF) ผลการวิจัยพบว่า การปรับสมดุลโดยเทคนิค Tomek Links ให้ผลดีที่สุด ช่วยเพิ่มค่า F1-score โดยเฉพาะในคลาสส่วนน้อย (วันที่ฝนตก) และเมื่อใช้ร่วมกับแบบจำลอง Random Forest สามารถให้ค่า F1-score สูงสุดที่ 81.274% สรุปได้ว่า การจัดการข้อมูลไม่สมดุลเป็นขั้นตอนสำคัญที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการจำแนกการเกิดฝน และการใช้เทคนิค Tomek Links ร่วมกับ Random Forest เป็นแนวทางที่เหมาะสมที่สุดสำหรับข้อมูลชุดนี้

คำสำคัญ: SMOTE; Tomek Links; SMOTE+Tomek Links; Logistic Regression; Random Forest

Abstract

This research aims to comparatively study the performance of rainfall occurrence classification models using balanced data, with consideration of the suitability of different data balancing techniques in combination with various classification models. The data used consist of daily weather data collected from the Don Mueang meteorological station in Bangkok during the period from January 1, 2019 to August 18, 2025, comprising a total of 2,423 days. The dependent variable is defined as binary rainfall occurrence (rain / no rain), based on the Thai Meteorological Department's criterion of 0.1 mm. The balanced datasets are generated using SMOTE, Tomek Links, and SMOTE combined with Tomek Links. Subsequently, two classification models are developed: Logistic Regression (LR) and Random Forest (RF). The results indicate that balancing the data using the Tomek Links technique yields the best performance, particularly improving the F1-score for the minority class (rainy days). When combined with the Random Forest model, the highest F1-score of 81.274% is achieved. In conclusion, handling imbalanced data is a crucial step that significantly affects the performance of rainfall occurrence classification, and the combination of Tomek Links with Random Forest is the most suitable approach for this dataset.

Keywords: SMOTE; Tomek Links; SMOTE+Tomek Links; Logistic Regression; Random Forest

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยกำลังเผชิญกับปัญหาสภาพภูมิอากาศที่แปรปรวน โดยเฉพาะลักษณะของฝนที่ตกไม่สม่ำเสมอและยากต่อการคาดการณ์ ปัญหานี้ไม่ใช่เรื่องไกลตัว หากแต่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อชีวิตประจำวันของประชาชน เช่น ในเขตกรุงเทพมหานครซึ่งมีความหนาแน่นของประชากรและการจราจรสูง ฝนที่ตกเพียงไม่กี่ชั่วโมงอาจก่อให้เกิดน้ำท่วมขังบนถนนหลายสาย ทำให้การจราจรติดขัดยาวนาน การเดินทางไปทำงานหรือกลับบ้านล่าช้า และส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจเมืองโดยรวม นอกจากนี้ ปัญหาฝนยังเกี่ยวโยงกับการวางแผนระบบขนส่งมวลชน การจัดการระบบระบายน้ำ และการบริหารทรัพยากรน้ำในระดับเมือง การศึกษาลักษณะของการเกิดฝนจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากสามารถสนับสนุนการวางแผนเชิงนโยบายและมาตรการรับมือของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม ปัญหาหนึ่งที่มักเกิดขึ้นกับข้อมูลฝนรายวันคือ “ความไม่สมดุลของข้อมูล” (Imbalanced Data) กล่าวคือ จำนวนวันที่ไม่มีฝนมักมีมากกว่าวันที่มีฝนอย่างชัดเจน แบบจำลองการจำแนกจึงมักมีแนวโน้มทำนายว่า “ไม่ตก” เป็นส่วนใหญ่ ผลที่ตามมาคือ เมื่อฝนตกจริง แบบจำลองกลับทำนายผิดพลาด ซึ่งถือเป็นข้อจำกัดสำคัญต่อการนำไปใช้ในสถานการณ์จริง

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ปัญหาข้อมูลไม่สมดุลได้กลายเป็นประเด็นสำคัญที่นักวิจัยในสาขาวิทยาการข้อมูลและการเรียนรู้ของเครื่องให้ความสนใจอย่างต่อเนื่อง โดยมีความพยายามในการศึกษาและพัฒนาแนวทางแก้ไขหลากหลายรูปแบบ เช่น กาญจน์ และคณะ (2561) ได้ศึกษาการใช้เทคนิคการสุ่มตัวอย่างเพื่อจัดการกับข้อมูลไม่

สมดุลร่วมกับแบบจำลองหลายวิธี ได้แก่ Decision Tree, CART, Random Forest, Support Vector Machine (SVM) และ Artificial Neural Network (ANN) ผลการวิจัยพบว่าแบบจำลอง Random Forest ที่ใช้ร่วมกับ AdaBoost และ Bagging สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการจำแนกได้อย่างมีนัยสำคัญ ต่อมา กาญธนา และคณะ (2566) ได้เปรียบเทียบวิธีการปรับสมดุลข้อมูล ได้แก่ Oversampling และ Hybrid Sampling พบว่าเทคนิค Oversampling ร่วมกับ Random Forest ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด นอกจากนี้ Ramani และคณะ (2567) ได้ศึกษาการจำแนกและวิเคราะห์รูปแบบฝนโดยใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องและการเรียนรู้เชิงลึก (Machine Learning และ Deep Learning) ได้แก่ Random Forest, Multilayer Perceptron (MLP) และ Convolutional Neural Network (CNN) โดยใช้ชุดข้อมูลสภาพอากาศเมืองออสติน (Austin Weather Dataset) ผลการวิจัยพบว่าแบบจำลอง CNN ให้ค่าความถูกต้องสูงสุดและมีค่า RMSE ต่ำที่สุด แสดงถึงความสามารถในการจำแนกรูปแบบฝนได้อย่างแม่นยำ ขณะที่ Random Forest ให้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกัน โดยเฉพาะค่า RMSE ต่ำที่สุด ซึ่งสะท้อนถึงความเหมาะสมของอัลกอริทึมทั้งสองในการพยากรณ์และจำแนกปริมาณฝนเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น

จากแนวคิดและผลการศึกษาที่ผ่านมา งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษา การจำแนกข้อมูลการเกิดฝนรายวันในเขตกรุงเทพมหานคร–ดอนเมือง โดยใช้ข้อมูลที่ผ่านการปรับสมดุล เพื่อเปรียบเทียบความเหมาะสมของเทคนิคการปรับสมดุลข้อมูลร่วมกับแบบจำลองการจำแนก สำหรับการศึกษานี้ ได้ประยุกต์ใช้เทคนิคการปรับสมดุลข้อมูล 3 วิธี ได้แก่ การสุ่มเพิ่มข้อมูล (SMOTE), การสุ่มลดข้อมูล (Tomek Links) และการผสมผสาน (SMOTE + Tomek Links) จากนั้นนำข้อมูลที่ผ่านการปรับสมดุลแล้วไปสร้างแบบจำลองการจำแนก 2 วิธี ได้แก่ Logistic Regression และ Random Forest โดยประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองด้วยตัวชี้วัด Accuracy, Precision, Recall และ F1-score งานวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองภายใต้เทคนิคการปรับสมดุลข้อมูลที่แตกต่างกัน เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกวิธีที่เหมาะสมสำหรับการจำแนกการเกิดฝนจากข้อมูลสภาพอากาศรายวันในอนาคต

วิธีการดำเนินการวิจัย

(1) การเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Collection): ศึกษาข้อมูลอุณหภูมิ (°C), ความชื้นสัมพัทธ์ (%), ทิศทางลม (°), ความเร็วลม (knots), ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร) และผลลัพธ์การเกิดฝนจากกรมอุตุนิยมวิทยาในเขตกรุงเทพมหานคร-ดอนเมือง ช่วงปี 2562-2568

(2) การทำความสะอาดข้อมูล (Data cleansing): จัดการข้อมูลสูญหาย โดยการแทนที่ด้วยค่ามัธยฐาน

(3) การกำหนดตัวแปรจำแนก (Target Construction): กำหนด Rainfall Outcome เป็นตัวแปรไบนารี นิยามค่า 1 เมื่อปริมาณน้ำฝนมากกว่าหรือเท่ากับ 0.1 มม. และค่า 0 เมื่อปริมาณน้ำฝนน้อยกว่า 0.1 มม.

(4) การเตรียมข้อมูล (Data Preparation):

- การแบ่งข้อมูล Train-Test Split: แบ่งข้อมูลออกเป็น Training Set (80%) และ Test Set (20%)
- การปรับมาตรฐานข้อมูล: ฟีเจอร์เชิงตัวเลขทั้งหมดถูกปรับมาตรฐานด้วย StandardScaler ให้

มีค่าเฉลี่ย 0 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1 โดยทำการกำหนดเฉพาะบนชุดฝึก (train) แล้วจึงนำพารามิเตอร์เดียวกันไปแปลงทั้งชุดฝึกและชุดทดสอบ เพื่อลดความแตกต่างในหน่วยและขนาดของตัวแปร (Yıldırım, 2020)

(5) การวิเคราะห์และปรับสมดุลข้อมูล (Data Balancing Techniques): เนื่องจากชุดข้อมูลมีความไม่สมดุลระหว่างสองคลาส (Imbalanced Data) จึงนำเทคนิคการปรับสมดุลข้อมูลมาใช้ ดังนี้

- เทคนิค Oversampling ด้วย SMOTE ทำการสร้างตัวอย่างข้อมูลสังเคราะห์ในกลุ่มส่วนน้อย
- เทคนิค Undersampling ด้วย Tomek Links ทำการค้นหาคู่ข้อมูลที่อยู่คนละกลุ่มและเป็นเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดของกันและกันจากนั้นลบตัวอย่างที่อยู่ในกลุ่มส่วนมากออก
- เทคนิค Hybrid Method (SMOTE + Tomek Links) ใช้วิธีผสมผสาน โดยเริ่มจากการเพิ่มข้อมูลในกลุ่มส่วนน้อยด้วย SMOTE และตามด้วยการลดข้อมูลในกลุ่มส่วนมากด้วย Tomek Links เพื่อให้ได้ชุดข้อมูลที่สมดุลและมีคุณภาพมากขึ้น

(6) การสร้างแบบจำลองจำแนกข้อมูล (Classification Modeling): งานวิจัยนี้นำข้อมูลที่ผ่านการปรับสมดุลด้วยเทคนิค SMOTE, Tomek Links และ Hybrid (SMOTE + Tomek Links) ไปสร้างแบบจำลองการจำแนกการเกิดฝน โดยใช้แบบจำลอง 2 วิธี ได้แก่

- Logistic Regression (LR)
- Random Forest (RF)

(7) การประเมินประสิทธิภาพแบบจำลอง (Model Evaluation): ตัวชี้วัดประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองมี ดังนี้

- ค่าความแม่น (Accuracy)
- ค่าความเที่ยง (Precision)
- ค่าการเรียกคืน (Recall)
- ค่าความทนทาน (F1-score)

ผลการวิจัย

4.1 ข้อมูลทั่วไป

ข้อมูลเฉลี่ยรายวันของ ปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ ทิศทางลม และความเร็วลม ที่ได้จากสถานีตรวจวัดอากาศดอนเมือง กรุงเทพมหานคร จากกรมอุตุนิยมวิทยา ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2562 ถึงวันที่ 18 สิงหาคม พ.ศ. 2568 จำนวน 2,423 วัน ในสถานีตรวจวัดอากาศดอนเมือง จังหวัดกรุงเทพมหานคร ได้ผลวิเคราะห์สถิติเชิงพรรนาดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางสถิติเชิงพรรณนาของข้อมูลสภาพอากาศ

	Temperature	Relative Humidity	Wind Direction	Wind Speed	Rainfall
ค่าเฉลี่ย	29.701	70.282	181.051	18.141	3.382
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	2.073	9.676	93.938	5.600	8.867
ค่าต่ำสุด	17.000	44.000	0.000	6.000	0.000
ค่าสูงสุด	35.900	100.000	360.000	59.000	78.600
ข้อมูลสูญหาย (%)	0.62	0.00	0.62	0.62	0.62

จากตารางที่ 1 สถานีตรวจวัดอากาศดอนเมือง จังหวัดกรุงเทพมหานคร Temperature มีค่าสูงสุด 35.900 องศาเซลเซียส ต่ำสุด 17.000 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ย 29.701 องศาเซลเซียส ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.073 และเปอร์เซ็นต์ข้อมูลสูญหาย 0.62% Relative Humidity มีค่าสูงสุด 100.000% ต่ำสุด 44.000% ค่าเฉลี่ย 70.282% ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 9.676 และเปอร์เซ็นต์ข้อมูลสูญหาย 0.00% Wind Direction มีค่าสูงสุด 360.000 องศา ต่ำสุด 0.000 องศา ค่าเฉลี่ย 181.051 องศา ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 93.938 และเปอร์เซ็นต์ข้อมูลสูญหาย 0.62% Wind Speed มีค่าสูงสุด 59.000 เมตรต่อวินาที ต่ำสุด 6.000 เมตรต่อวินาที ค่าเฉลี่ย 18.141 เมตรต่อวินาที ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 5.600 และเปอร์เซ็นต์ข้อมูลสูญหาย 0.62% Rainfall มีค่าสูงสุด 78.600 มิลลิเมตร ต่ำสุด 0.000 มิลลิเมตร ค่าเฉลี่ย 3.382 มิลลิเมตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 8.867 และเปอร์เซ็นต์ข้อมูลสูญหาย 0.62%

4.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแบบจำลองการจำแนกบนชุดข้อมูลที่ปรับสมดุลด้วยวิธี SMOTE

ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแบบจำลองการจำแนกของเทคนิคการจำแนกทั้ง 2 เทคนิค บนชุดข้อมูลที่ปรับสมดุลด้วยวิธี SMOTE แสดงผลลัพธ์ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแบบจำลองการจำแนกบนชุดข้อมูลที่ปรับสมดุลด้วยวิธี SMOTE

เทคนิค	ชุดข้อมูลเรียนรู้				ชุดข้อมูลทดสอบ			
การจำแนก	Pre	Re	F1	Acc	Pre	Re	F1	Acc
LR	0.823	0.823	0.823	0.823	0.800	0.792	0.794	0.792
RF	0.901	0.901	0.901	0.901	0.786	0.777	0.780	0.777

จากตารางที่ 2 เมื่อพิจารณาผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแบบจำลองบนชุดข้อมูลที่ปรับสมดุลด้วยวิธี SMOTE ภายใต้ชุดข้อมูลเรียนรู้ พบว่าแบบจำลอง RF ให้ผลลัพธ์สูงที่สุด โดยมีค่า F1-score เท่ากับ 90.1%

รองลงมาคือ LR เท่ากับ 82.3% ส่วนผลบนชุดข้อมูลทดสอบพบว่า LR มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยให้ค่า F1-score เท่ากับ 79.4% รองลงมาคือ RF เท่ากับ 78.0%

4.3 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแบบจำลองการจำแนกบนชุดข้อมูลที่ปรับสมดุลด้วยวิธี Tomek Links

ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแบบจำลองการจำแนกของเทคนิคการจำแนกทั้ง 2 เทคนิค บนชุดข้อมูลที่ปรับสมดุลด้วยวิธี Tomek Links แสดงผลลัพธ์ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแบบจำลองการจำแนกบนชุดข้อมูลที่ปรับสมดุลด้วยวิธี Tomek Links

เทคนิค	ชุดข้อมูลเรียนรู้				ชุดข้อมูลทดสอบ			
การจำแนก	Pre	Re	F1	Acc	Pre	Re	F1	Acc
LR	0.851	0.852	0.851	0.852	0.803	0.804	0.803	0.804
RF	0.897	0.897	0.895	0.897	0.812	0.814	0.813	0.814

จากตารางที่ 3 เมื่อพิจารณาผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแบบจำลองบนชุดข้อมูลที่ปรับสมดุลด้วยวิธี Tomek Links ภายใต้ชุดข้อมูลเรียนรู้ พบว่าแบบจำลอง RF ให้ผลลัพธ์ดีที่สุด โดยมีค่า F1-score เท่ากับ 89.5% รองลงมาคือ LR เท่ากับ 85.1% ส่วนผลบนชุดข้อมูลทดสอบพบว่า RF ยังคงมีค่า F1-score สูงที่สุดที่ 81.3% รองลงมาคือ LR เท่ากับ 80.3%

4.4 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแบบจำลองการจำแนกบนชุดข้อมูลที่ปรับสมดุลด้วย วิธี Hybrid (SMOTE + Tomek Links)

ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแบบจำลองการจำแนกของเทคนิคการจำแนกทั้ง 2 เทคนิค บนชุดข้อมูลที่ปรับสมดุลด้วยวิธี Hybrid (SMOTE + Tomek Links) นั้นจะแสดงผลลัพธ์ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแบบจำลองการจำแนกบนชุดข้อมูลที่ปรับสมดุลด้วย วิธี Hybrid (SMOTE + Tomek Links)

เทคนิค	ชุดข้อมูลเรียนรู้				ชุดข้อมูลทดสอบ			
การจำแนก	Pre	Re	F1	Acc	Pre	Re	F1	Acc
LR	0.839	0.838	0.838	0.838	0.800	0.792	0.795	0.792
RF	0.910	0.910	0.910	0.910	0.790	0.784	0.786	0.784

จากตารางที่ 4 เมื่อพิจารณาผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแบบจำลองบนชุดข้อมูลที่ปรับสมดุลด้วยวิธี SMOTE+Tomek Links ภายใต้ชุดข้อมูลเรียนรู้ พบว่าแบบจำลอง RF ให้ค่า F1-score สูงที่สุดที่ 91.0% รองลงมาคือ LR เท่ากับ 83.8% ส่วนผลบนชุดข้อมูลทดสอบ พบว่า LR ให้ผลลัพธ์สูงที่สุด โดยมีค่า F1-score เท่ากับ 79.5% ในขณะที่ RF มีค่าต่ำสุดที่ 78.6%

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่า การปรับสมดุลข้อมูลด้วยเทคนิค Tomek Links ให้ประสิทธิภาพในการจำแนกการเกิดฝนสูงที่สุด โดยเฉพาะเมื่อใช้ร่วมกับแบบจำลอง Random Forest ซึ่งให้ค่า F1-score สูงสุด ทั้งนี้เนื่องจาก Tomek Links สามารถช่วยลดความซ้ำซ้อนและความไม่ชัดเจนของข้อมูลบริเวณรอยต่อระหว่างคลาสฝนตกและฝนไม่ตก ทำให้แบบจำลองเรียนรู้ขอบเขตการจำแนกได้ชัดเจนยิ่งขึ้น นอกจากนี้ Random Forest เป็นแบบจำลองที่มีความยืดหยุ่นสูงและสามารถจัดการกับความสัมพันธ์เชิงซับซ้อนของตัวแปรสภาพอากาศได้ดี จึงเหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลชุดนี้ อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยอาจมีข้อจำกัดจากช่วงเวลาของข้อมูลและตัวแปรที่นำมาใช้ ซึ่งอาจส่งผลต่อความสามารถในการนำผลลัพธ์ไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่หรือช่วงเวลาอื่น

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองการจำแนกการเกิดฝนจากข้อมูลที่ผ่านการปรับสมดุล โดยประยุกต์ใช้เทคนิคการปรับสมดุลข้อมูล 3 วิธี ได้แก่ SMOTE, Tomek Links และ SMOTE+Tomek Links ร่วมกับแบบจำลอง Logistic Regression (LR) และ Random Forest (RF) ข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลสภาพอากาศรายวันจากสถานีตรวจวัดอากาศดอนเมือง กรุงเทพมหานคร ระหว่างวันที่ 1 มกราคม 2562 ถึง 18 สิงหาคม 2568 รวมทั้งสิ้น 2,423 วัน โดยแบ่งข้อมูลออกเป็นชุดฝึกและชุดทดสอบในอัตราส่วน 80:20

ผลการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองโดยใช้ค่า F1-score พบว่าแบบจำลอง Random Forest ให้ผลลัพธ์ดีกว่า Logistic Regression ในทุกกรณีของการปรับสมดุลข้อมูล โดยเฉพาะเมื่อใช้ร่วมกับเทคนิค Tomek Links ซึ่งให้ค่า F1-score สูงสุดเท่ากับ 81.247% แสดงให้เห็นว่าเทคนิคดังกล่าวสามารถช่วยลดความซ้ำซ้อนของข้อมูลในคลาสส่วนมาก และส่งผลให้แบบจำลองสามารถจำแนกคลาสส่วนน้อยได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับเทคนิค SMOTE และ SMOTE+Tomek Link

โดยสรุป การปรับสมดุลข้อมูลด้วยเทคนิค Tomek Links ร่วมกับแบบจำลอง Random Forest ให้ประสิทธิภาพในการจำแนกการเกิดฝนสูงที่สุดในงานวิจัยนี้ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า การเลือกใช้เทคนิคการปรับสมดุลข้อมูลที่เหมาะสมควบคู่กับแบบจำลองที่สอดคล้องกับลักษณะของข้อมูล มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาแบบจำลองเพื่อจำแนกเหตุการณ์การเกิดฝนได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความน่าเชื่อถือ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันดี วณิชย์ศักดิ์พงศ์ สำหรับคำปรึกษาและข้อแนะนำในการจัดทำโครงงาน ตลอดจนแหล่งข้อมูลจากบทความ งานวิจัย และสำนักงานกรมอุตุนิยมวิทยา ที่สนับสนุนข้อมูลสำคัญซึ่งช่วยให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

Boehmke, B., and B.M. Greenwell. 2020. Hands-on Machine Learning with R. 1st Edition. CRC Press.

Fernández, A., S. García, M. Galar, R.C. Prati, B. Krawczyk, and F. Herrera. 2018. Learning from Imbalanced Data Sets. Springer.

García, S., J. Luengo, and F. Herrera. 2015. Data Preprocessing in Data Mining. Springer.

Han, J., M. Kamber, and J. Pei. 2022. Data Mining: Concepts and Techniques. 4th Edition. Morgan Kaufmann.

Kulkarni, V., A. Sinha, and A. Smola. 2021. Foundations of Data Imbalance and Solutions for a Data Democracy. Academic Press.

Nahm, F.S. 2022. Receiver operating characteristic curve: Overview and practical use for clinicians. Korean Journal of Anesthesiology. 75: 25–36.

Probst, P., and A.-L. Boulesteix. 2017. To tune or not to tune the number of trees in random forest? Available: https://doi.org/10.48550/arXiv.1705.05654. Accessed January 15, 2026.

การจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าโดยใช้ตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย กรณีศึกษา บริษัท QRS จำกัด

Transportation Route Optimization Using the Traveling Salesman Problem Model: A Case Study of QRS Co., Ltd.

ริศภพ ตรีสุวรรณ[1*] วัชรพล วงศ์จันทร์[2]

Rissaphop Treesuwan[1*] Watcharaphon Wongjun[2]

[1] คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ 13180

[1] Faculty of Industrial Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under The Royal Patronage 13180

*Corresponding author E-mail: rissaphop.tree@vru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดระยะทางในการขนส่งสินค้าและต้นทุนในการจัดส่งสินค้าของ บริษัท QRS จำกัด จากที่ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลมานั้นพบว่าบริษัทมีปัญหาทางด้านการส่งมอบสินค้าไม่ทันตามกำหนดเวลาหรือส่งมอบสินค้าล่าช้า จากนั้นผู้วิจัยได้นำเครื่องมือแผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram) มาวิเคราะห์ปัญหาเพื่อให้ทราบถึงปัญหาการที่เกิดขึ้นอย่างแท้จริง จากการวิเคราะห์ปัญหา พบว่าบริษัทไม่ตรวจสอบค่ากิโลที่พนักงานจัดส่งสินค้าได้วิ่ง จากปัญหานี้ผู้วิจัยจึงได้สร้างตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling salesman problem : TSP) นำมาใช้ในงานวิจัยเพื่อทำการเปรียบเทียบระยะทางที่พนักงานจัดส่งสินค้าได้วิ่งจริง ซึ่งมีผลต่อระยะทางในการจัดส่งสินค้าที่เพิ่มขึ้นและต้นทุนการขนส่งสินค้าของบริษัทที่เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ผลจากการดำเนินงานทำให้ระยะทางในการขนส่งสินค้าจากเดิม 6,451.6 กิโลเมตร เหลือ 5,485.9 กิโลเมตร.ลดลง 965.7 กิโลเมตร.คิดเป็น 14.97% และต้นทุนการขนส่งสินค้าลดลงจากเดิม 16,129.00 บาท เหลือ 13,714.75 บาท ลดลง 2,414.25 บาท คิดเป็น 14.97%)

คำสำคัญ : ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย, การจัดเส้นทางการขนส่งสินค้า, แผนผังก้างปลา

Abstract

The objective of this research was to reduce transportation distance and delivery costs of QRS Co., Ltd. Based on data collected by the researcher, it was found that the company experienced problems related to late deliveries and failure to deliver goods within the scheduled time. To identify the root causes of these problems, a Fishbone Diagram was employed as an

analytical tool. The analysis revealed that the company did not verify the actual distance traveled by delivery personnel. As a result, inefficiencies in transportation routes led to increased delivery distances and higher transportation costs. To address this issue, the researcher applied the Traveling Salesman Problem (TSP) model and compared the optimized routes with the actual distances traveled by delivery personnel. The results showed that the optimized routes significantly reduced both transportation distance and costs. Specifically, the total transportation distance was reduced from 6,451.6 kilometers to 5,485.9 kilometers, representing a reduction of 965.7 kilometers or 14.97%. Correspondingly, transportation costs decreased from 16,129.00 baht to 13,714.75 baht, a reduction of 2,414.25 baht or 14.97%.

Keywords : Traveling Salesman Problem, Transportation Route Planning, Fishbone Diagram

บทนำ

ในปัจจุบัน เทคโนโลยีมีความก้าวหน้าอย่างรวดเร็วจากการพัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้สังคมก้าวเข้าสู่ยุคที่เทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญต่อการดำรงชีวิต จะเห็นได้ว่าการติดต่อสื่อสารสามารถเชื่อมโยงถึงกันได้ทั่วทุกมุมโลกผ่านทางอินเทอร์เน็ต โดยอุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมโยงข้อมูลข่าวสาร ได้แก่ เครื่องคอมพิวเตอร์ โทรศัพท์มือถือ และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ การติดต่อสื่อสารและการแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ รวมถึงการปฏิบัติงานในองค์กร

บริษัท **QRS** จำกัด เป็นบริษัทที่จำหน่ายอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ และมีหลายสาขาครอบคลุมทุกภูมิภาคของประเทศ ธุรกิจมีการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่องในยุคเทคโนโลยีสมัยใหม่ ความต้องการของลูกค้ามีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ยอดขายเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยบริษัทมีช่องทางการสั่งซื้อสินค้าผ่านระบบอ อนไลน์ หรือที่เรียกว่า พาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ (**E-Commerce)** ซึ่งเป็นการดำเนินธุรกิจผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ที่มีความสะดวกและรวดเร็ว ในปัจจุบัน **E-Commerce** มีการเติบโตอย่างก้าวกระโดด ทั้งในกลุ่มผู้ประกอบการและผู้บริโภคต่างให้ความสนใจเป็นอย่างมาก จากผลการสำรวจพบว่า มูลค่าพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ของประเทศไทยในปี พ.ศ. **2568** มีมูลค่ากว่า **1.07** ล้านล้านบาท ซึ่งแสดงให้เห็นถึงกระแสการตอบรับในการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์ที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง **(Bangkok Post, 2025; Nation Thailand, 2025).**

แม้ว่าการสั่งซื้อสินค้าผ่านช่องทางออนไลน์จะช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านหน้าร้าน แต่ยังคงมีค่าใช้จ่ายในด้านการขนส่งสินค้าไปยังลูกค้าในพื้นที่ต่าง ๆ โดยเฉพาะในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล เพื่อให้สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากการปฏิบัติงาน ผู้วิจัยพบว่าบริษัทประสบปัญหาเกี่ยวกับการส่งมอบสินค้าที่ล่าช้า ซึ่งจำเป็นต้องได้รับการแก้ไขด้วยการจัดการ ควบคุม และวางแผนที่เหมาะสม (ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญของการบริหารจัดการด้านการขนส่งสินค้า **(Tan et al., 2021; Vidal et al., 2020).** เพื่อให้สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างสูงสุด และสร้างความพึงพอใจให้แก่ลูกค้าใน

ระยะยาว เนื่องจากการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์มีความสะดวกและรวดเร็ว การเข้าถึงสินค้าไอทีจึงเป็นเรื่องง่าย ส่งผลให้ความต้องการสินค้าในกลุ่มนี้มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง การส่งมอบสินค้าที่ล่าช้าส่งผลกระทบต่อคุณภาพการให้บริการขององค์กร และมีผลต่อการตัดสินใจใช้บริการของลูกค้าในอนาคต ดังนั้น การสร้างความพึงพอใจให้แก่ลูกค้าจึงเป็นการรักษาระดับคุณภาพการให้บริการขององค์กร ผู้วิจัยจึงเห็นควรให้มีการปรับปรุงและแก้ไขกระบวนการจัดส่งสินค้าให้สามารถส่งมอบสินค้าได้ตรงตามเวลาที่กำหนด และสร้างความพึงพอใจสูงสุดให้แก่ลูกค้า จึงเป็นที่มาของความสนใจในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้หลักการของ ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem: TSP) เพื่อเปรียบเทียบระยะทางการขนส่งสินค้า โดย TSP เป็นปัญหาการหาลำดับเส้นทางที่สั้นที่สุดในการเยี่ยมจุดหมายทั้งหมดและกลับสู่จุดเริ่มต้น ซึ่งมีการประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในงานด้านโลจิสติกส์และการจัดเส้นทาง (Alanzi, 2025).โดยศึกษารูปแบบการขนส่งสินค้าด้วยรถจักรยานยนต์ (Messenger) ของบริษัท QRS จำกัด ซึ่งให้บริการจัดส่งสินค้าในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล รวม 5 จังหวัด ได้แก่ กรุงเทพมหานคร ปทุมธานี นนทบุรี พระนครศรีอยุธยา และสมุทรปราการ โดยมีรายละเอียดของข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยดังต่อไปนี้

1 วิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางที่ไม่เหมาะสม

จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้น พบว่าบริษัทมีปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าออนไลน์ที่ไม่เหมาะสม ส่งผลให้ระยะทางในการขนส่งเพิ่มขึ้น และต้นทุนการขนส่งสูงขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากบริษัทไม่มีระบบการจัดเส้นทางที่ชัดเจน แต่ใช้การจัดส่งตามความเคยชินของพนักงาน ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่าควรมีการควบคุมและปรับปรุงกระบวนการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยใช้แผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram)

ในการวิเคราะห์ปัญหา ผู้วิจัยใช้แผนผังก้างปลา โดยกำหนดหัวปลาเป็นปัญหา “ระยะทางในการขนส่งสินค้าไม่เหมาะสม” และใช้หลักการวิเคราะห์แบบ 4M1E เพื่อค้นหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาที่เกิดขึ้น (Coccia, 2017; Kumah, 2024)

2 การเก็บรวบรวมข้อมูลของบริษัท QRS จำกัด

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ใช้ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการบันทึกการจัดส่งสินค้าของบริษัท QRS จำกัด ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2568 โดยเป็นข้อมูลการจัดส่งสินค้าด้วยรถจักรยานยนต์ (Messenger) ข้อมูลที่ผู้วิจัยรวบรวมได้เป็นข้อมูลที่บันทึกจากใบงานการจัดส่งสินค้าทั้งหมดของพนักงานจัดส่งตลอดทั้งเดือน จากนั้นนำข้อมูลดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณตามทฤษฎี TSP เพื่อเปรียบเทียบระยะทางที่พนักงานจัดส่งสินค้าใช้จริงกับระยะทางที่ได้จากการจัดเส้นทางตาม TSP

3. การเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุง

ผู้วิจัยทำการเปรียบเทียบจำนวนและร้อยละของการระยะทางขนส่งสินค้าก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการ เพื่อประเมินผลลัพธ์ของการนำแนวทางที่เสนอไปใช้

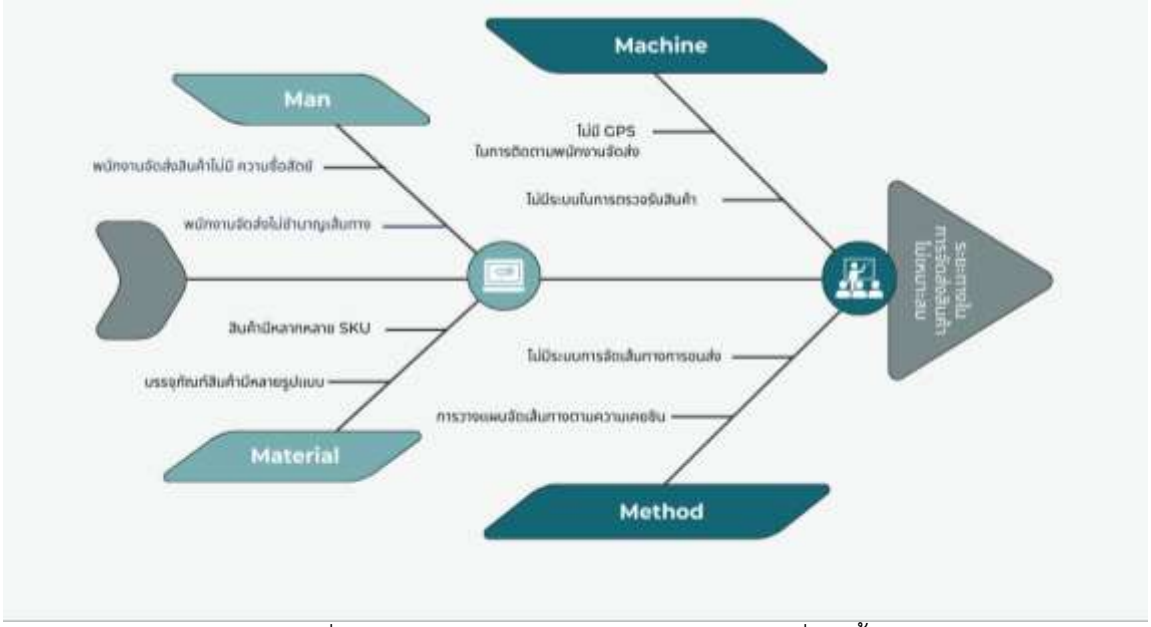
4 สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยทำให้ทราบถึงการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยสามารถลดระยะทางในการขนส่งสินค้าและต้นทุนค่าขนส่งสินค้า

ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าโดยใช้ตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (*Traveling Salesman Problem: TSP)* กับการจัดส่งสินค้าของบริษัท *QRS* จำกัด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดระยะทางในการขนส่งสินค้าและลดต้นทุนค่าขนส่งให้สอดคล้องกับสภาพการปฏิบัติงานจริง จากการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นพบว่ากระบวนการทำงานภายในมีความล่าช้า และเกิดปัญหาในการจัดเส้นทางการขนส่งที่ยังไม่มีระบบที่เหมาะสม ผู้วิจัยจึงนำแนวคิดตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขายมาใช้เพื่อเปรียบเทียบระยะทางและต้นทุนก่อน–หลังการปรับปรุง โดยมีผลการวิจัยดังนี้

1.การวิเคราะห์ปัญหา ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์และค้นหาสาเหตุของปัญหาการส่งมอบสินค้าล่าช้าและไม่ทันตามกำหนดเวลา โดยใช้แผนผังก้างปลา (*Cause-and-Effect Diagram / Fishbone Diagram)* ตามหลักการ 4*M1E* เพื่อระบุสาเหตุของปัญหาอย่างเป็นระบบ อย่างไรก็ตาม ในการวิเคราะห์ครั้งนี้ผู้วิจัยมุ่งเน้นปัจจัยหลัก 4 ด้าน ได้แก่ *Man, Machine, Material* และ *Method* ผลการวิเคราะห์พบว่า ปัญหาความล่าช้ามิได้เกิดจากแผนกจัดส่งสินค้าโดยตรง แต่เกิดขึ้นในขั้นตอนการบรรจุสินค้า (*Packing)* เป็นหลักเนื่องจากต้องรอการเบิกสินค้าในกรณีที่สินค้าไม่มีพร้อมขาย ณ จุดจัดเก็บหลัก ทำให้เกิดการรอคอยสินค้า ซึ่งต้องรอให้พนักงานขนส่งนำสินค้าที่เบิกจากสาขาอื่นกลับมายังสำนักงานใหญ่ก่อนจึงจะสามารถดำเนินการบรรจุสินค้าได้ จากนั้นจึงส่งต่อให้แผนกจัดส่งเพื่อนำสินค้าไปส่งให้ลูกค้าส่งผลให้เกิดความล่าช้าในกระบวนการโดยรวม นอกจากนี้ยังพบปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะทางในการจัดส่ง เช่น



ภาพที่ 1 แสดงแผนผังก้างปลาของสาเหตุปัญหาที่เกิดขึ้น

2 การศึกษากระบวนการทำงานภายใน กระบวนการทำงานตั้งแต่ลูกค้าสั่งซื้อสินค้า–จนถึงสินค้าถึงมือลูกค้า (*Workflow)* โดยผู้วิจัยได้ศึกษากระบวนการทำงานตั้งแต่ลูกค้าสั่งซื้อสินค้าผ่านเว็บไซต์จนถึงขั้นตอนการส่งมอบสินค้า เพื่อวิเคราะห์จุดที่ก่อให้เกิดความล่าช้า โดยกระบวนการสรุปได้ดังนี้

2.1 ฝ่ายขายรับคำสั่งซื้อผ่านเว็บไซต์ และแจ้งวัน–เวลาจัดส่งให้ลูกค้ารับทราบ (ชำระเงินได้หลายช่องทาง เช่น บัตรเครดิต เงินสดปลายทาง หรือโอนเงิน)

2.2 ตรวจสอบข้อมูลการจัดส่งและข้อมูลใบกำกับภาษี (*VAT)* รวมถึงตรวจสอบความถูกต้องของรายการสินค้า

2.3 ส่งข้อมูลให้ทีม *Packing Online* เพื่อเตรียมรายการสินค้า

2.4 ดำเนินการเบิกสินค้า โดยมีคลังเฉพาะสำหรับออนไลน์ หากสินค้าไม่พร้อมต้องเบิกจากสาขาใกล้เคียงหรือสาขาต่างจังหวัด ทำให้ต้องใช้เวลาในการรอสินค้า

2.5 หากพบว่าสินค้าไม่พร้อมขาย/ชำรุด/หรือไม่สามารถหาได้ ต้องแจ้งฝ่ายขายเพื่อประสานงานกับลูกค้า (เปลี่ยนรุ่น รอสินค้า หรือคืนเงิน)

2.6 พิมพ์ใบออเดอร์และตรวจสอบข้อมูลลูกค้าให้ครบถ้วน

2.7 จัดสินค้าและตรวจสอบก่อนบรรจุ

2.8 เปิดบิล/ใบกำกับภาษีให้ถูกต้องตรงตามข้อมูลลูกค้า

2.9 บรรจุสินค้าและส่งมอบให้ฝ่ายจัดส่ง พร้อมลงนามรับ–ส่งงาน

2.10 จ่ายงานให้พนักงานขนส่งตามพื้นที่และเส้นทางที่กำหนด

2.11 ติดตามสถานะการจัดส่งอย่างต่อเนื่องเพื่อป้องกันความล่าช้า

3. กระบวนการจัดส่งสินค้า (แผนกจัดส่ง)

ขั้นตอนการทำงานของแผนกจัดส่งเริ่มจากการรับสินค้าจากฝ่าย *Packing* และยืนยันการรับมอบ จากนั้นใช้เครื่องสแกนบาร์โค้ดเพื่อบันทึกข้อมูล ทำการรวบรวมงาน (*Consolidation)* จัดกลุ่มปลายทางที่ใกล้เคียงกัน และวางแผนลำดับการส่งก่อน–หลังให้เหมาะสม ก่อนจ่ายงานให้พนักงานขนส่งนำส่งสินค้าให้ลูกค้าภายในเวลาที่กำหนด ทั้งนี้ พนักงานขนส่งต้องบันทึกรายละเอียดการปฏิบัติงาน เช่น เวลาออก–เข้า เลขไมล์ ระยะทาง จุดส่ง และการรับชำระเงิน เพื่อใช้เป็นข้อมูลคำนวณค่าใช้จ่ายและตรวจสอบประสิทธิภาพการจัดส่ง

4. ผลการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งโดยใช้ตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลเส้นทางการจัดส่งจริงของบริษัท *QRS* จำกัด ช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2568 ซึ่งประกอบด้วยเส้นทางทั้งหมด 37 เส้นทาง มาทำการเปรียบเทียบกับผลการจัดเส้นทางด้วยตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขายเพื่อประเมินผลด้านระยะทางและต้นทุนค่าขนส่ง

ตารางที่ *1* แสดงเส้นทางของการขนส่งสินค้าในวันที่ *1*

DAY	การจัดเส้นทางแบบเดิม			การจัดเส้นทางแบบ TSP		
	เส้นทาง	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ค่าขนส่ง (บาท)	เส้นทาง	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ค่าขนส่ง (บาท)
1	0-1-2-3-4-0	89.60	224.00	0-3-4-9-5-0	66.2	165.50
	0-5-6-7-8-0	91.20	228.00	0-7-6-8-10-0	88.8	222.00
	0-9-10-0	60.00	150.00	0-12-11-0	106.0	265.00
	0-11-12-0	106.00	265.00	0-2-1-0	78.4	196.00
	รวม	346.80	867.00	รวม	339.40	848.50
หมายเหตุ : อัตราค่าขนส่ง 2.50 บาท/กิโลเมตร						

ตารางที่ *2* แสดงเส้นทางของการขนส่งสินค้าในวันที่ *2*

DAY	การจัดเส้นทางแบบเดิม			การจัดเส้นทางแบบ TSP		
	เส้นทาง	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ค่าขนส่ง (บาท)	เส้นทาง	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ค่าขนส่ง (บาท)
2	0-1-2-3-0	101.00	252.50	0-10-1-12-0	54.6	136.50
	0-4-5-6-0	96.40	241.00	0-4-13-9-0	88.3	220.75
	0-7-8-9-0	87.40	218.50	0-8-5-7-0	82.5	206.25
	0-10-11-0	106.00	265.00	0-2-3-0	96.5	241.25
	0-12-13-0	63.30	158.25	0-6-11-0	143.8	359.50
	รวม	454.10	1,135.25	รวม	465.70	1,164.25
หมายเหตุ : อัตราค่าขนส่ง 2.50 บาท/กิโลเมตร						

ตารางที่ *3* แสดงเส้นทางของการขนส่งสินค้าในวันที่ *3*

DAY	การจัดเส้นทางแบบเดิม			การจัดเส้นทางแบบ TSP		
	เส้นทาง	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ค่าขนส่ง (บาท)	เส้นทาง	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ค่าขนส่ง (บาท)
3	0-1-2-3-0	126.00	315.00	0-8-6-7-0	116.9	292.25
	0-5-4-0	89.40	223.50	0-6-9-0	111.8	279.50
	0-6-7-0	115.50	288.75	0-12-11-0	60.7	151.75
	0-8-9-0	104.00	260.00	0-10-3-0	98.0	245.00
	0-10-11-12-0	66.50	166.25	0-2-3-4-0	141.2	353.00
	รวม	501.40	1,253.50	รวม	528.60	1,321.50
หมายเหตุ : อัตราค่าขนส่ง 2.50 บาท/กิโลเมตร						

ตารางที่ *4* แสดงเส้นทางของการขนส่งสินค้าในวันที่ *4*

DAY	การจัดเส้นทางแบบเดิม			การจัดเส้นทางแบบ TSP		
	เส้นทาง	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ค่าขนส่ง (บาท)	เส้นทาง	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ค่าขนส่ง (บาท)
4	0-1-2-0	70.00	175.00	0-7-8-0	51.2	128.00
	0-3-4-0	90.70	226.75	0-1-2-0	70.0	175.00
	0-5-6-0	74.70	186.75	0-5-6-0	74.7	186.75
	0-7-8-0	51.20	128.00	0-4-3-0	90.7	226.75
	รวม	286.60	716.50	รวม	286.60	716.50
หมายเหตุ : อัตราค่าขนส่ง 2.50 บาท/กิโลเมตร						

ตารางที่ *5* แสดงเส้นทางของการขนส่งสินค้าในวันที่ *5*

DAY	การจัดเส้นทางแบบเดิม			การจัดเส้นทางแบบ TSP		
	เส้นทาง	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ค่าขนส่ง (บาท)	เส้นทาง	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ค่าขนส่ง (บาท)
5	0-1-2-3-4-0	222.7	556.75	0-16-14-9-13-0	52.6	131.5
	0-5-6-0	83.9	209.75	0-6-15-0	61.5	153.75
	0-7-8-0	83.2	208	0-5-10-0	126.5	316.25
	0-9-10-0	78.2	195.5	0-1-17-0	77.2	193
	0-11-12-0	99.3	248.25	0-8-7-0	83.2	208
	0-13-14-15-0	57.3	143.25	0-12-11-4-0	124.4	311
	0-16-17-0	85.8	214.5	0-2-3-0	137.2	343
	รวม	710.40	1,776.00	รวม	662.60	1,656.50
หมายเหตุ : อัตราค่าขนส่ง 2.50 บาท/กิโลเมตร						

ผลการวิเคราะห์พบว่า เมื่อปรับปรุงเส้นทางด้วยตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย ระยะทางรวมในการขนส่งลดลงอย่างชัดเจน โดยระยะทางรวมลดลงจาก 6,451.6 กิโลเมตร เหลือ 5,485.9 กิโลเมตร ลดลง 965.7 กิโลเมตร คิดเป็น 14.97% และส่งผลให้ต้นทุนค่าขนส่งลดลงจากเดิม 16,129.00 บาท เหลือ 13,714.75 บาท ลดลง 2,414.25 บาท คิดเป็น 14.97%

จากผลดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า การใช้ตัวแบบในการจัดเส้นทางการขนส่งช่วยลดทั้งระยะทางและต้นทุนได้อย่างมีนัยสำคัญ และสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบจัดเส้นทางการจัดส่งสินค้าให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในอนาคต (Tan et al., 2021; Vidal et al., 2020).

วิจารณ์ผล

ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า การประยุกต์ใช้ตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (TSP) สามารถช่วยลดระยะทางและต้นทุนค่าขนส่งของบริษัท QRS จำกัด ได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยผลที่ได้สอดคล้องกับแนวคิดในงานวิจัยด้านการจัดเส้นทางขนส่งที่ระบุว่า “การวางแผนเส้นทางอย่างเป็นระบบ” เป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยลดต้นทุนเชิงปฏิบัติการ และเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการในบริบทโลจิสติกส์และซัพพลายเชน (Vidal et al., 2020; Tan et al., 2021).

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาเชิงวิพากษ์ พบว่าปัญหาการส่งมอบล่าช้าในกรณีศึกษานี้ไม่ได้เกิดจากการจัดส่งเพียงอย่างเดียว แต่เกี่ยวข้องกับกระบวนการก่อนจัดส่ง เช่น การรอเบิกสินค้าและขั้นตอนการบรรจุสินค้า ซึ่งเป็น “คอขวดของกระบวนการ (bottleneck)” การใช้แผนผังก้างปลาเพื่อวิเคราะห์สาเหตุจึงมีความเหมาะสม เพราะสามารถแยกปัจจัยเชิงระบบและแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุได้ชัดเจน (Coccia, 2017; Kumah, 2024).

ข้อสังเกตสำคัญคือ แบบจำลอง TSP มีสมมติฐานว่าการเดินทางมีเป้าหมายเพื่อทำให้ระยะทางรวมสั้นที่สุด แต่ในการปฏิบัติงานจริง การจัดส่งสินค้าในเมืองใหญ่มีข้อจำกัดอื่นร่วมด้วย เช่น เวลาเร่งด่วน ข้อจำกัดเวลา (time windows) ความแออัด การจัดกลุ่มงาน (consolidation) หรือเงื่อนไขการรับชำระเงินปลายทาง เป็นต้น ซึ่งเป็นลักษณะใกล้เคียง “ปัญหาการจัดเส้นทางรถ (Vehicle Routing Problem: VRP)” มากกว่า TSP ในบางกรณี งานทบทวนวรรณกรรมด้าน VRP ชี้ว่าการเพิ่มข้อจำกัดดังกล่าวเข้าไปในโมเดลมักสะท้อนสภาพจริงได้ดีกว่า และให้ผลลัพธ์ที่นำไปใช้เชิงปฏิบัติได้สูงขึ้น (Vidal et al., 2020; Tan et al., 2021).

ด้านข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในอนาคต ควรพัฒนาแบบจำลองจาก TSP ไปสู่ VRP หรือรูปแบบที่มีข้อจำกัดเวลา/สภาพจราจร รวมถึงบูรณาการข้อมูลจริงจากการติดตามตำแหน่ง (เช่น GPS) เพื่อตรวจสอบระยะทางที่เกิดขึ้นจริงและลดความคลาดเคลื่อนของข้อมูล นอกจากนี้ควรศึกษาการปรับปรุงกระบวนการก่อนการจัดส่งควบคู่กัน เช่น การลดความสูญเปล่าในขั้นตอนเตรียมงาน/บรรจุ/เบิกสินค้า โดยอาศัยแนวคิด Lean และหลักการ ECRS ซึ่งงานวิจัยด้านการปรับปรุงกระบวนการด้วย ECRS รายงานว่าสามารถลดกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าและลดเวลาในกระบวนการได้ (Suhardi et al., 2019).

ในเชิงการนำไปใช้ประโยชน์ ผลการวิจัยสามารถใช้เป็นแนวทางให้บริษัทจัดทำมาตรฐานการวางแผนเส้นทาง (routing guideline) และระบบตรวจสอบระยะทางการวิ่งงาน รวมถึงใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจลงทุนระบบติดตาม/จัดเส้นทาง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการส่งมอบและยกระดับคุณภาพบริการ ซึ่งมีความสำคัญมากขึ้นตามการเติบโตของอีคอมเมิร์ซในประเทศไทย (Bangkok Post, 2025; Nation Thailand, 2025).

สรุปผล

จากการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าของบริษัท QRS จำกัด กระบวนการดำเนินงานวิจัยเริ่มจากการศึกษากระบวนการทำงานตั้งแต่ขั้นตอนที่ลูกค้าสั่งซื้อสินค้าผ่านช่องทางออนไลน์จนถึงขั้นตอนการจัดส่งสินค้าให้ถึงมือลูกค้า รวมถึงการศึกษากระบวนการทำงานของแผนกจัดส่งสินค้าในด้านการจ่ายงานให้พนักงานจัดส่งสินค้า จากนั้นนำเครื่องมือแผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram) มาใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่แท้จริง (Coccia, 2017; Kumah, 2024).

เมื่อมีการนำเสนอแนวทางการปรับปรุงขั้นตอนการทำงานและเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุง พบว่าระยะเวลาในการดำเนินงานลดลงอย่างชัดเจน กระบวนการทำงานมีความรวดเร็วและเป็นระบบมากขึ้น ส่งผลให้สินค้าพร้อมจัดส่งได้เร็วขึ้น และการจัดส่งสินค้ามีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (Tan et al., 2021; Vidal et al., 2020).

จากผลการวิจัยดังกล่าว ยังส่งผลเชิงบวกต่อความพึงพอใจของลูกค้าและการตัดสินใจใช้บริการในครั้งต่อไป ช่วยยกระดับคุณภาพการให้บริการของบริษัท และสร้างความเชื่อมั่นให้แก่ลูกค้าว่าจะได้รับการบริการที่มีประสิทธิภาพ สามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้อย่างรวดเร็วและตรงตามเวลาที่กำหนด ซึ่งนำไปสู่การสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันและการเจริญเติบโตทางการตลาดอย่างมั่นคงในระยะยาว

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัย ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และคณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ที่ส่งเสริมและสนับสนุนในการนำเสนอผลงานวิจัยในครั้ง

เอกสารอ้างอิง

ศิริบุญรัมย์และคณะ. (2565). การพัฒนาอัลกอริทึมเชิงฮิวริสติกสองระยะสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ. *วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน, 10*(1), 15–28.

Alanzi, E. (2025). Solving the traveling salesman problem with machine learning. Applied Intelligence.

Bangkok Post. (2025, June 4). How to win savvy Gen Z shoppers.

Coccia, M. (2017). The Fishbone diagram to identify, systematize and analyze the sources of general purpose technologies. Journal of Social and Administrative Sciences. Journal of Social and Administrative Sciences, 4(4), 291–303.

Jooybar, S., Asgharizadeh, E., Zandieh, M., Zare-Shourijeh, M. A., & Shafiee, M. (2025). A green time-dependent traveling salesman problem with intermediate nodes and multiple traffic states. *Expert Systems with Applications*.

Kumah, A. (2024). Cause-and-Effect (Fishbone) Diagram: A tool for generating solutions in quality improvement. *Healthcare Quality Journal, 12*(2), 45–58.

Nation Thailand. (2025, November 17). Thai e-commerce surges… sector's value will reach 1.07 trillion baht in 2025

Suhardi, B., et al. (2019). Minimizing waste using lean manufacturing and ECRS principle. *Cogent Engineering, 6*(1), 1567019.

Tan, S. Y., et al. (2021). The Vehicle Routing Problem: State-of-the-Art classification and review. Applied Sciences*, 11*(21), 10295.

Tapalun, D. (2024). *การจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าโดยใช้ Travelling Salesman Problem: กรณีศึกษาบริษัทเอกชน* [วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

Vidal, T., Laporte, G., & Matl, P. (2020). A concise guide to existing and emerging vehicle routing problem variants. European Journal of Operational Research, 286(2), 401–416.

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน RECORD Model ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสซึม วิชาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

Development of Blended Learning Management RECORD Model in Accordance with Constructivist Theory on Mathematics Subject for 4th Year High School Students

ปคุณาณัช ทองแจ่ม[1*]

pakunanut Tongjam[1*]

[1] โรงเรียนนิยมศิลป์อนุสรณ์ เลขที่ 290 หมู่ 13 ตำบลท่าโรง อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์ รหัสไปรษณีย์ 67130

[1] Niyomsilpa Anusorn School, 290 Moo 13, Tha Rong Subdistrict,

Wichian Buri District, Phetchabun 67130, Thailand.

***Corresponding author E-mail: pakunanut@na.ac.th**

บทคัดย่อ

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน RECORD Model ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสซึม วิชาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานและศึกษาสภาพการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 2) ออกแบบและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน RECORD Model 3) ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน RECORD Model 4) ประเมินความพึงพอใจที่มีต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน RECORD Model กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้อง 1 โรงเรียนนิยมศิลป์อนุสรณ์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 40 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน RECORD Model คู่มือการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว แผนการจัดการเรียนรู้ แบบประเมินความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที (t – test) สรุปผลการวิจัย ดังนี้

1. รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน RECORD Model ประกอบด้วย 7 องค์ประกอบ ได้แก่ องค์ประกอบที่ 1) แนวคิด ข้อตกลงเบื้องต้นของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ องค์ประกอบที่ 2) หลักการ องค์ประกอบที่ 3) วัตถุประสงค์ องค์ประกอบที่ 4) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ RECORD Model องค์ประกอบที่ 5) ระบบสังคม องค์ประกอบที่ 6) หลักการตอบสนอง และองค์ประกอบที่ 7) ระบบสนับสนุน สำหรับองค์ประกอบที่นำรูปแบบไปใช้ในกระบวนการจัดการเรียนรู้ คือ องค์ประกอบที่ 4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ RECORD Model ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 เชิญชวนทบทวนความรู้เดิม (R = Review) ขั้นที่ 2 เพิ่มความรู้ใหม่ให้ดูตัวอย่าง (E = Example) ขั้นที่ 3 หาความกระจ่างด้วยการสืบค้น (C = Clarification)

ขั้นที่ 4 สรุปผลอย่างเป็นระเบียบ (O = Orderly Summary) ขั้นที่ 5 เรียบเรียงนำเสนอผลงาน (R = Report) ขั้นที่ 6 พัฒนาวิชาการสู่สังคม (D = Development) ค่าประสิทธิภาพของรูปแบบเท่ากับ 78.47/77.83

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ สูงกว่าเกณฑ์เมื่อเทียบกับเกณฑ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน RECORD Model ในภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเลขคณิตเท่ากับ 4.58 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.57

คำสำคัญ : 1. รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน RECORD Model
2. ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสซึม

Abstract

Development of Blended Learning Management RECORD Model in Accordance with Constructivist Theory on Mathematics Subject for 4th Year High School Students aimed to : (1) analyze fundamental information and examine the current state of mathematics instruction for Grade 10 students; (2) design and develop the blended learning management RECORD Model; (3) implement the developed model; and (4) evaluate its effectiveness. The sample consisted of 40 Grade 10 students in Classroom 1 at Niyomsilp Anusorn School during the second semester of the 2023 academic year. The research instruments included the blended learning management RECORD Model based on constructivist theory, a model implementation manual, lesson plans, and a student satisfaction questionnaire. Data were analyzed using percentage, mean, standard deviation, and t-test statistics. The results of the study are as follows :

1. The blended learning management RECORD Model based on constructivist theory for Grade 10 mathematics students comprises seven key components : (1) underlying concepts and assumptions, (2) principles, (3) objectives, (4) instructional procedures of the RECORD Model, (5) social system, (6) principles of response, and (7) support system. The instructional process (Component 4) consisted of six stages: Review, Example, Clarification, Orderly Summary, Report, and Development. The model demonstrated an efficiency of 78.47/77.83

2. The learning achievement scores were significantly higher than their pre-instruction scores at the .01 level of statistical significance.

3. The overall satisfaction of Grade 10 students toward the blended learning management model (RECORD Model) was rated at the highest level (M = 4.58, SD = 0.57).

Keywords : 1. Blended Learning Management RECORD Model
2. Constructivist Theory

บทนำ

ในศตวรรษที่ 21 สังคมโลกได้ก้าวเข้าสู่ยุคฐานความรู้และเทคโนโลยีดิจิทัลอย่างเต็มรูปแบบ การเข้าถึงข้อมูลข่าวสารและองค์ความรู้สามารถกระทำได้อย่างรวดเร็วและไร้ข้อจำกัดด้านเวลาและสถานที่ ส่งผลให้ระบบการศึกษาจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนบทบาทจากการมุ่งถ่ายทอดเนื้อหาความรู้ไปสู่การพัฒนาสมรรถนะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในสังคมยุคใหม่ โดยเฉพาะทักษะการคิดวิเคราะห์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การแก้ปัญหา และการประยุกต์ใช้ความรู้ในบริบทจริง ทั้งนี้ นักการศึกษาหลายท่านได้สะท้อนว่าคุณภาพผู้เรียนไทยยังมีข้อจำกัดด้านทักษะกระบวนการ และไม่สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ (วิชัย พาณิชย์สวย และคณะ, 2561) อย่างไรก็ตามในบริบทของการจัดการศึกษาขั้นพื้นฐานหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ได้กำหนดทิศทางการพัฒนาผู้เรียนให้มีความสมดุลทั้งด้านความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ โดยยึดหลักผู้เรียนเป็นสำคัญ และเชื่อว่าผู้เรียนทุกคนสามารถพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) นอกจากนี้หลักสูตรของกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีความสามารถในการคิดอย่าง เป็นระบบ การให้เหตุผล การแก้ปัญหา และการประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์ต่าง ๆ อย่างเหมาะสม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) แต่ผลลัพธ์เชิงประจักษ์จากการประเมินคุณภาพการศึกษากลับสะท้อนช่องว่างระหว่างเป้าหมายของหลักสูตรกับผลสัมฤทธิ์ที่เกิดขึ้นจริง

อย่างไรก็ตามแม้ผู้เรียนไทยจะมีโอกาสเข้าถึงแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลายมากขึ้น แต่ผลการประเมินคุณภาพการศึกษาทั้งในระดับนานาชาติและระดับชาติกลับสะท้อนให้เห็นถึงข้อจำกัดเชิงคุณภาพของการเรียนรู้ โดยเฉพาะในรายวิชาคณิตศาสตร์ ผลการประเมินโครงการประเมินนักเรียนนานาชาติ (Programme for International Student Assessment: PISA) ชี้ให้เห็นว่าคะแนนด้านคณิตศาสตร์ของประเทศไทยมีแนวโน้มลดลงเมื่อเทียบกับการประเมินในระยะแรก และยังคงอยู่ในระดับต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของประเทศสมาชิก สะท้อนให้เห็นถึงข้อจำกัดด้านสมรรถนะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์จริง และผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ในช่วงปีการศึกษา 2560–2562 พบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนรายวิชาคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะสาระการวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น อยู่ในระดับต่ำและต่ำกว่าค่าเฉลี่ยระดับประเทศอย่างต่อเนื่อง (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (สทศ.), 2560–2562) ซึ่งสอดคล้องกับข้อค้นพบที่ว่า ผู้เรียนยังขาดทักษะการคิดวิเคราะห์ การตีความข้อมูล และการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เมื่อพิจารณาในระดับสถานศึกษา พบว่า ผลการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชา

คณิตศาสตร์พื้นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนนิยมศิลป์อนุสรณ์ แม้ค่าเฉลี่ยคะแนนจะเป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนด แต่การเพิ่มขึ้นของผลสัมฤทธิ์อยู่ในระดับต่ำมาก และไม่สะท้อนการพัฒนาทักษะเชิงกระบวนการอย่างชัดเจน ปัญหาดังกล่าวอาจมีสาเหตุมาจากลักษณะการจัดการเรียนการสอนที่ยังคงเน้นครูเป็นศูนย์กลางมุ่งการบรรยายและถ่ายทอดเนื้อหาเป็นหลัก เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองอย่างจำกัด (สุธิดา เกตุแก้ว, 2547) ถึงแม้ว่าแนวคิดการจัดการเรียนรู้สมัยใหม่จะกำหนดบทบาทครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกและผู้จัดกระบวนการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนคิดเป็น ทำเป็น และแก้ปัญหาได้ในชีวิตจริง (สุนิษา ศิริสุข, ไพศาล หวังพานิช, และสงวนพงศ์ ชวนชม, 2563) แต่การนำแนวคิดดังกล่าวไปปฏิบัติในชั้นเรียนยังไม่ปรากฏผลอย่างเป็นรูปธรรม รวมถึงการนำแนวคิดเกี่ยวกับการเลือกใช้รูปแบบการสอนที่เหมาะสม ได้ชี้ให้เห็นว่าครูผู้สอนควรพิจารณาเลือกหรือบูรณาการรูปแบบการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับลักษณะเนื้อหา เป้าหมายการเรียนรู้ และความแตกต่างระหว่างบุคคลของผู้เรียน เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด (วัชรา เล่าเรียนดี, 2522) ดังนั้น การใช้รูปแบบการสอนเดิมอย่างต่อเนื่อง โดยไม่ปรับให้สอดคล้องกับบริบทปัจจุบัน อาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อคุณภาพการเรียนรู้ที่ไม่เป็นไปตามเป้าหมาย

จากการวิเคราะห์สภาพปัญหาในระดับนานาชาติ ระดับชาติ และระดับสถานศึกษาอย่างเป็นระบบ จะเห็นได้ว่าประเด็นสำคัญมิได้จำกัดอยู่เพียงคะแนนสอบที่ลดลงหรืออยู่ในระดับต่ำ หากแต่เป็นปัญหาเชิงคุณภาพของกระบวนการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ยังไม่สามารถพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผล การคิดวิเคราะห์ และการประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์จริงได้อย่างยั่งยืน อันเป็นสมรรถนะสำคัญที่หลักสูตรและมาตรฐานการศึกษามุ่งพัฒนา ดังนั้นการนำแนวคิดการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสซึม (Constructivism) เน้นให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านการลงมือปฏิบัติ การมีปฏิสัมพันธ์และการสะท้อนความคิด ประกอบกับแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน (Blended Learning) ที่บูรณาการการเรียนรู้ในชั้นเรียนร่วมกับเทคโนโลยีดิจิทัล สามารถส่งเสริมการมีส่วนร่วมของผู้เรียน เปิดโอกาสให้เกิดการเรียนรู้ที่ยืดหยุ่น และตอบสนองต่อความแตกต่างระหว่างบุคคลได้อย่างเหมาะสม

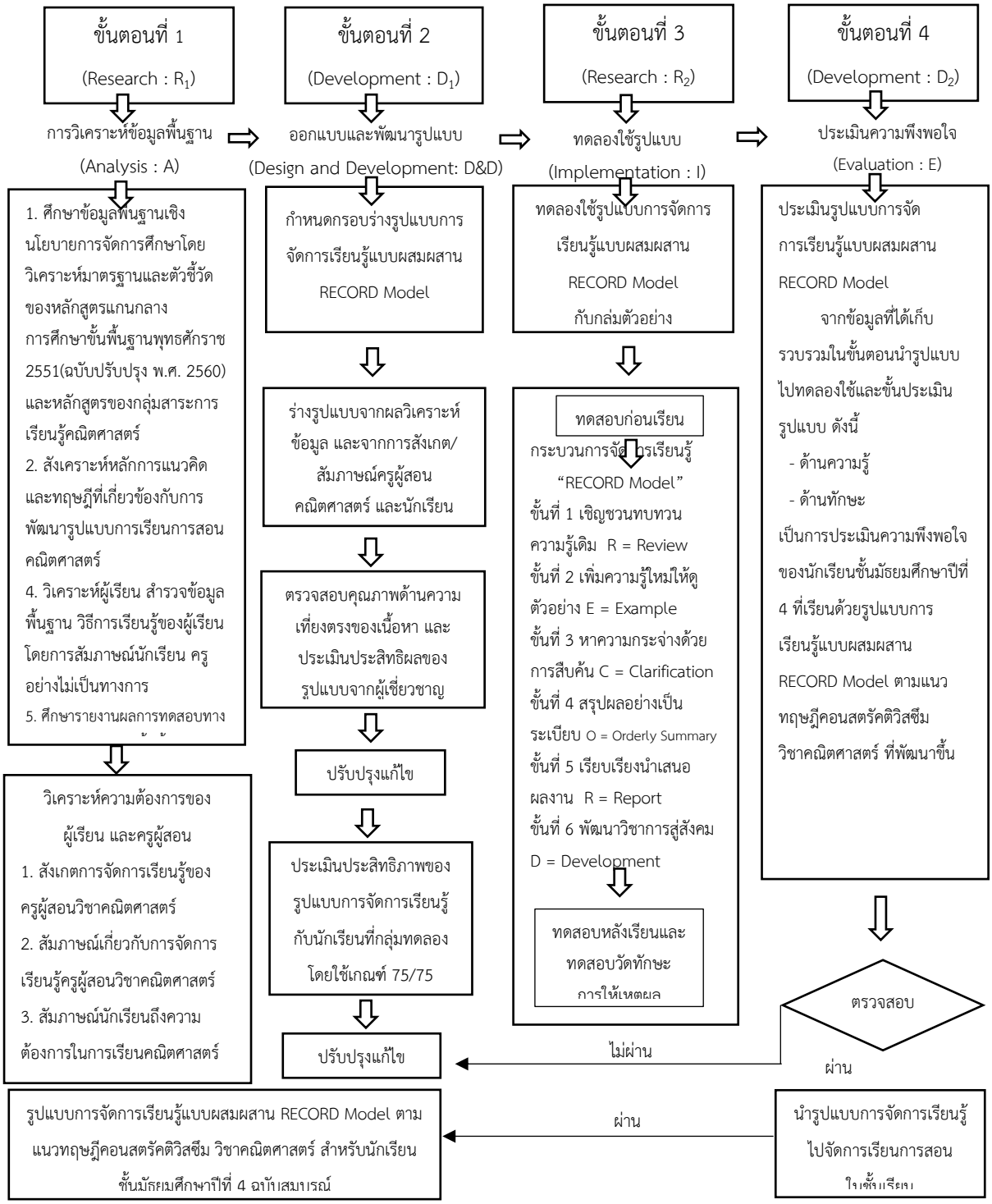
ด้วยเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน RECORD Model ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสซึม วิชาคณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (**RECORD Model**) โดยมุ่งเน้นการส่งเสริมการมีส่วนร่วมของผู้เรียน การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และการประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์จริง ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง “ความน่าจะเป็น” ซึ่งเป็นเนื้อหาที่ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ต่ำอย่างต่อเนื่อง และมุ่งสร้างนวัตกรรมด้านการเรียนรู้ที่มีฐานทฤษฎีรองรับ มีความสอดคล้องกับสภาพปัญหาเชิงประจักษ์ และสามารถยกระดับคุณภาพการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของผู้เรียนได้อย่างเป็นรูปธรรม อันจะเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาสมรรถนะผู้เรียนให้สอดคล้องกับเป้าหมายการศึกษาในศตวรรษที่ 21 และยกระดับคุณภาพการศึกษาของประเทศอย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานและศึกษาสภาพการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. เพื่อออกแบบและพัฒนา RECORD Model
3. เพื่อใช้ RECORD Model
4. เพื่อประเมินความพึงพอใจที่มีต่อ RECORD Model

วิธีการดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยตามกระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) โดยมีรายละเอียดตามกรอบการดำเนินการวิจัยเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้



ภาพที่ 1 กรอบการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน (Research : R_1)

ศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน (Analysis: A) เพื่อกำหนดกรอบแนวคิดและองค์ประกอบของการพัฒนา RECORD Model โดยดำเนินการในลักษณะของการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) มุ่งศึกษาสภาพที่เป็นจริง สภาพที่คาดหวัง ตลอดจนปัญหาและความต้องการที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์

เพื่อนำผลการวิเคราะห์และสังเคราะห์มาใช้เป็นฐานในการออกแบบและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนถัดไป

ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ (Development : D_1)

เป็นกระบวนการพัฒนา RECORD Model โดยนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานจากขั้นตอนที่ 1 มากำหนดกรอบแนวคิด ออกแบบองค์ประกอบของรูปแบบสร้างเครื่องมือประกอบรูปแบบและตรวจสอบคุณภาพรวมทั้งประสิทธิภาพก่อนนำไปทดลองใช้จริง

ขอบเขตด้านเนื้อหา

การพัฒนาในขั้นตอนนี้ครอบคลุมเนื้อหาและกิจกรรมดังต่อไปนี้

1. กำหนดกรอบแนวคิดและองค์ประกอบของรูปแบบ ผู้วิจัยนำผลการวิเคราะห์และสังเคราะห์แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มากำหนดกรอบแนวคิดในการร่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้ได้องค์ประกอบหลัก 3 ส่วน ได้แก่ องค์ประกอบเชิงหลักการและวัตถุประสงค์ องค์ประกอบเชิงกระบวนการ องค์ประกอบด้านเงื่อนไขการนำรูปแบบไปใช้

2. ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ RECORD Model ซึ่งมีกระบวนการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นที่ 1 R = Review หมายถึง เชิญชวนทบทวนความรู้เดิม

ขั้นที่ 2 E = Example หมายถึง เพิ่มความรู้ใหม่ให้ดูตัวอย่าง

ขั้นที่ 3 C = Clarification หมายถึง หาความกระจ่างด้วยการสืบค้น

ขั้นที่ 4 O = Orderly Summary หมายถึง สรุปผลอย่างเป็นระเบียบ

ขั้นที่ 5 R = Report หมายถึง เรียบเรียงนำเสนอผลงาน

ขั้นที่ 6 D = Development หมายถึง พัฒนาวิชาการสู่สังคม

3. คู่มือการใช้ RECORD Model ซึ่งประกอบด้วย คำชี้แจงการใช้รูปแบบ ความเป็นมาและแนวคิดพื้นฐาน องค์ประกอบของรูปแบบ ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ ตัวอย่างสื่อ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

4. แผนการจัดการเรียนรู้รายวิชาคณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้สอดคล้องกับ RECORD Model

ขอบเขตด้านแหล่งข้อมูล

แหล่งข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบและพัฒนา ประกอบด้วย

1. แหล่งข้อมูลเอกสาร ได้แก่ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานจากขั้นตอนที่ 1 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน แนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสซึม หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน และหลักสูตรสถานศึกษา

2. แหล่งข้อมูลบุคคล ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาคณิตศาสตร์ ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล ใช้ในการตรวจสอบความเหมาะสมและความสอดคล้องของรูปแบบและเครื่องมือ

3. กลุ่มนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างวิจัย

ขอบเขตด้านตัวแปร

ตัวแปรด้านคุณภาพของรูปแบบ ได้แก่ ความเหมาะสมและความสอดคล้องขององค์ประกอบรูปแบบ (ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ) ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของเครื่องมือ และค่าประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้

ขั้นตอนที่ 3 การใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ (Research : R_2)

ผู้วิจัยนำ RECORD Model ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง การดำเนินการในขั้นตอนนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองกับกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียว มีการทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน (One Group Pretest – Posttest design) และวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์โดยเทียบกับเกณฑ์ (one-sample t-test เทียบเกณฑ์ 70%) ใช้เวลาทดลองตามแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 20 แผนการเรียนรู้ รวมจำนวนชั่วโมง 20 ชั่วโมง

ขอบเขตด้านเนื้อหา

วิชาคณิตศาสตร์เรื่อง ความน่าจะเป็น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 20 ชั่วโมง

ขอบเขตด้านแหล่งข้อมูล

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้อง 1 จำนวน 40 คน ได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม

ขอบเขตด้านตัวแปร

ตัวแปรต้น ได้แก่ RECORD Model

ตัวแปรตาม ได้แก่

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ความน่าจะเป็น
2. ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินความพึงพอใจต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ (Development: D_2)

ประเมินความพึงพอใจต่อ RECORD Model ภายหลังการใช้ในขั้นตอนที่ 3 โดยมุ่งประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น ทั้งนี้เพื่อสะท้อนคุณภาพของรูปแบบในมิติด้านการยอมรับ การรับรู้ประโยชน์ และความเหมาะสมในการนำไปใช้ในบริบทการเรียนการสอนจริง

ขอบเขตด้านเนื้อหา

การประเมินครอบคลุมความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ในประเด็นต่าง ๆ ได้แก่ ความเหมาะสมของขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของ RECORD Model ความชัดเจนของการจัดกิจกรรมแบบผสมผสาน (onsite และ online) ประโยชน์ที่ได้รับจากการเรียนรู้ การส่งเสริมการมีส่วนร่วมและการคิดอย่างมีเหตุผล ความเหมาะสมของสื่อประกอบการเรียนรู้

ขอบเขตด้านแหล่งข้อมูล

แหล่งข้อมูล ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้อง 1 โรงเรียนนิยมศิลป์อนุสรณ์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 40 คน ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างเดียวกับการใช้รูปแบบในขั้นตอนที่ 3

ขอบเขตด้านตัวแปร

ตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ ความพึงพอใจที่มีต่อ RECORD Model

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาข้อมูลพื้นฐานและสภาพการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ จากเอกสารและรายงานผลการประเมินระดับนานาชาติ พบว่า คะแนนด้านคณิตศาสตร์ของประเทศไทยจากการประเมิน PISA มีแนวโน้มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับรอบการประเมินก่อนหน้า และอยู่ในระดับต่ำเมื่อเทียบกับอีกสองด้านที่ประเมิน สะท้อนถึงข้อจำกัดด้านสมรรถนะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์จริง และผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในช่วงปีการศึกษา 2560–2562 โดยเฉพาะสาระการวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น มีคะแนนเฉลี่ยต่ำและต่ำกว่าค่าเฉลี่ยระดับประเทศอย่างต่อเนื่อง แสดงให้เห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนาการเรียนรู้ในสาระดังกล่าว สำหรับระดับสถานศึกษา ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในช่วงปีการศึกษา 2563–2565 พบว่า แม้ค่าเฉลี่ยร้อยละผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะเป็นไปตามค่าเป้าหมายที่กำหนด แต่การเพิ่มขึ้นของค่าเฉลี่ยมีอัตราการเปลี่ยนแปลงต่ำกว่า 1 ของคะแนนเฉลี่ย สะท้อนถึงข้อจำกัดด้านคุณภาพผลลัพธ์ทางการเรียนรู้ในระดับชั้นเรียน และบ่งชี้ถึงความจำเป็นในการพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นและผลการศึกษาสภาพการจัดการเรียนการสอน สามารถสรุปได้ว่าปัญหาสำคัญมิได้อยู่เพียงระดับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หากแต่เกี่ยวข้องกับกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ยังไม่ส่งเสริมการมีส่วนร่วมของผู้เรียนและการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์อย่างเป็นระบบ จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานดังกล่าว สะท้อนให้เห็นความจำเป็นในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และการมีส่วนร่วมของผู้เรียน จึงนำไปสู่การออกแบบรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน RECORD Model เพื่อยกระดับคุณภาพการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์

2. ผลการออกแบบและพัฒนา RECORD Model ประกอบด้วย 7 องค์ประกอบ คือ องค์ประกอบที่ 1) แนวคิด ข้อตกลงเบื้องต้นของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ องค์ประกอบที่ 2) หลักการ องค์ประกอบที่ 3) วัตถุประสงค์ องค์ประกอบที่ 4) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ RECORD Model องค์ประกอบที่ 5) ระบบสังคม องค์ประกอบที่ 6) หลักการตอบสนอง และองค์ประกอบที่ 7) ระบบสนับสนุน โดยกระบวนการจัดการเรียนรู้จะใช้ขั้นตอนการจัดกาเรียนรู้ RECORD Model ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 เชิญชวนทบทวนความรู้เดิม (R = Review) ขั้นที่ 2 เพิ่มความรู้ใหม่ให้ดูตัวอย่าง (E = Example) ขั้นที่ 3 หาความกระจ่างด้วยการสืบค้น (C = Clarification) ขั้นที่ 4 สรุปผลอย่างเป็นระเบียบ (O = Orderly Summary) ขั้นที่ 5 เรียบเรียงนำเสนอผลงาน (R = Report) ขั้นที่ 6 พัฒนาวิชาการ สู่สังคม (D = Development) ผลการตรวจสอบรูปแบบ คู่มือและแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

3. ผลการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน RECORD Model ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสซึมวิชาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง ความน่าจะเป็น พบว่า

3.1 ประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน RECORD Model มีค่าประสิทธิพภาพเท่ากับ 78.47/77.83 ผ่านเกณฑ์ 75/75

3.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน RECORD Model หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3.3 ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ หลังเรียนด้วย RECORD Model มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 15.48 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 77.38 และเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ มีค่าไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ตามที่กำหนด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ผลการประเมินความพึงพอใจต่อ RECORD Model โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

วิจารณ์ผล

ผลการวิจัย เรื่อง การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน RECORD Model ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสซึม วิชาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สะท้อนให้เห็นว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองต่อปัญหาด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับสภาพปัญหาที่ระบุไว้ในบทนำ ซึ่งชี้ให้เห็นข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบเน้นครูเป็นศูนย์กลาง และสนับสนุนแนวคิดที่ว่าการพัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญมีความจำเป็นต่อการยกระดับคุณภาพการเรียนรู้ ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการเรียนด้วย RECORD Model พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสามารถอธิบายได้จากแนวคิดของ เพียเจต์ (Piaget) ที่เสนอว่าการเรียนรู้ เกิดจากกระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญาผ่านการสร้างความรู้ด้วยตนเอง และแนวคิดของบรูเนอร์ (Bruner) ที่เน้นการเรียนรู้โดยการค้นพบ (Discovery Learning) ซึ่งสอดคล้องกับขั้นตอน Review และ Example ของ RECORD Model ที่ช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้เดิมกับสถานการณ์ใหม่อย่างมีความหมาย ในด้านทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ผลการวิจัย พบว่า ผู้เรียนมีคะแนนหลังเรียนผ่านเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ วีก็อตสกี (Vygotsky) ที่ให้ความสำคัญกับการเรียนรู้ผ่านปฏิสัมพันธ์ทางสังคมและการใช้ภาษาเป็นเครื่องมือทางความคิด โดยขั้นตอน Clarification และ Orderly Summary ของ RECORD Model เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้อภิปราย แลกเปลี่ยนเหตุผล และสรุปองค์ความรู้ร่วมกัน ส่งผลให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้อย่างเป็นระบบและลึกซึ้งยิ่งขึ้น

นอกจากนี้ การจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานที่ผสานกิจกรรมในชั้นเรียนกับการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลยังสอดคล้องกับแนวคิดของ Graham และ Bonk & Graham ที่ชี้ว่าการเรียนรู้แบบผสมผสานช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นในการเรียนรู้ ส่งเสริมการมีส่วนร่วมของผู้เรียน และเอื้อต่อการเรียนรู้ตามความแตกต่างระหว่างบุคคล มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและสามารถอธิบายเหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้อย่างเป็นระบบมากยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพจากการสังเกตและการสัมภาษณ์ นักเรียนมีความพึงพอใจต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ในระดับสูง และผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนสะท้อนให้เห็นว่า RECORD Model ไม่เพียงส่งผลต่อผลลัพธ์ทางวิชาการ แต่ยังช่วยเสริมสร้างทัศนคติที่ดีต่อการเรียนคณิตศาสตร์

ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ สเลวิน (Slavin) ที่ระบุว่าการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมและรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของตนเอง จะส่งผลเชิงบวกต่อทั้งผลสัมฤทธิ์และแรงจูงใจในการเรียนรู้

โดยสรุป ผลการวิจัยครั้งนี้ สนับสนุนให้เห็นว่าการพัฒนานวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ ด้วยกระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) ในรูปแบบ RECORD Model เป็นแนวทางที่มีฐานทฤษฎีรองรับอย่างชัดเจน และมีศักยภาพในการยกระดับคุณภาพการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ สามารถนำไปประยุกต์ใช้และขยายผลในบริบททางการศึกษาที่หลากหลายได้อย่างเหมาะสม

สรุปผล

1. ผลการศึกษาข้อมูลพื้นฐานและสภาพการจัดการเรียนการสอนชี้ให้เห็นว่า ปัญหาสำคัญมิได้จำกัดอยู่เพียงระดับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แต่เกี่ยวข้องกับกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ยังไม่สามารถส่งเสริมการมีส่วนร่วมของผู้เรียนและการพัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ข้อค้นพบดังกล่าว จึงเป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ที่สนับสนุนความจำเป็นในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเสริมสร้างทักษะการให้เหตุผลและการมีส่วนร่วมของผู้เรียน อันนำไปสู่การออกแบบและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน RECORD Model เพื่อยกระดับคุณภาพการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายอย่างเป็นระบบและยั่งยืน

2. ผลการออกแบบและการพัฒนา RECORD Model พบว่า

2.1 RECORD Model ประกอบด้วย 7 องค์ประกอบ คือ องค์ประกอบที่ 1) แนวคิด ข้อตกลงเบื้องต้นของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ องค์ประกอบที่ 2)หลักการ องค์ประกอบที่ 3) วัตถุประสงค์ องค์ประกอบที่ 4) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ RECORD Model องค์ประกอบที่ 5) ระบบสังคม องค์ประกอบที่ 6) หลักการตอบสนอง และองค์ประกอบที่ 7) ระบบสนับสนุน

สำหรับองค์ประกอบที่นำรูปแบบไปใช้ในกระบวนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ องค์ประกอบที่ 4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ RECORD Model ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นที่ 1 เชิญชวนทบทวนความรู้เดิม R = Review
ขั้นที่ 2 เพิ่มความรู้ใหม่ให้ดูตัวอย่าง E = Example
ขั้นที่ 3 หาความกระจ่างด้วยการสืบค้น C = Clarification
ขั้นที่ 4 สรุปผลอย่างเป็นระเบียบ O = Orderly Summary
ขั้นที่ 5 เรียบเรียงนำเสนอผลงาน R = Report
ขั้นที่ 6 พัฒนาวิชาการสู่สังคม D = Development

2.2 ผลการตรวจสอบความเหมาะสมและสอดคล้องของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย พบว่า รูปแบบ RECORD Model พบว่า ในภาพรวมทั้งหมดมีความเหมาะสมและสอดคล้อง อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$=4.61, S.D.=0.52) แผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า ในภาพรวมทั้งหมดมีความเหมาะสมและสอดคล้อง อยู่ใน

ระดับมากที่สุด ($\bar{x}$=4.74, S.D.=0.48) และคู่มือการใช้ RECORD Model พบว่า ในภาพรวมทั้งหมดมีความเหมาะสมและสอดคล้อง อยู่ในระดับมากที่ ($\bar{x}$=4.79, S.D.=0.51)

2.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของ RECORD Model พบว่า RECORD Model ตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ผ่านการทดลองหาประสิทธิภาพจากกลุ่มที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างแล้วนำมาใช้กับกลุ่มตัวอย่าง พบว่า มีค่าประสิทธิภาพของ RECORD Model เท่ากับ 78.47/77.83 ผ่านเกณฑ์ 75/75

3. ผลการใช้ RECORD Model ผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ RECORD Model เรื่อง ความน่าจะเป็น ที่พัฒนาขึ้นมาใช้จัดการเรียนรู้ จำนวน 20 แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 20 ชั่วโมง ทดลองกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีคะแนนหลังเรียนคิดเป็นร้อยละ 77.83 ของคะแนนเต็ม และผู้วิจัยนำแบบทดสอบวัดผลความสามารถในการให้เหตุผลทางคณติศาสตร์ ทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง พบว่า มีคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ คิดเป็นร้อยละ 77.38 ของคะแนนเต็ม ผ่านเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อ RECORD Model พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อ RECORD Model ในภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$=4.58, S.D.=0.57)

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาจากหลายท่าน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ให้ความช่วยเหลือทุกท่านที่กรุณาเสียสละเวลาและให้คำแนะนำเป็นอย่างดี

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญ ประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ ดร.บัญชา ปัญญานาค ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อลิสา เลี้ยงรื่นรมย์ ดร.ชุติมา ทัศโร ดร.ปาริชาติ เภสัชชา ดร.วาทกานต์ ศรีธรราษฎร์ ดร.สุรัตน์ชัย พรมเท้า ดร.สุระพี อาคมคง อาจารย์ณัฐกานต์ พึ่งกุศล นางณอริญ แหวนหล่อ และนายชาญวิทย์ สุวรรณรอ เป็นที่ปรึกษาให้คำแนะนำ ชี้แนะแนวทาง ตรวจสอบเครื่องมือวิจัยและปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ทำให้งานวิจัยมีความถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดียิ่ง และขอขอบคุณผู้บริหาร คณะครู บุคลากร และนักเรียนโรงเรียนนิยมศิลป์อนุสรณ์ อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ อำนวยความสะดวกและให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เป็นประโยชน์ด้วยความเต็มใจเป็นอย่างยิ่ง สำหรับคุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากการวิจัยครั้งนี้ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิจัยครั้งนี้จะเป็นข้อมูลสารสนเทศที่นำไปปรับใช้ในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กนกรัตน์ จิรสัจจานุกูล, และณมน จีรังสุวรรณ. (2561). *การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ด้วยทฤษฎีการเรียนรู้แบบการสร้างความรู้นิยมและทฤษฎีการเชื่อมโยงความรู้เพื่อการสร้างนวัตกรรมแบบประสบการณ์จริง.* วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี, 7(2), 1–12.

กษมา เกิดประสงค์. (2560). *การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.* Veridian E-Journal, Silpakorn University (Humanities, Social Sciences and Arts), 10(3), 1234–1248.

ชนาธิป พรกุล. (2554). *การสอนกระบวนการคิด: ทฤษฎีและการนำไปใช้* (พิมพ์ครั้งที่ 2). วี พริ้นท์ (1991).

ชวิน พงษ์มา. (2559). *การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามทฤษฎีการสร้างความรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการทำโครงงานและการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น.* วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, 13(61), 85–96.

ทิศนา แขมมณี. (2555). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ (พิมพ์ครั้งที่ 16).* สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นภดล เลือดนักรบ, สุภาณี เส็งศรี, และเทิดศักดิ์ ผลจันทร์. (2561). *การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ.* วารสารวิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี อุตรดิตถ์, 10(2), 45–58.

บุญชม ศรีสะอาด. (2560). *การวิจัยเบื้องต้น* (พิมพ์ครั้งที่ 10). สุวีริยาสาส์น.

พัชรี เรืองสวัสดิ์. (2562). *การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ความน่าจะเป็น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5* (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยทักษิณ.

วัชรา เล่าเรียนดี. (2552). *ทักษะการคิดและการจัดการเรียนรู้.* คณะศึกษาศาสตร์.

วิชัย พาณิชย์สวย และคณะ. (2561). *ผลของการใช้บทเรียน PISA ที่มีต่อความสามารถด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษา (ระยะที่ 1).* มหาวิทยาลัยสวนดุสิต.

ศิริรัตน์ อินอิ่ม, และหล้า ภวภูตานนท์. (2559). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ที่เน้นการคิดวิเคราะห์.* วารสารวิจัย มข. (ฉบับบัณฑิตศึกษา), 4(3), 55–68.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.* โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

สุธิดา เกตุแก้ว. (2547). *ผลของการใช้กระบวนการสื่อสารที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น* (วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Allen, I. E., and Seaman, J. (2007). *Growing by degrees: Online education in the United States*. Sloan Consortium.

Graham, C. R. (2012). Introduction to blended learning. In C. J. Bonk & C. R. Graham (Eds.), *The handbook of blended learning* (pp. 3–21). Pfeiffer.

Horn, M. B., and Staker, H. (2011). *The rise of K–12 blended learning*. Innosight Institute.

Joyce, B., Weil, M., and Showers, B. (2000). *Models of teaching* (6th ed.). Allyn & Bacon.

ระบบบริหารจัดการร้านดอนยางคาร์แคร์

Don Yang Car Care Shop Management System

อับดุลฮากิม สุหลง[1] รุสมี เปาะซู[1] และบุญธิดา จิรรัตนโสภา[1*]

Abdulhakim Sulong[1], Rusmee pohsu[1], and Boonthida Chiratanasopha[1*]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

133 ถนนเทศบาล 3 ตำบลสะเตง อำเภอเมือง จังหวัดยะลา 95000

[1]Information Technology Program, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University

133 Thesaban Road 3, Sateng Sub-district, Mueang District, Yala Province 95000

*Corresponding author E-mail: boontida.j@yru.ac.th

บทคัดย่อ

การพัฒนาระบบบริหารจัดการร้านดอนยางคาร์แคร์ มีวัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อ 1) เพื่อวิเคราะห์ออกแบบ และพัฒนาระบบบริหารจัดการร้านดอนยางคาร์แคร์ 2) เพื่อประเมินคุณภาพของระบบบริหารจัดการร้านดอนยางคาร์แคร์ และ 3) เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบบริหารจัดการร้านดอนยางคาร์แคร์ โดยใช้หลักการตามทฤษฎีวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC) เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ ได้แก่ โปรแกรม Visual studio code, ภาษา PHP, HTML, JavaScript และใช้ MySQLในการจัดการฐานข้อมูล ผลการวิจัยระบบบริหารจัดการร้านดอนยางคาร์แคร์ พบว่า 1) ระบบแบ่งการทำงานแยกตามสิทธิ์ผู้ใช้งาน ได้แก่ ผู้ดูแลระบบ เจ้าของร้าน ผู้จัดการ พนักงาน ลูกค้าสมาชิก และลูกค้าทั่วไป โดยแบ่งตามขอบเขตงานหลักดังนี้ จัดการข้อมูลผู้ใช้ จัดการข้อมูลการจอง จัดการข้อมูลบริการล้างรถ จัดการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์ การชำระเงินและการจัดทำรายงาน ผลการประเมินคุณภาพของระบบบริหารจัดการร้านดอนยางคาร์แคร์ โดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.92, S.D. = 0.28) และผลการประเมินความพึงพอใจระบบบริหารจัดการร้านดอนยางคาร์แคร์โดยผู้ใช้งาน อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.67, S.D. = 0.48)

คำสำคัญ : คาร์แคร์ บริหารจัดการ ล้างรถ จองคิว

Abstract

The development of the Don Yang Car Care Shop Management System has research objectives to 1) analyze, design and develop the Don Yang Car Care Shop Management System, 2) to evaluate the quality of the Don Yang Car Care Shop Management System, and 3) to evaluate the satisfaction of users of the Don Yang Car Care Shop Management System. By using the principles of the System Development Life Cycle (SDLC) theory, the development tools included

Visual Studio Code, PHP, HTML, JavaScript, and MySQL for database management. The research results of the Don Yang Car Care Shop Management System found that 1) the system divides the work according to user rights, including administrator, shop owner, manager, employees, member customers, and general customers. The main work scopes are as follows: managing user information, managing booking information, managing car wash service information, managing product orders, payments, and report preparation. The results of the evaluation of the quality of the Don Yang Car Care Shop Management System by experts were found to be at the highest level ($\bar{x}$ = 4.92, S.D. = 0.28), and the results of the evaluation of the satisfaction of the Don Yang Car Care Shop Management System by users were at the highest level ($\bar{x}$ = 4.67, S.D. = 0.48).

Keywords : Car care, Management, Car Wash, Booking

บทนำ

ในปัจจุบันธุรกิจการให้บริการล้างรถเติบโตอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีการใช้รถยนต์จำนวนมาก ผู้ใช้รถส่วนใหญ่มักนิยมนำรถเข้ารับบริการล้างรถเพิ่มมากขึ้น เนื่องมาจากการได้รับความสะดวกสบาย และประหยัดเวลาในการดูแลรักษาความสะอาดของรถยนต์ อีกทั้งยังส่งผลต่ออายุการใช้งานและภาพลักษณ์ของรถยนต์ด้วย ธุรกิจให้บริการล้างรถในยุคนี้มีการพัฒนาไปตามความต้องการของลูกค้าที่ต้องการความสะดวกสบาย รวดเร็วและคุณภาพที่สูงขึ้น ซึ่งการใช้เทคโนโลยีเพื่อให้การบริการที่สะดวกสบาย การใช้เคมีภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพในการทำความสะอาดรถยนต์หรือการให้บริการล้างรถที่เป็นระบบแบบครบวงจร ช่วยเพิ่มความสะดวกสบายให้กับลูกค้าและลดเวลาในการใช้บริการ รวมถึงการมีระบบการจองคิวออนไลน์ยังเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่ช่วยจัดการเวลาของลูกค้าให้สะดวกและลดความแออัดในร้านได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ลูกค้าไม่ต้องรอนานและสามารถเลือกวันเวลาที่สะดวกเข้ารับบริการได้ นับเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการดำเนินธุรกิจให้บริการล้างรถ หากสามารถทำงานอย่างมีระบบและมีการใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบริการได้

ร้านดอนยางคาร์แคร์ ก่อตั้งขึ้นโดย นายสุไลมาน สุหลง ในปี พ.ศ. 2550 เลขที่ 52 หมู่ 5 ตำบลบางเขา อำเภอหนองจิก จังหวัดปัตตานี โดยเริ่มต้นจากธุรกิจครอบครัวขนาดเล็กที่มุ่งเน้นการให้บริการล้างรถอย่างพิถีพิถันและใส่ใจในรายละเอียด ส่งผลให้ได้รับความนิยมอย่างรวดเร็วในชุมชนและกลายเป็นที่ไว้วางใจของลูกค้าในพื้นที่ด้วยบริการที่หลากหลาย เช่น การล้างรถ การเคลือบสี ขัดสี และการทำความสะอาดภายในรถ รวมถึงร้านยังได้ลงทุนในอุปกรณ์ที่ทันสมัยและเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ที่ปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อให้ลูกค้ารู้สึกมั่นใจในคุณภาพ นอกจากนี้ ร้านยังขยายธุรกิจโดยเริ่มจำหน่ายผลิตภัณฑ์ดูแลรถยนต์ต่าง ๆ เช่น น้ำยาเคลือบสี แชมพูล้างรถ น้ำยาทำความสะอาดเบาะและพรม รวมถึงอุปกรณ์เสริมสำหรับการดูแลรถยนต์ เพื่อให้ลูกค้าสามารถเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ที่เหมาะกับการดูแลรถด้วยตนเอง ซึ่งช่วยเสริมรายได้ให้กับร้านและเพิ่มทางเลือกให้กับ

ผู้ใช้บริการ ระบบงานปัจจุบันของร้านดอนยางคาร์แคร์ยังคงพึ่งพาการบริหารจัดการแบบดั้งเดิม โดยใช้การจดบันทึกข้อมูลลูกค้าและการจัดคิวด้วยกระดาษ ทำให้เกิดความล่าช้าและเสี่ยงต่อการสูญหายของข้อมูล ขั้นตอนการจองยังขาดมาตรฐาน และการจัดลำดับคิวยังไม่เป็นระบบ เกิดปัญหาการรอคอยและการบริการที่ล้าช้า ประกอบกับทางร้านมีพื้นที่นั่งรอคิวและพื้นที่จอดรถที่จำกัด ทำให้เกิดความแออัดและไม่เพียงพอหากลูกค้าเข้ามารับบริการพร้อมกันจำนวนมาก เนื่องจากร้านมีพนักงานจำกัด ทำให้เกิดปัญหาการบริหารจัดการปริมาณงานที่เข้ามา ปัญหาพนักงานสื่อสารกับลูกค้าไม่ชัดเจนและขาดทักษะในการจัดระบบการจอง การติดตามสถานะการล้างรถทำได้ยาก นอกจากนี้ร้านยังขาดการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการบริหารจัดการที่ดี เช่น การจองคิวออนไลน์ การติดตามสถานะการล้างรถแบบเรียลไทม์ รวมถึงการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ผ่านระบบและทางการเงินยังไม่มีระบบที่ช่วยในการบันทึก จัดการ การชำระเงิน และออกรายงานสรุปข้อมูลลูกค้า ข้อมูลการบริการ ข้อมูลการขายและสรุปรายได้ของร้าน ซึ่งส่งผลกระทบต่อการวางแผนงบประมาณและผลการดำเนินงานของธุรกิจ ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาและรวบรวมเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาเป็นแนวทางสำหรับการวิเคราะห์ ออกแบบ และพัฒนาระบบบริหารจัดการร้านดอนยางคาร์แคร์ เพื่อช่วยแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น และปรับปรุงประสิทธิภาพการบริหารจัดการธุรกิจบริการนี้ให้ดีขึ้น อาทิ เช่น

ธนกฤต ตินพ และคณะ (2564) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบจองคิวออนไลน์สำหรับการเข้ารับบริการดูแลรักษารถยนต์ กรณีศึกษาบริการคาร์แคร์ โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาระบบจองคิวออนไลน์สำหรับการเข้ารับบริการดูแลรักษารถยนต์เพื่อแก้ปัญหาการสื่อสารที่ไม่ชัดเจนระหว่างลูกค้าและร้านคาร์แคร์ในการนัดจองคิวเข้ารับบริการ โดยให้ผู้ใช้สามารถเลือกดูข้อมูลรายละเอียดบริการต่าง ๆ และจองคิวออนไลน์ได้ด้วยตนเอง ร้านสามารถบันทึกข้อมูล ออกรายงานสรุปช่วยวิเคราะห์ข้อมูลต่อไปในอนาคตได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว โดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual Basic และฐานข้อมูล Microsoft SQL Server ในการพัฒนา และผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบ พบว่า ผลการประเมินโดยรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.30 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.49 เมื่อพิจารณาผลการประเมินความพึงพอใจเป็นรายด้าน พบว่า ด้านการใช้ระบบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.38 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.31 ด้านหน้าที่และความถูกต้องในการทำงานของระบบมีผลการประเมินอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.35 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.47 ด้านความปลอดภัยของระบบ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.29 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.55 ด้านการออกแบบหน้าจอระบบ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.20 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.64

กิตติมา เหมจินดา และคณะ (2566) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการร้านลัคกี้ผ้าไหมผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับร้านลัคกี้ผ้าไหม ซึ่งเป็นวิสาหกิจชุมชนทอผ้าไหมของหมู่บ้านไฮเลิง เนื่องจากร้านยังขาดการประชาสัมพันธ์และระบบจัดการที่มีประสิทธิภาพ ทำให้ขายสินค้าได้เฉพาะกลุ่มและส่งเข้าศูนย์ศิลปาชีพเท่านั้น จึงได้นำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และอินเตอร์เน็ตมาพัฒนาระบบ และใช้วงจรการพัฒนาระบบ SDLC ประกอบด้วยขั้นตอนการวางแผน วิเคราะห์ ออกแบบ สร้างและพัฒนา และทดสอบระบบ โดยใช้ MySQL เป็นระบบจัดการฐานข้อมูล และใช้ภาษา PHP ในการพัฒนา ระบบที่พัฒนาขึ้นอยู่ในรูปแบบเว็บไซต์ที่ลูกค้าสามารถดูรายละเอียดสินค้า ค้นหา และสมัครสมาชิกได้

ระบบสามารถจัดการข้อมูลสมาชิก สินค้า การขาย และออกรายงานต่าง ๆ เช่น รายงานสรุปยอดขายและสินค้า ซึ่งข้อมูลเหล่านี้สามารถนำไปใช้วิเคราะห์และวางแผนการตลาดได้ ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.55) ส่วนความพึงพอใจของผู้ปฏิบัติงานอยู่ในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 3.46)

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า ระบบบริหารจัดการงานจองคิวให้บริการและขายสินค้าที่พัฒนาขึ้นสามารถที่จะนำมาใช้เป็นแนวทางในการจัดทำเป็นระบบที่ช่วยจัดเก็บบันทึก บริหารจัดการจองคิวและบริการล้างรถสำหรับร้านดอนยางคาร์แคร์ได้ รวมถึงช่วยการขายผลิตภัณฑ์ การชำระเงิน และการออกรายงานต่าง ๆ ได้ ซึ่งส่วนใหญ่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพระบบให้ดีขึ้นกว่าระบบการจัดการจองคิวให้บริการและขายสินค้าในรูปแบบเดิมที่ขาดการใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วย ซึ่งคาดหวังว่านอกจากประสิทธิภาพและความสามารถที่เพิ่มขึ้นแล้ว ระบบบริหารจัดการร้านดอนยางคาร์แคร์จะสามารถใช้ประโยชน์และประยุกต์ใช้งานได้จริง โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้มีดังนี้ 1) เพื่อวิเคราะห์ ออกแบบ และพัฒนาระบบบริหารจัดการร้านดอนยางคาร์แคร์ 2) เพื่อประเมินคุณภาพระบบบริหารจัดการร้านดอนยางคาร์แคร์ และ3) เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบบริหารจัดการร้านดอนยางคาร์แคร์

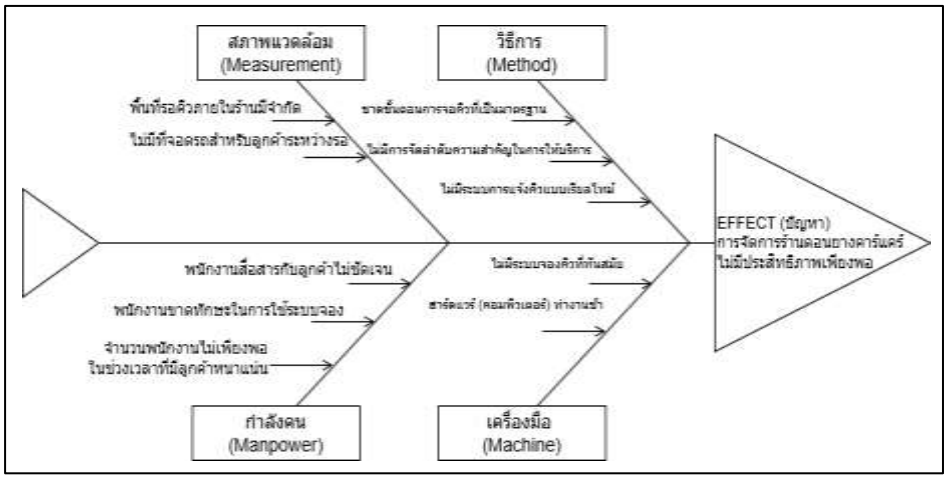
ดั้งนั้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะจัดทำระบบบริหารจัดการร้านดอนยางคาร์แคร์ขึ้น เพื่อช่วยจัดเก็บ บันทึกและจัดการข้อมูลรวมถึงการดำเนินงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับผู้ใช้ พนักงาน ลูกค้า การจองคิว การบริการ การจำหน่ายผลิตภัณฑ์ดูแลรถยนต์ การชำระเงิน และจัดทำรายงานผ่านระบบออนไลน์ เพื่อตอบสนองความต้องการลูกค้าได้อย่างยืดหยุ่นและสร้างความสะดวกสบายให้กับลูกค้า ทำให้ร้านดอนยางคาร์แคร์สามารถรองรับลูกค้าได้มากขึ้นและสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการของทางร้านให้ดียิ่งขึ้น

วิธีการดำเนินการวิจัย

การพัฒนาระบบบริหารจัดการร้านดอนยางคาร์แคร์ใช□แนวการพัฒนาตามวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC) (โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์, 2555; อรยา ปรีชานิช, 2557) ดังนี้

1. กำหนดปัญหาที่เกิดขึ้นกับระบบงาน

จากการศึกษาระบบการทำงานที่ต้องการพัฒนาทำให้ทราบถึงข้อมูลต่าง ๆ ขอบเขตงานและความสามารถในงานที่ต้องการพัฒนา ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้งานมานำเสนอปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในปัจจุบันของร้านดอนยางคาร์แคร์ โดยสามารถอธิบายและเขียนเป็นแผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) ของระบบปัจจุบันแสดงดังภาพที่ 1



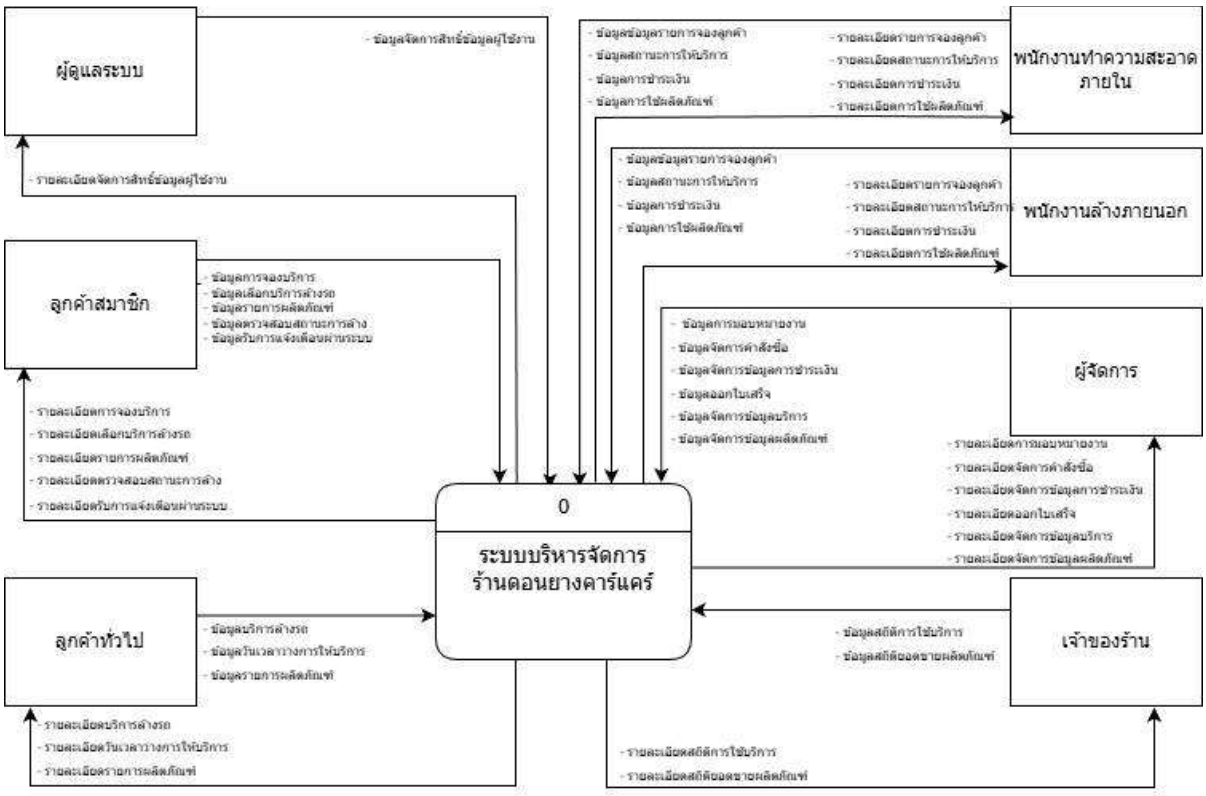
ภาพที่ 1 แผนผังเหตุและผล (Cause-and-Effect Diagram) ของระบบงานเดิม

2. การวิเคราะห์ระบบ

จากที่ผู้วิจัยได้ศึกษาระบบงานปัจจุบัน และศึกษาขั้นตอนการทำงานของระบบเดิมทั้งสภาพปัญหาและอุปสรรคของการทำงาน ผู้วิจัยได้วิเคราะห์และออกแบบระบบ โดยมีวัตถุประสงค์จะให้เป็นระบบที่ตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งาน ได้แก่ เจ้าของร้าน ผู้จัดการ พนักงาน ลูกค้าสมาชิกและลูกค้าทั่วไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยแสดงในแผนภาพบริบท (Context Diagram) ของระบบบริหารจัดการร้านดอนยางคาร์แคร์ แสดงดังภาพที่ 2

3. การออกแบบ

การออกแบบเป็นขั้นตอนของการนำผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ทางลอจิคัล (Logical Model) มาพัฒนาเป็นฟิสิคัลโมเดล (Physical Model) ให้สอดคล้องกัน โดยการออกแบบจะเริ่มจากส่วนของอุปกรณ์และเทคโนโลยีต่าง ๆ และอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่นำมาพัฒนาออกแบบจำลองข้อมูล (Data Model) ออกแบบรายงาน (Output Design) และออกแบบจอภาพในการติดต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface) รวมถึงการจัดทำพจนานุกรม (Data Dictionary) จากนั้นจึงค่อยนำมาสร้างเป็นฐานข้อมูลตามหลักการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database) สำหรับระบบบริหารจัดการร้านดอนยางคาร์แคร์



ภาพที่ 2 แผนภาพบริบทของ (Context Diagram) ระบบบริหารจัดการร้านดอนยางคาร์แคร์

4. การพัฒนาระบบ

ขั้นตอนการพัฒนาระบบบริหารจัดการร้านดอนยางคาร์แคร์ ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาระบบบริหารจัดการร้านดอนยางคาร์แคร์ โดยติดตั้งโปรแกรม Visual Studio Code ในการเขียนสคริปต์ของตัวโปรแกรมระบบงานใช้ภาษา PHP, HTML, JavaScript และCSS ในการสร้างเว็บเพจและสร้างโมดูลที่เกี่ยวข้องกับงานและใช้ MySQL ในการจัดการฐานข้อมูล ใช้โปรแกรม Xampp ในการจำลองหน้าเว็บไซต์ (Website) รวมถึงดำเนินการขอใช้พื้นที่บริการเครื่องแม่ข่ายของมหาวิทยาลัย

5. การทดสอบ

ขั้นตอนการทดสอบระบบก่อนจะนำไปใช้งานจริง ผู้พัฒนาได้ทำการทดสอบข้อมูลเบื้องต้นด้วยการสร้างข้อมูลจำลอง เช่น ข้อมูลพนักงาน ข้อมูลลูกค้า ข้อมูลผลิตภัณฑ์ ข้อมูลการจอง ข้อมูลบริการ ข้อมูลการชำระเงิน เพื่อใช้ในการตรวจสอบการทำงานของระบบบริหารจัดการร้านดอนยางคาร์แคร์ เมื่อพบว่า มีข้อผิดพลาดเกิดขึ้น ผู้พัฒนาจะย้อนกลับไปปรับปรุงแก้ไขงานในขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมใหม่ทำวนไปเรื่อย ๆ จนไม่มีข้อผิดพลาดหรือปัญหาจากการใช้งานอีก

6. การติดตั้ง

เมื่อทดสอบระบบจนมีความมั่นใจแล้วว่า ระบบบริหารจัดการร้านดอนยางคาร์แคร์ สามารถทำงานได้จริง และตรงตามความต้องการของผู้ใช้ จึงทำการติดตั้งองค์ประกอบต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องใช้กับระบบนี้ เพื่อให้สามารถใช้งานได้จริง

7. การบำรุงรักษา

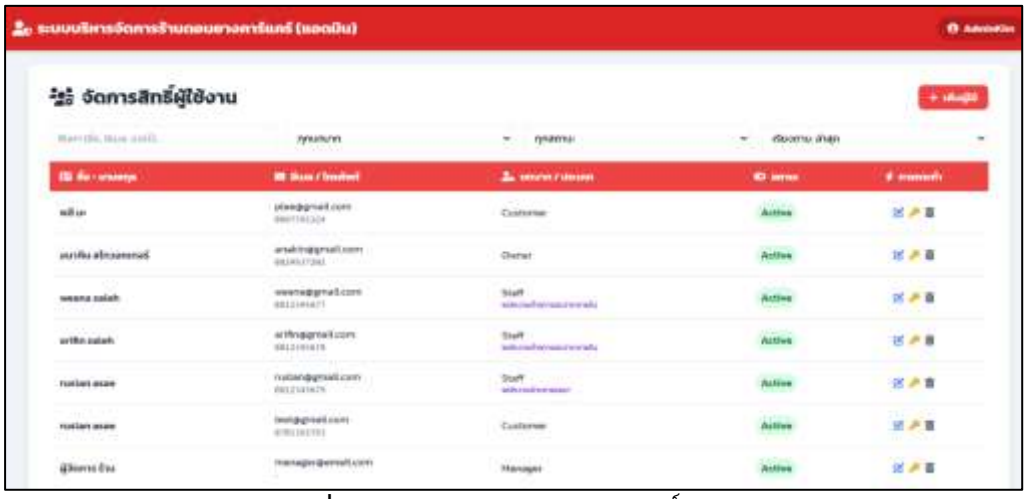
ในขั้นตอนนี้ การปรับปรุงแก้ไขระบบหลังจากที่ได้มีการติดตั้งและใช้งานแล้ว อาจเกิดจากปัญหาของโปรแกรม (Bug) ซึ่งต้องแก้ไขให้ถูกต้อง หรืออาจจะเกิดจากความต้องการของผู้ใช้งานที่ต้องปรับเพิ่มโมดูลในการทำงานอื่น ๆ โดยขึ้นกับความเหมาะสมที่ผู้พัฒนาจะพิจารณาตามข้อกำหนดหรือเงื่อนไขของขอบเขตงาน

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยของระบบบริหารจัดการร้านดอนยางคาร์แคร์ที่ได้ คือ 1) ผลการพัฒนาระบบบริหารจัดการร้านดอนยางคาร์แคร์ 2) ผลการประเมินคุณภาพของระบบบริหารจัดการร้านดอนยางคาร์แคร์ และ 3) ผลการประเมินความพึงพอใจของระบบบริหารจัดการร้านดอนยางคาร์แคร์ ดังนี้

1. ผลการพัฒนาระบบบริหารจัดการร้านดอนยางคาร์แคร์

การพัฒนาระบบบริหารจัดการร้านดอนยางคาร์แคร์ ประกอบด้วย ผู้ดูแลระบบ เจ้าของร้าน ผู้จัดการร้าน พนักงานทำความสะอาดภายในและพนักงานทำความสะอาดภายนอก ลูกค้าสมาชิก และลูกค้าทั่วไป แสดงดังภาพที่ 3



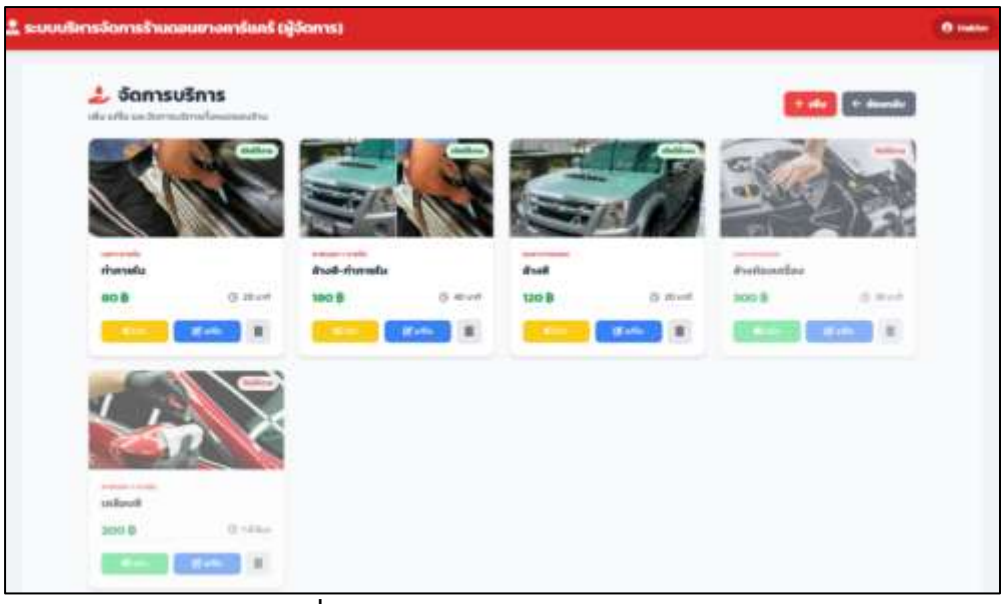
ภาพที่ 3 หน้าจอแสดงเมนูจัดการสิทธิ์ผู้ใช้งาน

จากภาพที่ 3 เป็นหน้าจอจัดการสิทธิ์เข้าใช้งานของผู้ดูแลระบบ สามารถดูรายละเอียดการจัดการสิทธิ์ผู้ใช้งาน ได้แก่ เพิ่มผู้ใช้ใหม่ แก้ไขสถานะของผู้ใช้งาน และลบสิทธิ์ของผู้ใช้งาน



ภาพที่ 4 หน้าจอแสดงรายงานสถิติการใช้บริการล้าง

หน้าจอตามสิทธิ์การใช้งานของเจ้าของร้าน จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ตามขอบเขตงาน คือ หน้าจอหลักดูรายงานภาพรวมธุรกิจ ดูรายงานสถิติการใช้บริการล้าง และดูรายงานสถิติการซื้อผลิตภัณฑ์ในภาพที่ 4 แสดงภาพรวมของธุรกิจที่สามารถเลือกดูตามช่วงเวลาของการใช้บริการล้าง ได้แก่ จำนวนครั้งที่ใช้บริการ เช่น ล้างสี หรือทำความสะอาดภายใน และสามารถดูแนวโน้มการใช้งานของบริการต่าง ๆ ได้



ภาพที่ 5 หน้าจอแสดงผลจัดการข้อมูลบริการ

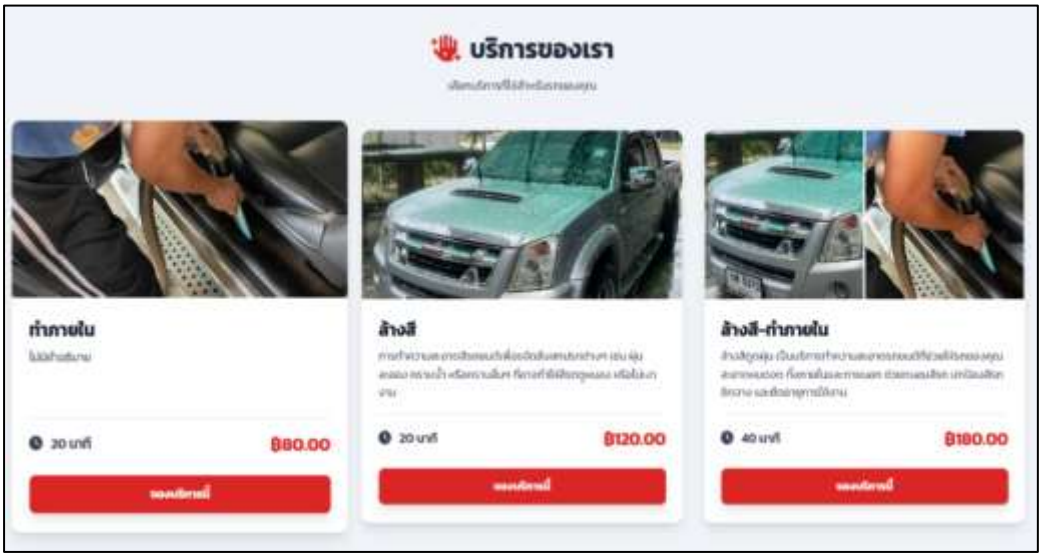
สำหรับผู้จัดการร้านหน้าจอตามสิทธิ์การใช้งานตามขอบเขตงาน คือ การแสดงหน้าหลัก จัดการคำสั่งซื้อ จัดการข้อมูลบริการ จัดการข้อมูลผลิตภัณฑ์ มอบหมายงานให้กับพนักงาน จัดการข้อมูลการชำระเงิน และออก

ใบเสร็จ จากภาพที่ 5 เป็นหน้าจอจัดการข้อมูลบริการสำหรับให้ผู้จัดการสามารถจัดการบริการทั้งหมดที่ร้านมี หน้าจอนี้ช่วยให้ผู้จัดการสามารถ เพิ่มบริการใหม่ แก้ไขรายละเอียดบริการที่มีอยู่ เช่น ราคาหรือระยะเวลา และกำหนดสถานะของการเปิด-ปิดการใช้งานในแต่ละบริการเพื่อให้ตรงกับความต้องการของธุรกิจ



ภาพที่ 6 หน้าจอของพนักงานทำความสะอาดภายนอก

จากภาพที่ 6 แสดงหน้าจอของพนักงานทำความสะอาดภายนอกที่รับงานจากผู้จัดการ โดยแสดงรายการงานที่ต้องทำในแต่ละวัน พร้อมรายละเอียดของงานแต่ละอย่าง และพนักงานสามารถอัพเดตสถานะของงานได้ เช่น จากกำลังทำงานเป็นส่งต่องานทีมภายใน หรือเสร็จสมบูรณ์ รวมถึงบันทึกข้อมูลการทำงานเพื่อให้ผู้จัดการทราบและติดตามความคืบหน้าของงานได้



ภาพที่ 7 หน้าจอเลือกบริการล้างรถของลูกค้าสมาชิก

การออกแบบหน้าจอตามสิทธิ์การใช้งานของลูกค้าสมาชิก สามารถ เลือกบริการล้างรถ เลือกซื้อผลิตภัณฑ์ กำหนดวันและเวลาในการจอง ตรวจสอบสถานะการล้าง และรับการแจ้งเตือนผ่านระบบ ภาพที่ 7 แสดงหน้าจอเลือกบริการล้างรถที่ต้องการ โดยหน้านี้จะแสดงรายการบริการทั้งหมด ของร้านพร้อมรายละเอียด เช่น ชื่อบริการ ราคา และระยะเวลา เพื่อให้ลูกค้าสามารถเลือกจองบริการต่าง ๆ ของทางร้านได้

2. ผลการประเมินคุณภาพระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ

การประเมินคุณภาพของระบบบริหารจัดการร้านดอนยางคาร์แคร์โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน รายการประเมินมีทั้งหมด จำนวน 4 ด้าน ประกอบด้วย ด้านความปลอดภัย ด้านความถูกต้อง ด้านการออกแบบระบบ และด้านการนำไปใช้ประโยชน์ สรุปดังตารางที่ 1 การประเมินคุณภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ

ตารางที่ 1 การประเมินคุณภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	$\bar{x}$	**S.D.**	**ระดับคุณภาพ**
1. ด้านความปลอดภัย	4.87	0.35	มากที่สุด
2. ด้านความถูกต้อง	4.86	0.36	มากที่สุด
3. ด้านการออกแบบ	4.95	0.22	มากที่สุด
4. ด้านการนำไปใช้ประโยชน์	5.00	0.00	มากที่สุด
ภาพรวม	**4.92**	**0.28**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่าระบบบริหารจัดการร้านดอนยางคาร์แคร์ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.92, S.D. = 0.28) เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ทุกด้านอยู่ในระดับมากที่สุด โดยด้านการนำไปใช้ประโยชน์มีค่าสูงสุด ($\bar{x}$ = 5.00, S.D. = 0.00) รองลงมาด้านการออกแบบ ($\bar{x}$ = 4.95, S.D. = 0.22) ด้านความปลอดภัย ($\bar{x}$ = 4.87, S.D. = 0.35) และด้านความถูกต้อง ($\bar{x}$ = 4.86, S.D. = 0.36) ตามลำดับ

3. ผลการประเมินความพึงพอใจระบบโดยผู้ใช้งาน

สรุปผลการประเมินความพึงพอใจของระบบบริหารจัดการร้านดอนยางคาร์แคร์โดยกลุ่มของผู้ใช้งาน จำนวน 19 คน โดยประเมิน 2 ด้าน คือ ด้านกระบวนการทำงานของระบบและด้านการติดต่อกับระบบงาน ผลการประเมินแสดงตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การประเมินความพึงพอใจระบบโดยผู้ใช้งาน

รายการประเมิน	$\bar{x}$	**S.D.**	**ระดับคุณภาพ**
1. ด้านกระบวนการทำงานของระบบงาน	4.68	0.47	มากที่สุด
2. ด้านการติดต่อกับระบบงาน	4.66	0.50	มากที่สุด
ภาพรวม	**4.67**	**0.48**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจระบบโดยผู้ใช้งาน พบว่า ระบบบริหารจัดการร้านดอนยางคาร์แคร์ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.67, S.D. = 0.48) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ทุกด้านอยู่ในระดับมากที่สุด โดยด้านกระบวนการทำงานของระบบงานมีค่าสูงสุด ($\bar{x}$ = 4.68, S.D. = 0.47) และรองลงมาด้านการติดต่อกับระบบงาน ($\bar{x}$ = 4.66, S.D. = 0.50) ตามลำดับ

วิจารณ์ผล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาระบบบริหารจัดการร้านดอนยางคาร์แคร์ โดยสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ ทั้งในด้านการออกแบบและพัฒนาระบบให้ตอบสนองต่อการใช้งานจริง ซึ่งสอดคล้องกับผลการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญและผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่ปรากฏผลเป็นที่น่าพอใจอยู่ในระดับมากที่สุดเช่นกัน แสดงให้เห็นว่าระบบมีความเหมาะสม ง่ายต่อการใช้งาน และช่วยแก้ไขปัญหาการจัดการจองคิวแบบดั้งเดิมได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังช่วยให้ผู้ใช้งานระบบตามสิทธิ์สามารถปฏิบัติหน้าที่ได้สะดวกยิ่งขึ้น ทำให้การบริการลูกค้ามีความรวดเร็ว ถูกต้อง และเพิ่มคุณภาพในการให้บริการของร้านโดยรวมได้เป็นอย่างดี โดยผลการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.92, S.D. = 0.28) และผลการประเมินความพึงพอใจโดยผู้ใช้งาน ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.67, S.D. = 0.48) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของธนกฤต ตินพ และคณะ (2564) การพัฒนาระบบจองคิวออนไลน์สำหรับการเข้ารับบริการดูแลรักษารถยนต์ กรณีศึกษาบริการคาร์แคร์ที่พบว่า ระบบสามารถอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้บริการในการเรียกดูข้อมูลรายละเอียดการบริการต่าง ๆ และสามารถจองคิวออนไลน์ได้ด้วยตนเองได้เป็นอย่างดี และสอดคล้องกับงานวิจัยของกิตติมา เหมจินดา และคณะ (2566) ที่เน้นการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อจัดการร้านค้าที่สามารถจัดการ ข้อมูลสมาชิก สินค้า การขาย และ ออกรายงานต่าง ๆ เช่น รายงานสรุปยอดขายและสินค้าได้ โดยสามารถนำไปใช้วิเคราะห์และวางแผนการตลาดได้ซึ่งสอดคล้องกับฟังก์ชันการทำงานของเจ้าของร้านและผู้จัดการร้านดอนยางคาร์แคร์

สรุปผล

ระบบบริหารจัดการร้านดอนยางคาร์แคร์เกิดจากการพบปัญหาของระบบการจองคิวและการให้บริการแบบดั้งเดิมของร้านที่ยังไม่เป็นระบบและยังมีประสิทธิภาพไม่ดีพอ ทำให้ขาดความสะดวกทั้งลูกค้า พนักงานและเจ้าของร้าน ดังนั้น จึงจำเป็นต้องอาศัยเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาช่วยในการจัดเก็บข้อมูลเอกสารและจัดการให้

เป็นระบบในรูปแบบออนไลน์ โดยมี วัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อ 1) เพื่อวิเคราะห์ ออกแบบ และพัฒนาระบบบริหารจัดการร้านดอนยางคาร์แคร์ 2) เพื่อประเมินคุณภาพของระบบบริหารจัดการร้านดอนยางคาร์แคร์ และ3) เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบบริหารจัดการร้านดอนยางคาร์แคร์ ผลการวิจัย พบว่า 1) พัฒนาระบบดำเนินการตามกรอบแนวคิดของวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle : SDLC) โดยเริ่มจากการวิเคราะห์ปัญหาระบบงานเดิม ได้สรุปปัญหาโดยใช้แผนผังแสดงเหตุและผล Cause and Effect Diagram ทำการวิเคราะห์ระบบงานเดิมและระบบงานใหม่ สำหรับการออกแบบระบบงานเพื่อแสดงขอบเขตและความสัมพันธ์ของระบบกับส่วนงานภายนอกรวมถึงกระบวนการทำงานหลักของระบบได้ใช้ Data Flow Diagram ส่วนของการจำลองโครงสร้างและความสัมพันธ์ของข้อมูลในฐานข้อมูลใช้ E-R Diagram และData Dictionary เพื่ออธิบายรายละเอียดของข้อมูลแต่ละส่วนอย่างชัดเจน สำหรับการพัฒนาระบบใช้เครื่องมือสำคัญประกอบด้วยภาษาโปรแกรม PHP HTML JavaScript และฐานข้อมูล MySQL และโปรแกรมพัฒนาระบบ Visual Studio Code ทั้งนี้ระบบที่ได้มีการแบ่งสิทธิ์การใช้งานออกเป็น 7 กลุ่ม ได้แก่ ผู้ดูแลระบบ เจ้าของร้าน ผู้จัดการร้าน พนักงานทำความสะอาดภายนอก พนักงานทำความสะอาดภายใน ลูกค้าสมาชิก และลูกค้าทั่วไป ผลการพัฒนาระบบทำให้ผู้ใช้งานแต่ละกลุ่มสามารถใช้งานจริงได้ตรงตามหน้าที่ และระบบสามารถช่วยให้การจัดการข้อมูล การติดตามงาน และการให้บริการลูกค้าเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ 2) ผลการประเมินคุณภาพ พบว่า ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.92, S.D. = 0.28) และ 3) ผลการประเมินความพึงพอใจระบบโดยผู้ใช้งานภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.67, S.D. = 0.48)

เอกสารอ้างอิง

กิตติมา เหมจินดา, วัลลภา โคตะวินนท์, และประคองศรี ถนอมนวล. 2566. การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการร้านลัคกี้ผ้าไหมผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต. วารสารวิชาการเฉลิมกาญจนา, 10(1): 121–131.

กัลยา วานิชย์บัญชา. 2542. การวิเคราะห์สถิติ: สถิติเพื่อการตัดสินใจ (พิมพ์ครั้งที่ 4). โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ธนกฤต ตินพ, สุธารัตน์ ชาวนาฟาง, และอุษณีย์ ภักดีตระกูลวงศ์. 2564. การพัฒนาระบบจองคิวออนไลน์สำหรับการเข้ารับบริการดูแลรักษารถยนต์ กรณีศึกษาบริการคาร์แคร์. วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา, 2(2): 25–37.

อรยา ปรีชานิช. 2557. คู่มือเรียน การวิเคราะห์และออกแบบระบบ. บริษัท ไอดีซี พรีเมียร์ จำกัด, นนทบุรี.

โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. 2555. การวิเคราะห์และออกแบบระบบ (ฉบับปรับปรุงเพิ่มเติม). บริษัท ซีเอ็ด ยูเคชั่น จำกัด, กรุงเทพฯ.

การพัฒนาเว็บไซต์ยืม - คืน ครุภัณฑ์ กรณีศึกษา สำนักงานพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์จังหวัดพิษณุโลก

Development of an Equipment Borrowing and Returning Social Development and Human Security , Phitsanulok Provincial

ชญาณี กลีวัตร[1*] ธมลวรรณ โพธิ์ศรีทอง[2] ภาวินี อินทร์ทอง[3] และ ณัฐธยาน์ เฟื่องห้อย[4]

Chayanee Kliwat[1*] Thamonwan Phosrithong [2] Pavinee Inthong[3] and Nuttaya Fuanghoi[4]

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก 65000

[1] Information Technology, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok 65000

*Corresponding author E-mail: chayanee.kli67@psru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาเว็บไซต์ยืม-คืน ครุภัณฑ์ กรณีศึกษา สำนักงานพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์จังหวัดพิษณุโลก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวคิด วิเคราะห์ ออกแบบ และประเมินประสิทธิภาพ รวมถึงความพึงพอใจที่มีต่อเครื่องมือสารสนเทศดังกล่าว งานวิจัยนี้พัฒนาขึ้นโดยใช้ภาษาไทป์สคริปต์ ร่วมกับเฟรมเวิร์กเน็กซ์เจเอส และเทลวินด์ซีเอสเอส สำหรับการจัดองค์ประกอบส่วนต่อประสานผู้ใช้งาน ใช้พริสมาร่วมกับโพสต์เกรสคิวแอล ในการบริหารจัดการฐานข้อมูล เพื่อช่วยให้การบันทึกข้อมูลครุภัณฑ์มีความเป็นระเบียบและเพิ่มความสะดวกในการปฏิบัติงานของหน่วยงาน

ผลการวิจัยพบว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถรองรับการดำเนินงานได้อย่างถูกต้องแม่นยำ โดยเฉพาะในด้านการสืบค้นข้อมูลและตรวจสอบประวัติการใช้งานที่รวดเร็ว ซึ่งช่วยลดขั้นตอนการดำเนินงานเชิงเอกสารได้ สำหรับผลการประเมินคุณภาพพบว่า กลุ่มตัวอย่างจำนวน 12 ท่าน มีความพึงพอใจต่อระบบในระดับมากที่สุด ($\overline{x}$ = 4.67, S.D. = 0.23) และที่ผลการประเมินประสิทธิภาพโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศจำนวน 3 ท่าน พบว่าระบบมีคุณภาพโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\overline{x}$ = 3.77, S.D. 0.31) ข้อสรุปจากการวิจัยนี้ แสดงให้เห็นว่าระบบสารสนเทศดังกล่าว สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานได้ดียิ่งขึ้น

คำสำคัญ : ระบบยืม-คืนครุภัณฑ์, เว็บแอปพลิเคชัน, การบริหารจัดการข้อมูล

Abstract

This research focuses on the development of a web-based equipment borrowing and returning system, with a case study of the Phitsanulok Provincial Office of Social Development and Human Security. The objectives of the study are to examine relevant concepts, analyze requirements, design the system, and evaluate both the system performance and user satisfaction with the developed information tool. The system was developed using TypeScript in conjunction with the Next.js framework and Tailwind CSS for user interface layout and design. Prisma was integrated with PostgreSQL for database management to ensure systematic data recording and to enhance operational convenience for the organization.

The research results indicate that the developed system can support operational processes with a high level of accuracy, particularly in terms of rapid data retrieval and efficient verification of usage history, which helps reduce documentation-related procedures. The quality evaluation results show that a sample group of 12 users expressed the highest level of satisfaction with the system ($\bar{x}$ = 4.67, S.D. = 0.23). In addition, the performance evaluation conducted by three information technology experts revealed that the overall system quality was at a high level ($\bar{x}$ = 3.77, S.D. = 0.31). The conclusions drawn from this study demonstrate that the developed information system can be effectively applied to further enhance operational efficiency.

Keywords : Equipment Borrow-Return Website, Web Application, Data Management

บทนำ

การบริหารจัดการทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพถือเป็นปัจจัยสำคัญในการขับเคลื่อนภารกิจของหน่วยงานภาครัฐ ตามนโยบายการพัฒนาระบบราชการสู่ยุคดิจิทัล (Digital Government) ที่มุ่งเน้นการใช้เทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานและความโปร่งใส สำนักงานพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์จังหวัดพิษณุโลก ซึ่งมีภารกิจหลักในการส่งเสริมคุณภาพชีวิตประชาชน จำเป็นต้องมีความพร้อมด้านทรัพยากรครุภัณฑ์เพื่อสนับสนุนการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ให้เกิดความคล่องตัวและตอบสนองความต้องการของประชาชนได้อย่างรวดเร็ว

จากการศึกษาการดำเนินงานในสำนักงานพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์จังหวัดพิษณุโลก มีบุคลากรปฏิบัติงานจำนวน 42 คน พบปัญหาการบริหารจัดการระบบยืม-คืนครุภัณฑ์เป็นจำนวนมากยังใช้การจดบันทึกด้วยมือลงในเอกสารเป็นหลัก ทำให้เกิดความล่าช้าต้องเสียเวลาค้นหาข้อมูลจากแฟ้มเป็นจำนวนมาก ในขั้นตอนการอนุมัติและการตรวจสอบสถานะความพร้อมของอุปกรณ์ เจ้าหน้าที่ไม่ได้ระบุครุภัณฑ์ชิ้นไหนว่างหรือ

ถูกใช้งานอยู่ทันที เมื่อต้องการตรวจสอบประวัติการใช้งานย้อนหลังของครุภัณฑ์ หากเกิดความสูญหายหรือเสียหายไม่สามารถหาผู้รับผิดชอบได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วณิชธารณ์ ยมวนา (2566) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบฐานข้อมูลทะเบียนครุภัณฑ์คอมพิวเตอร์ อาคารสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อแก้ปัญหาการตรวจสอบครุภัณฑ์ที่มีความล่าช้าและข้อมูลไม่มีการอัพเดท โดยใช้เครื่องมือเทคโนโลยี Google Workspace นำหลักวงจรการพัฒนาระบบมาใช้สำหรับการออกแบบระบบ และแสดงผลรายงานสรุปผ่าน Looker Studio พบว่าการพัฒนาระบบช่วยให้เจ้าหน้าที่สามารถตรวจสอบและนำเอาข้อมูลเข้าผ่านระบบออนไลน์ได้สะดวก

จากสภาพปัญหาที่กล่าวมา ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำเว็บไซต์มาช่วยในการบริหารจัดการระบบการพัฒนาเว็บไซต์ยืม-คืนครุภัณฑ์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ระบบใหม่นี้จะถูกออกแบบให้ใช้งานง่าย และสามารถสแกนคิวอาร์โค้ดเพื่อเช็คสถานะครุภัณฑ์แบบเรียลไทม์ ซึ่งจะช่วยแก้ปัญหาความผิดพลาดของข้อมูล และยังช่วยให้สามารถทำการบริหารจัดการการยืม-คืนครุภัณฑ์ได้อย่างรวดเร็ว มีความถูกต้องมากขึ้น

วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยการพัฒนาเว็บไซต์ยืม-คืนครุภัณฑ์ กรณีศึกษา สำนักงานพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์จังหวัดพิษณุโลก โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร ได้แก่ บุคลากรของสำนักงานพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์จังหวัดพิษณุโลก จำนวนทั้งหมด 42 คน

2. กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ เจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบและบุคลากรผู้ใช้งานทั่วไปของสำนักงานพัฒนาสังคมและความมั่นคงของจังหวัดพิษณุโลก จำนวน 12 คน โดยใช้วิธีเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนี้ ประกอบด้วย

1. ระบบเว็บไซต์ยืม-คืนครุภัณฑ์ กรณีศึกษา สำนักงานพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์จังหวัดพิษณุโลก

2. แบบประเมินประสิทธิภาพของระบบเว็บไซต์ยืม-คืนครุภัณฑ์ กรณีศึกษา สำนักงานพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์จังหวัดพิษณุโลก

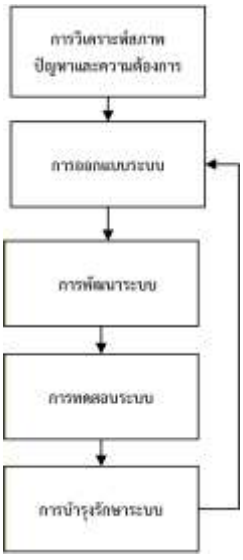
3. แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ระบบเว็บไซต์ยืม-คืนครุภัณฑ์ กรณีศึกษา สำนักงานพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์จังหวัดพิษณุโลก

การศึกษาและทบทวนวรรณกรรม

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบบริหารจัดการวัสดุและครุภัณฑ์ พบว่ามีการนำเทคโนโลยีเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้ภาษาพีเอชพี (PHP) ร่วมกับฐานข้อมูลมายเอสคิวแอล (MySQL) มาประยุกต์ใช้ในหลายงานวิจัย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการข้อมูล โดย เสาวนีย์ สุริยะเจริญ (2567) ได้พัฒนาระบบตามวงจรการพัฒนาระบบ (SDLC) 7 ขั้นตอน ซึ่งผลการศึกษาพบว่าช่วยลดความซ้ำซ้อนในการทำงานและผู้ใช้มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.53) โดยเฉพาะด้านความปลอดภัยในการจัดการข้อมูล ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับ อภิสิทธิ์ โพทอง (2567) ที่ได้ศึกษาวิจัยและพัฒนาระบบยืม – คืนวัสดุและครุภัณฑ์ เพื่อแก้ปัญหาการสูญหายและข้อผิดพลาดจากการบันทึกข้อมูลลงบนกระดาษ ส่งผลให้การจัดการข้อมูลเป็นระเบียบและตรวจสอบสถานะได้รวดเร็ว ($\bar{X}$ = 4.56) เช่นเดียวกับงานวิจัยของ ธันยรัศมิ์ ผุริจันทร์ และคณะ (2567) ที่มุ่งเน้นการพัฒนาฟังก์ชันการตัดยอดวัสดุแบบเรียลไทม์เพื่อทดแทนระบบเอกสารเดิม ซึ่งช่วยสนับสนุนการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ($\bar{X}$ = 4.65) นอกจากนี้ งานวิจัยของ ณัฐภัทร จินดาดวง และคณะ (2566) ที่พัฒนาระบบเบิกจ่ายให้รองรับอุปกรณ์พกพา ซึ่งช่วยลดการใช้ทรัพยากรและเพิ่มความรวดเร็วในการตรวจสอบยอดคงเหลือ ($\bar{X}$ = 4.41) และงานวิจัยของ กฤษฎา ป้อมศรี และคณะ (2565) ที่ได้พัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ที่มีจุดเด่นด้านการออกรายงานสรุปยอดคงเหลืออัตโนมัติ โดยพบว่าระบบมีความเสถียร และช่วยให้เจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานได้รวดเร็วกว่าระบบเดิม ($\bar{X}$ = 4.14)

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

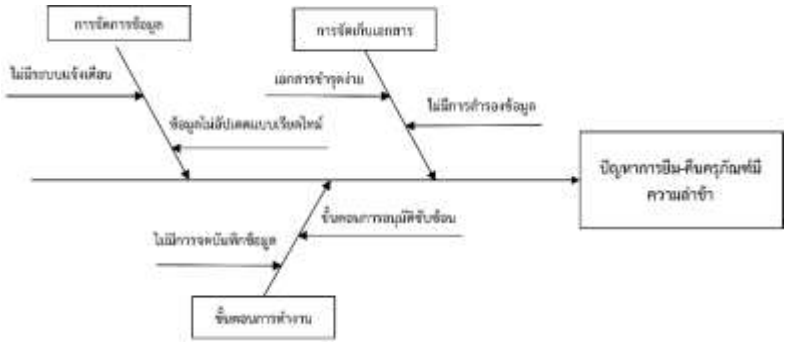
ผู้วิจัย ออกแบบและพัฒนาระบบโดยใช้ทฤษฎี วงจรการพัฒนาระบบ โดยประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การวิเคราะห์สภาพปัญหาและความต้องการ

ผู้วิจัยดำเนินการศึกษาระบบงานเดิมของสำนักงานพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์จังหวัดพิษณุโลก ผ่านการสัมภาษณ์บุคลากร พบปัญหาสำคัญ 3 ด้าน ประกอบด้วย ด้านการจัดการข้อมูลที่ไม่เป็นปัจจุบันทำให้ไม่สามารถติดตามสถานะครุภัณฑ์ได้ ด้านการจัดเก็บเอกสารที่เสี่ยงต่อการชำรุดสูญหายและขาดการสำรองข้อมูล และด้านกระบวนการยืม-คืนที่มีความล่าช้าจากการขาดการบันทึกข้อมูลที่เป็นระบบ ส่งผลให้ขาดแหล่งอ้างอิงที่ถูกต้องในการตรวจสอบข้อมูลย้อนหลัง ผู้วิจัยสรุปสภาพปัญหา ดังภาพที่ 2

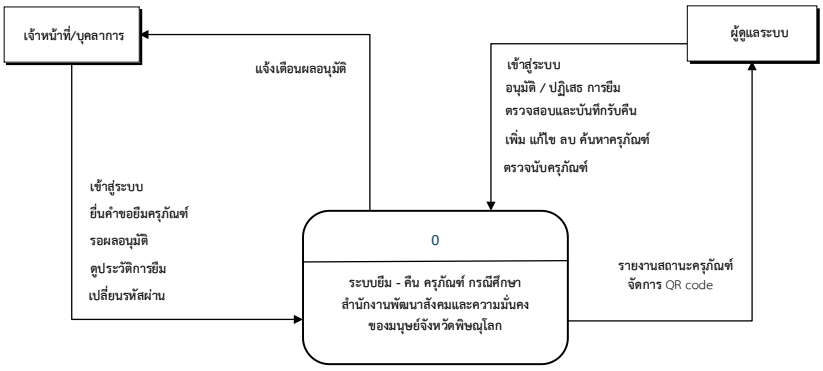


ภาพที่ 2 แผนภาพภูมิก้างปลาระบบงานแบบเดิม

2. การออกแบบระบบ

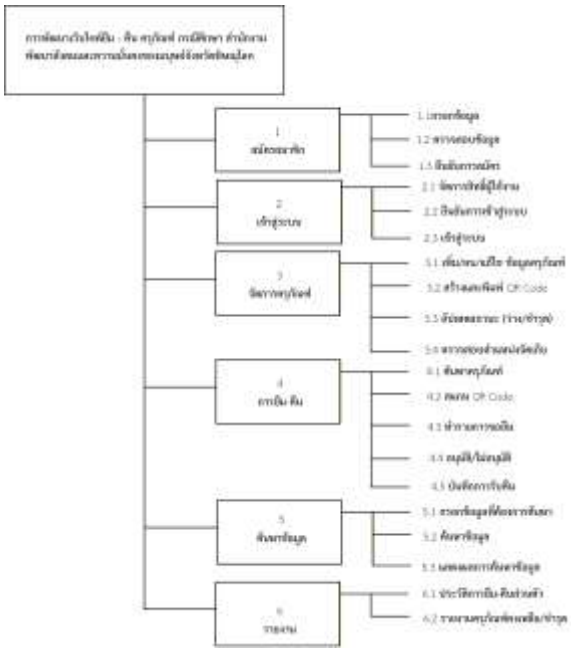
การพัฒนาเว็บไซต์ยืม-คืนครุภัณฑ์ กรณีศึกษา สำนักงานพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์จังหวัดพิษณุโลก นำหลักการวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้งาน มาออกแบบระบบโดยใช้แผนภาพจำลองการทำงานและโครงสร้างข้อมูล เพื่อให้เห็นภาพรวมของระบบการทำงานได้ชัดเจนก่อนเริ่มการเขียนโปรแกรม โดยผู้วิจัยได้ออกแบบ 4 ส่วนหลัก ได้แก่ แผนภาพบริบท, ลำดับขั้นกระบวนการทำงาน, แผนภาพความสัมพันธ์ของข้อมูล, และผังงาน รายละเอียด ดังนี้

2.1 ผู้วิจัยได้ออกแบบแผนภาพบริบท เพื่อกำหนดขอบเขตการทำงานของระบบและแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระบบกับผู้ใช้งาน โดยแบ่งผู้ใช้งานออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ บุคลากร และผู้ดูแลระบบ ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แผนภาพบริบท เว็บไซต์ยืม-คืนครุภัณฑ์

2.2 ลำดับขั้นกระบวนการทำงาน

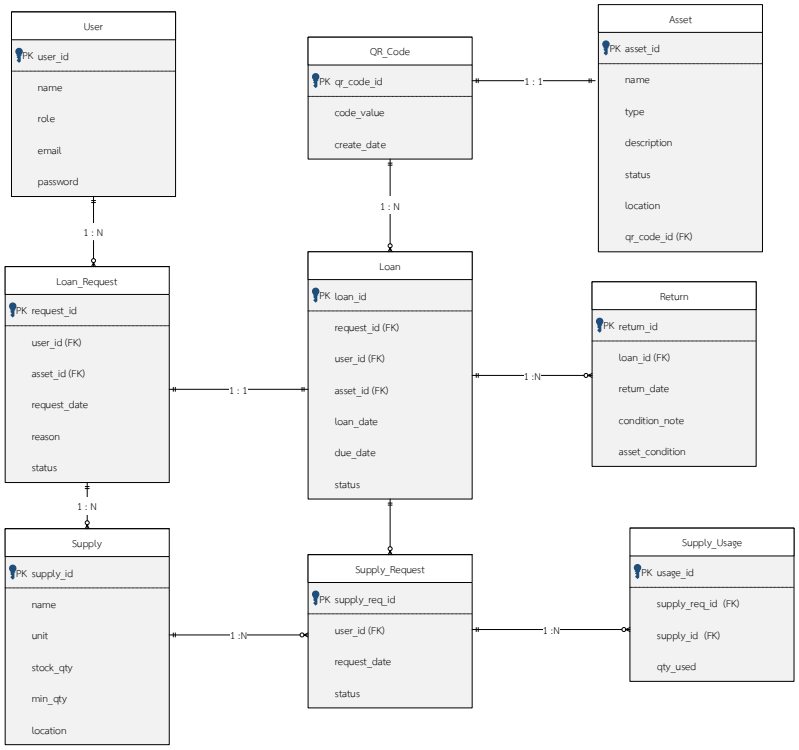


ภาพที่ 4 ลำดับขั้นกระบวนการทำงาน เว็บไซต์ยืม-คืนครุภัณฑ์

จากภาพที่ 4 แสดงให้เห็นถึง ลำดับขั้นกระบวนการทำงานของ เว็บไซต์ยืม-คืนครุภัณฑ์ กรณีศึกษา สำนักงานพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์ จังหวัดพิษณุโลก ประกอบด้วย 6 โมดูลหลัก คือ สมัครสมาชิก, เข้าสู่ระบบ, จัดการครุภัณฑ์, การยืม-คืน, ค้นหาข้อมูล, รายงาน

2.3 แผนภาพความสัมพันธ์ของข้อมูล (ER Diagram)

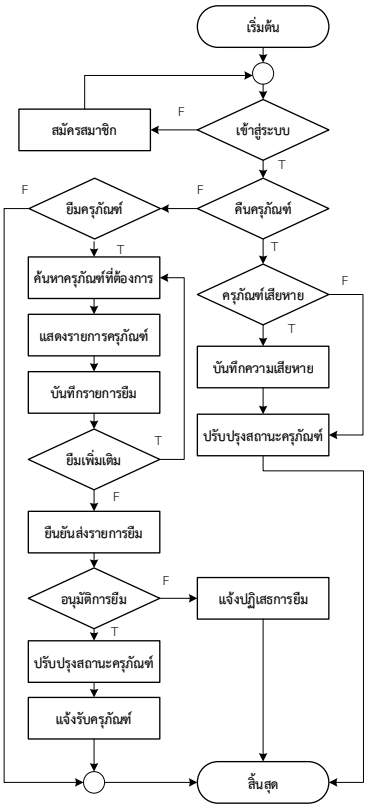
จากการออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูล ภาพที่ 5 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลภายในเว็บไซต์ยืม-คืนครุภัณฑ์ กรณีศึกษา สำนักงานพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์จังหวัดพิษณุโลก โดยจำลองโครงสร้างการเชื่อมโยงระหว่างข้อมูล ในแต่ละส่วน เพื่อรองรับฟังก์ชันการทำงานหลักและช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถดำเนินธุรกรรมการยืมและส่งคืนครุภัณฑ์ได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 5 แผนภาพความสัมพันธ์ของข้อมูล (ER Diagram) ของเว็บไซต์ยืม-คืนครุภัณฑ์

2.4 ผังงาน

กระบวนการทำงานของเว็บไซต์ยืม-คืนครุภัณฑ์ กรณีศึกษา สำนักงานพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์จังหวัดพิษณุโลก เริ่มต้นด้วยการยืนยันตัวตนเข้าสู่ระบบเพื่อสืบค้นและเลือกรายการครุภัณฑ์ตามเงื่อนไขที่ต้องการ ก่อนส่งคำขออนุมัติไปยังผู้ดูแลระบบเพื่อพิจารณาตรวจสอบ หากผลการพิจารณาไม่ผ่านระบบจะแจ้งสถานะให้ผู้ใช้ทราบ แต่หากได้รับการอนุมัติระบบจะบันทึกข้อมูลการยืมครุภัณฑ์ดังกล่าว และในขั้นตอนการส่งคืนจะมีการประเมินสภาพครุภัณฑ์เพื่อบันทึกผลการคืนในลักษณะปกติหรือชำรุด ก่อนที่ระบบจะดำเนินการปรับปรุงสถานะ ของครุภัณฑ์ให้กลับมาอยู่ในสภาวะพร้อมใช้งาน ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ผังงาน ของระบบยืม-คืนครุภัณฑ์

3. การพัฒนาระบบ

ในการพัฒนาระบบครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาทั้ง ส่วนติดต่อผู้ใช้งานและส่วนจัดการฐานข้อมูล โดยใช้ เนกซ์เจเอส ที่ทำงานบนสภาพแวดล้อม โนดเจเอส เป็นหลัก และเขียนชุดคำสั่งด้วยภาษา ไทป์สคริปต์ เพื่อควบคุมฟังก์ชันการทำงานของระบบ ในส่วนของการออกแบบหน้าจอและการแสดงผลได้เลือกใช้ เทลวินด์ ซี เอสเอส สำหรับการจัดการข้อมูลใช้ฐานข้อมูล โพสต์เกรสคิวแอล โดยเชื่อมต่อและบริหารจัดการผ่าน พริสมา โอ อาร์เอ็ม ทั้งนี้ใช้เครื่องมือ วิชวล สตูดิโอ โค้ด ในการเขียนโปรแกรม ควบคุมเวอร์ชันและสำรองไฟล์งานด้วย กิต ฮับ และทำการติดตั้งระบบเพื่อใช้งานจริงบนแพลตฟอร์ม เวอร์เซล

4. การทดสอบระบบ

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้เครื่องมือแบบสอบถามด้วยกูเกิ้ลฟอร์ม ซึ่งแบ่งการประเมิน เป็น 2 ส่วน ได้แก่ การทดสอบประสิทธิภาพของระบบจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ และการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่าง นำไปวิเคราะห์ผลด้วยวิธีการทางสถิติ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย $\bar{x}$ และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) มีเกฑณ์ ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2543)

คะแนนเฉลี่ย 4.51 – 5.00 หมายถึง มีระดับความพึงพอใจ มากที่สุด

คะแนนเฉลี่ย 3.51 – 4.50 หมายถึง มีระดับความพึงพอใจ มาก

คะแนนเฉลี่ย 2.51 – 3.50 หมายถึง มีระดับความพึงพอใจ ปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.51 – 2.50 หมายถึง มีระดับความพึงพอใจ น้อย

คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.50 หมายถึง มีระดับความพึงพอใจ น้อยที่สุด

การทดสอบระบบ ใช้สถิติสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

4.1 หาค่าเฉลี่ย (Mean)

จากสูตร $$\bar{x} = \frac{\sum x}{N} \quad (1)$$

เมื่อ $\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ย

$\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N แทน จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่าง

4.2 หาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

จากสูตร $$S.D. = \sqrt{\frac{N\sum x^2 - (\sum x^2)}{N(N-1)}} \quad (2)$$

เมื่อ S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

x แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

$\sum x^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง

N แทน จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่าง

5. การบำรุงรักษาระบบ

ในการพัฒนา เว็บไซต์ยืม-คืนครุภัณฑ์ กรณีศึกษา สำนักงานพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์จังหวัดพิษณุโลก ผู้วิจัยได้นำขึ้นบนแพลตฟอร์มเวอร์เซลเพื่อให้กลุ่มตัวอย่างเข้าใช้งาน ในการดูแลรักษาระบบผู้วิจัยเน้นการตรวจสอบสถานะของฐานข้อมูลให้เป็นปกติ รวมถึงการตรวจสอบความถูกต้องของการแสดงผล

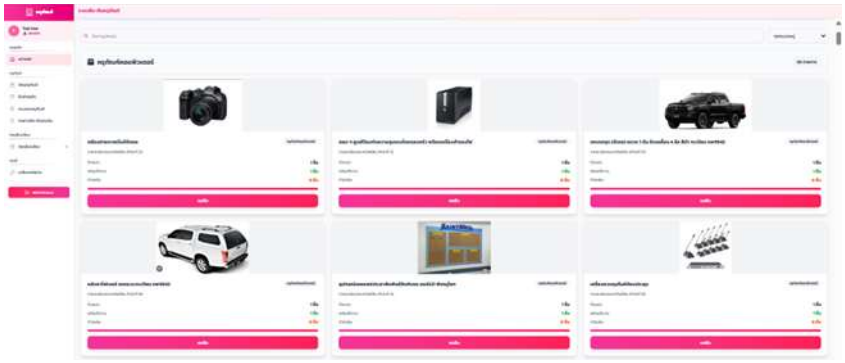
ผลการวิจัย (TH SarabunPSK 16 pt. หนา ชิดซ้าย)

1. ผลการพัฒนาระบบ

ผู้วิจัยได้พัฒนา เว็บไซต์ยืม-คืนครุภัณฑ์ กรณีศึกษา สำนักงานพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์จังหวัดพิษณุโลก มีการกำหนดสิทธิ์ในการเข้าใช้ 2 ส่วน ดังนี้

1.1 ส่วนการทำงานสำหรับผู้ใช้งาน

ผู้ใช้งาน คือ เจ้าหน้าที่ บุคลากร ของสำนักงานการพัฒนาเว็บไซต์ยืม - คืน ครุภัณฑ์ กรณีศึกษาสำนักงานพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์จังหวัดพิษณุโลก โดยสามารถเข้ามายืม-คืน ครุภัณฑ์ที่มีในระบบได้ ผู้ใช้งานสามารถทำการเลือกหมวดหมู่ เพื่อสืบค้นรายการครุภัณฑ์ที่ต้องการได้ แสดงดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 แสดงรายการครุภัณฑ์ทั้งหมด

ผู้ใช้งานสามารถพิมพ์รายการครุภัณฑ์ที่ต้องการสืบค้น และเมื่อทำการสืบค้นข้อมูลในคลังแล้ว จะแสดงรายละเอียดครุภัณฑ์ดังกล่าวขึ้นมา จากตัวอย่าง ทำการค้นหาตู้ ผลการค้นหา แสดงดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ผลการค้นหาตู้

ผู้ใช้กดปุ่ม เพื่อยื่นคำขอยืม เพื่อทำการยืมครุภัณฑ์ผู้ใช้งานระบุรายละเอียดที่จำเป็นจากนั้นกดปุ่ม ส่งคำขอ เพื่อยื่นพิจารณาการยืมครุภัณฑ์ รายละเอียดบันทึกข้อมูลแสดง ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 แสดงหน้าแบบฟอร์มบันทึกข้อมูลการขอยืมครุภัณฑ์

จากนั้น ผู้ใช้งานสามารถติดตามสถานการณ์ยืมของตนเองที่ได้ โดยมี 3 สถานะ คือ รออนุมัติ, อนุมัติแล้ว และไม่อนุมัติ แสดงดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 แสดงหน้าจอติดตามสถานะ

1.2 ส่วนการทำงานสำหรับผู้ดูแลระบบ

ผู้ดูแลระบบ คือ เจ้าหน้าที่ ของสำนักงานพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์จังหวัดพิษณุโลก ซึ่งสามารถดูรายงานสรุปข้อมูลการยืม-คืน ครุภัณฑ์ทั้งหมดได้ แสดงดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 หน้าจอแสดงข้อมูลรายงานสรุปการยืม-คืน ครุภัณฑ์

ผู้ดูแลระบบสามารถตรวจสอบคำร้องขอที่ถูกส่งมา เพื่อยืมครุภัณฑ์จากผู้ใช้งาน โดยระบบสามารถค้นหาคำขอ, ตรวจสอบรายละเอียด และดำเนินการอนุมัติ หรือปฏิเสธการยืมได้ แสดงดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 แสดงหน้าจัดการคำขอยืมและการอนุมัติรายการ

ผู้ดูแลระบบสามารถเพิ่มรายการครุภัณฑ์ใหม่เข้าสู่ระบบได้ ซึ่งมีการจัดเก็บ ข้อมูลครุภัณฑ์ เลขครุภัณฑ์ หมวดหมู่ ราคา รหัสสินทรัพย์ วันที่บันทึกข้อมูล สถานะครุภัณฑ์ จำนวนครุภัณฑ์ รูปภาพ แสดงรายละเอียด ดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 แสดงหน้าจอการบริหารจัดการข้อมูลครุภัณฑ์

ผู้ดูแลระบบสามารถเรียกดูสรุปข้อมูลย้อนหลังได้ ไม่ว่าจะเป็น รายละเอียดการยืม, รายละเอียดการคืนครุภัณฑ์, รายละเอียดการชำรุดเสียหายของครุภัณฑ์ แสดงดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 แสดงหน้าจอประวัติการยืม-คืนย้อนหลัง

2. ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบยืม - คืน ครุภัณฑ์

ผู้วิจัยได้ดำเนินการประเมินประสิทธิภาพของระบบ เพื่อการบริหารจัดการครุภัณฑ์ เว็บไซต์ยืม - คืนครุภัณฑ์ กรณีศึกษา สำนักงานพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์จังหวัดพิษณุโลก โดยให้ผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้และประสบการณ์ทางเทคโนโลยีสารสนเทศและการพัฒนาระบบ จำนวน 3 ท่าน เป็นผู้ทำการตรวจสอบและประเมินคุณภาพของระบบในด้านต่างๆ ผลการประเมิน แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพของเว็บไซต์ ยืม - คืน ครุภัณฑ์

รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	การแปรผล
1. ความถูกต้องแม่นยำของการประมวลผลและการทำงานของระบบโดยรวม	4.33	0.58	มาก
2. ประสิทธิภาพในการบริหารจัดการและจัดเก็บข้อมูลในระบบฐานข้อมูล	4.33	0.58	มาก
3. ประสิทธิภาพในการปรับปรุงสถานะครุภัณฑ์ให้เป็นปัจจุบันแบบเรียลไทม์	4.67	0.58	มาก
4. ความปลอดภัยของข้อมูล	3.00	0.00	ปานกลาง
5. ความรวดเร็วในการประมวลผลของระบบ	3.67	0.58	มาก
6. ความเสถียรภาพของระบบในการใช้งาน	4.00	0.00	มาก
7. ความสามารถในการรองรับข้อมูลจำนวนมาก	3.00	1.00	ปานกลาง
8. ความเหมาะสมของการออกแบบส่วนผู้ใช้	3.33	0.58	ปานกลาง
9. การตอบสนองต่อการใช้งานของระบบ	3.33	0.58	ปานกลาง
10. ความสะดวกและเข้าใจง่ายในการใช้งานระบบ	4.00	0.00	มาก
ค่าเฉลี่ย	**3.77**	**0.31**	**มาก**

ผลการประเมินประสิทธิภาพเว็บไซต์ยืม - คืน ครุภัณฑ์ กรณีศึกษา สำนักงานพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์จังหวัดพิษณุโลกโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน พบว่าในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$=3.77) โดยประเด็นที่มีประสิทธิภาพสูงสุด คือ การปรับปรุงสถานะแบบเรียลไทม์ ($\bar{x}$ = 4.67) รองลงมา คือ ความถูกต้องแม่นยำในการประมวลผลและการจัดการฐานข้อมูล ($\bar{x}$ = 4.33) ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถในการบันทึกและเรียกใช้ข้อมูลย้อนหลังได้อย่างถูกต้อง สำหรับความเสถียรของระบบ และความสะดวกในการใช้งานอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.00) เนื่องจาก มีขั้นตอนไม่ซับซ้อนและประมวลผลได้รวดเร็ว ($\bar{x}$ = 3.67) อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาชี้ให้เห็นประเด็นที่ควรพัฒนาเพิ่มเติม คือ การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งาน ($\bar{x}$ = 3.33) รวมถึงด้านความปลอดภัยของข้อมูลและความสามารถในการรองรับข้อมูลจำนวนมาก ($\bar{x}$ = 3.00) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบให้ดีขึ้น

3. ผลการประเมินความพึงพอใจของเว็บไซต์ยืม - คืน ครุภัณฑ์

ผู้วิจัยได้นำระบบผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบเว็บไซต์ยืม - คืน ครุภัณฑ์ กรณีศึกษา สำนักงานพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์จังหวัดพิษณุโลก จากผู้เชี่ยวชาญไปทดลองใช้งานกับกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ บุคลากรของสำนักงานพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์จังหวัดพิษณุโลก จำนวน 12 คน ผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่าง แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจของเว็บไซต์ยืม - คืน ครุภัณฑ์

รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	การแปรผล
1. ระบบสามารถทำรายการยืม-คืน ได้ถูกต้องและครบถ้วน	4.38	0.51	มาก
2. การแสดงผลสถานะของครุภัณฑ์ (ว่าง/ถูกยืม) มีความถูกต้องเป็นปัจจุบัน	4.92	0.28	มากที่สุด
3. ระบบมีการตอบสนองที่รวดเร็วในบันทึกข้อมูล	4.46	0.52	มาก
4. ระบบมีการค้นหาข้อมูลครุภัณฑ์ที่ใช้งานได้จริงและแม่นยำ	4.85	0.38	มากที่สุด
5. ระบบรองรับการใช้งานผ่านอุปกรณ์ต่างๆ ได้ดี	4.54	0.66	มากที่สุด
6. รายละเอียดของครุภัณฑ์ที่แสดงบนหน้าเว็บไซต์ มีความครบถ้วนเพียงพอ	4.38	0.65	มาก
7. ข้อมูลสถานะการยืม-คืน มีความเป็นปัจจุบันและเชื่อถือได้	4.85	0.38	มากที่สุด
8. ระบบช่วยตรวจสอบและติดตามประวัติการยืม-คืนได้อย่างสะดวก	4.77	0.44	มากที่สุด
9. ระบบช่วยลดเวลาในการจัดการครุภัณฑ์	4.85	0.38	มากที่สุด
10. ภาพรวมความพึงพอใจต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบ	4.69	0.63	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	**4.67**	**0.23**	**มากที่สุด**

ผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างต่อระบบยืม-คืนครุภัณฑ์ สำนักงานพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์จังหวัดพิษณุโลก อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.67) โดยประเด็นที่ได้รับคะแนนสูงสุด คือ การแสดงผลข้อมูลครุภัณฑ์ที่เป็นปัจจุบัน ($\bar{x}$ = 4.92) รองลงมา คือ ประสิทธิภาพการสืบค้นที่แม่นยำ และความน่าเชื่อถือของสถานะข้อมูล ($\bar{x}$ = 4.85) นอกจากนี้ ระบบยังสามารถตอบสนองความต้องการด้านการติดตามประวัติยืม-คืนได้ ($\bar{x}$ = 4.54) ส่งผลให้การดำเนินงานมีความถูกต้องครบถ้วนและสร้างความพึงพอใจต่อผู้ใช้งานในระดับสูงสุด

วิจารณ์ผลการวิจัย

การพัฒนาเว็บไซต์ยืม-คืนครุภัณฑ์ กรณีศึกษาสำนักงานพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์จังหวัดพิษณุโลก สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการครุภัณฑ์ และอำนวยความสะดวกในกระบวนการยืม-คืนได้ ระบบสามารถแสดงสถานะแบบเรียลไทม์และสืบค้นข้อมูลย้อนหลังได้ถูกต้อง ผลการประเมินประสิทธิภาพโดย

ผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.77) สอดคล้องกับความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่อยู่ในระดับมากที่สุด ที่สุด ($\bar{X}$ = 4.67) ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงสามารถของระบบในการตอบสนองความต้องการพื้นฐานได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยพบข้อจำกัดด้านความปลอดภัยและการรองรับฐานข้อมูลขนาดใหญ่ ($\bar{X}$ = 3.00) จึงเป็นประเด็นสำคัญที่ต้องได้รับการพัฒนาต่อยอดเพื่อสร้างความเชื่อมั่นให้กับระบบ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ภาวินี อินทร์ทอง และคุณณัฐธยาน์ เฟื่องห้อย สำหรับการชี้แนะและตรวจสอบความถูกต้องเชิงวิชาการในทุกขั้นตอนอย่างใกล้ชิด พร้อมขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์จังหวัดพิษณุโลก และบุคลากรทุกท่าน ที่สนับสนุนข้อมูลและให้ความร่วมมือในการทดสอบระบบจนได้รับข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง นอกจากนี้ยังขอบคุณบิดา มารดา ครอบครัว และเพื่อนที่เป็นกำลังใจสำคัญในการขับเคลื่อนการดำเนินงานครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงด้วยดีตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

เอกสารอ้างอิง

กฤษฎา ป้อมศรี และปุริม ชฎารัตนฐิติ. 2565. ระบบสารสนเทศการเบิกจ่ายวัสดุครุภัณฑ์ กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนตำบลพุทไธสง. น. 1-8. ใน: รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม ครั้งที่ 8. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, มหาสารคาม.

ณัฐภัทร จินดาดวง และธิดาภัทร อนุชาญ. 2566. การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับเบิกจ่ายวัสดุอุปกรณ์ทางการแพทย์หมุนเวียน งานสิทธิประโยชน์ผู้ป่วย โรงพยาบาลสงขลานครินทร์. วารสารวิชาการเพื่อการพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่ 4: 1-12.

ธันยรัศมิ์ ผุริจันทร์ และบังอร ละเอียดออง. 2567. การพัฒนาระบบเบิกจ่ายวัสดุสำหรับงานวิทยาศาสตร์ สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. วารสารเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน มทร.พระนคร 9: 85–100.

บุญชม ศรีสะอาด. 2543. การวิจัยเบื้องต้น (พิมพ์ครั้งที่ 6). สุวีริยาสาส์น, กรุงเทพฯ.

วณิชธารณ์ ยมวนา. 2566. การพัฒนาระบบฐานข้อมูลทะเบียนครุภัณฑ์คอมพิวเตอร์ อาคารสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่. สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 1, เชียงใหม่.

เสาวนีย์ สุริยะเจริญ. 2567. การพัฒนาระบบบริหารจัดการพัสดุครุภัณฑ์ สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่. วารสารวิทยสารสนเทศและเทคโนโลยี 5: 31–44.

อภิสิทธิ์ โพทอง. 2567. การพัฒนาระบบสารสนเทศยืม-คืน วัสดุและครุภัณฑ์. วารสารวิจัยและนวัตกรรมการอาชีวศึกษา 8: 76–88.

ผลของการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ผ่านเทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับและการสื่อสารดิจิทัล เพื่อส่งเสริมแรงบันดาลใจในการศึกษาต่อระดับอุดมศึกษา : กรณีศึกษาโครงการทัศนศึกษาเชิงปฏิบัติการ ของโรงเรียนเทคนิคอำนาจเจริญ

Effects of Experiential Learning through Agricultural Drones and Digital Communication Technology on Inspiring Higher Education Pursuits : A Case Study of a Practical Field Trip Project at Amnat Charoen Technical College

อานนท์ ยอดหอ[1] สมศิริ โพธารินทร์[2*]

Anon Yodho[1] Somsiri Potarin[2*]

[1] **โครงการจัดตั้งวิทยาเขตอำนาจเจริญ มหาวิทยาลัยมหิดล 259 หมู่ 13 ตำบลโนนหนามแท่ง อำเภอเมือง จังหวัดอำนาจเจริญ 37000**

[1] Amnat Charoen Campus Project Mahidol University 259 Moo 13, Non Nam Thaeng Sub-district, Mueang District, Amnat Charoen 37000

*Corresponding author E-mail: somsiri.pot@mahidol.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ผ่านเทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ (โดรนเพื่อการเกษตร) และการสื่อสารดิจิทัล (Live Streaming) ต่อการพัฒนาความรู้ ความพึงพอใจ และแรงบันดาลใจในการศึกษาต่อระดับอุดมศึกษาของนักเรียนอาชีวศึกษา กลุ่มตัวอย่างคือ นักศึกษาชมรมวิชาชีพคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยเทคนิคอำนาจเจริญ จำนวน 120 คน โดยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปริมาณแบบกึ่งทดลอง (one-group pretest–posttest design) เครื่องมือวิจัยประกอบด้วยแบบทดสอบความรู้และแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.8366

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพรรณนาและการทดสอบ t พบว่า คะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($\bar{x}$ ก่อนเรียน = 6.36, $\bar{x}$ หลังเรียน = 9.00, t = 35.27, Sig. = 0.000) ด้านความพึงพอใจพบว่า ค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.66, S.D. = 0.35) โดยเฉพาะความพึงพอใจต่อการเข้าร่วมโครงการมีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{x}$ = 4.73) สะท้อนถึงความสำเร็จของการจัดกิจกรรมเชิงปฏิบัติการที่บูรณาการเทคโนโลยีสมัยใหม่ในการสร้างแรงบันดาลใจและส่งเสริมการเรียนรู้ของนักศึกษาอาชีวศึกษา

ผลการวิจัยสนับสนุนแนวคิดการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ของ Kolb และสอดคล้องกับนโยบาย Thailand 4.0 รวมถึงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 ที่เน้นการพัฒนาทักษะดิจิทัลและการเรียนรู้ตลอดชีวิตในกลุ่มเยาวชนอาชีวศึกษา

คำสำคัญ : การเรียนรู้เชิงประสบการณ์,อากาศยานไร้คนขับเพื่อการเกษตร,แรงบันดาลใจในการศึกษาต่อ

Abstract

This study aimed to investigate the effects of experiential learning through agricultural drone technology and digital communication (Live Streaming) on students' knowledge, satisfaction, and inspiration for pursuing higher education. The sample consisted of 120 students from the Business Computer Vocational Program at Amnat Charoen Technical College. A quasi-experimental design (one-group pretest–posttest) was employed. Research instruments included achievement tests and satisfaction questionnaires with a reliability coefficient of 0.8366. Data were analyzed using descriptive statistics and paired t-tests.

The findings revealed that post-test scores were significantly higher than pre-test scores (pre-test mean = 6.36, post-test mean = 9.00, t = 35.27, Sig. = 0.000). Overall satisfaction was rated at the highest level (mean = 4.66, S.D. = 0.35), with the highest score (mean = 4.73) for overall project satisfaction. These results demonstrate that experiential learning activities integrating drone technology and digital communication effectively enhance students' learning outcomes, satisfaction, and academic inspiration.

This study supports Kolb's Experiential Learning Theory and aligns with Thailand's national education policies under Thailand 4.0 and the 13th National Economic and Social Development Plan, which emphasize digital skills, lifelong learning, and the integration of modern technology into vocational education to prepare students for higher education and future careers.

Keywords : Experiential Learning, Agricultural Drones, Inspiration for Higher Education

บทนำ

ในยุคเกษตรอัจฉริยะและเศรษฐกิจดิจิทัล การเรียนรู้เพียงภายในห้องเรียนไม่เพียงพอต่อการสร้างทักษะและแรงบันดาลใจในการศึกษาต่อระดับอุดมศึกษา แนวคิด การเรียนรู้เชิงประสบการณ์ (Experiential Learning Theory: ELT) ของ Kolb (1984) อธิบายว่าการเรียนรู้เกิดขึ้นจากการหมุนเวียนของกระบวนการ 4 ขั้นตอน ได้แก่ การมีประสบการณ์ตรง (Concrete Experience) การสะท้อนคิด (Reflective Observation) การสร้างแนวคิดเชิงนามธรรม (Abstract Conceptualization) และการทดลองใช้จริง (Active Experimentation) ซึ่งเป็นกรอบทฤษฎีสำคัญที่ช่วยให้ผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้กับการปฏิบัติจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในบริบทของประเทศไทย การศึกษาอาชีวศึกษามีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนากำลังคนที่มีสมรรถนะสูง สอดคล้องกับ นโยบาย Thailand 4.0 ที่มุ่งสร้างเศรษฐกิจฐานนวัตกรรมและดิจิทัล โดยเน้นการพัฒนาทักษะด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และการคิดเชิงสร้างสรรค์ เพื่อให้แรงงานไทยสามารถแข่งขันได้ในตลาดโลก การบูรณาการเทคโนโลยีสมัยใหม่

เช่น อากาศยานไร้คนขับ (UAV) และ การสื่อสารดิจิทัลแบบ Live Streaming จึงเป็นแนวทางที่ช่วยให้นักเรียนอาชีวศึกษาได้สัมผัสกับสถานการณ์จริงและเห็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในภาคการผลิตและบริการ ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาประเทศในยุคดิจิทัล

นอกจากนี้ แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2566–2570) ได้กำหนดยุทธศาสตร์การพัฒนากำลังคนให้มีทักษะที่ตอบโจทย์เศรษฐกิจสมัยใหม่ โดยเฉพาะการส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิตและการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการจัดการศึกษา ขณะเดียวกัน นโยบายการพัฒนาอาชีวศึกษา พ.ศ. 2565–2570 ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) เน้นการผลิตและพัฒนากำลังคนอาชีวศึกษาสมรรถนะสูง การยกระดับคุณภาพหลักสูตรให้ทันสมัย และการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อการเรียนรู้ การส่งเสริมแรงบันดาลใจในการศึกษาต่อระดับอุดมศึกษาในกลุ่มนักเรียนอาชีวศึกษาไม่เพียงแต่เป็นประเด็นทางวิชาการ แต่ยังสอดคล้องกับนโยบายการพัฒนาประเทศ ที่มุ่งสร้างกำลังคนสมรรถนะสูงเพื่อรองรับเศรษฐกิจยุคใหม่ ภายใต้กรอบ Thailand 4.0 ประเทศไทยได้กำหนดยุทธศาสตร์การพัฒนาเศรษฐกิจฐานนวัตกรรม โดยเน้นการบูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัลและวิทยาศาสตร์สมัยใหม่เข้าสู่ระบบการศึกษา เพื่อสร้างแรงงานที่มีทักษะด้าน STEM และสามารถแข่งขันได้ในระดับสากล ในทำนองเดียวกัน แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 ได้กำหนดยุทธศาสตร์การพัฒนากำลังคนให้มีทักษะที่ตอบโจทย์เศรษฐกิจดิจิทัลและการเรียนรู้ตลอดชีวิต โดยเฉพาะการส่งเสริมการเรียนรู้เชิงประสบการณ์และการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในสถานศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับ Self-Determination Theory (SDT) ที่ชี้ว่าการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีอิสระและได้ลงมือทำจริงจะช่วยสร้างแรงจูงใจภายใน และสอดคล้องกับ Expectancy-Value Theory ที่อธิบายว่าการรับรู้คุณค่าและความเชื่อมั่นในความสามารถเป็นปัจจัยสำคัญต่อการตัดสินใจศึกษาต่อ (Urhahne & Wijnia, 2023; Murayama & von Keyserlingk, 2025)

กรณีทัศนศึกษาของวิทยาลัยเทคนิคอำนาจเจริญที่ดำเนินโครงการทัศนศึกษาเชิงปฏิบัติการ ร่วมกับโครงการจัดตั้งวิทยาเขตอำนาจเจริญ มหาวิทยาลัยมหิดล โดยบูรณาการเทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ (UAV) และการสื่อสารดิจิทัล ถือเป็นตัวอย่างเชิงประจักษ์ของการประยุกต์ใช้แนวคิดการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ในบริบทการศึกษาอาชีวศึกษาไทย ซึ่งสอดคล้องกับนโยบาย Thailand 4.0 และแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติที่มุ่งเน้นการเสริมสร้างศักยภาพกำลังคนเพื่อรองรับการเปลี่ยนผ่านสู่เศรษฐกิจฐานนวัตกรรม อีกทั้งยังสนับสนุนการเรียนรู้ตลอดชีวิตและการพัฒนาทักษะดิจิทัลที่จำเป็นต่อการเข้าสู่ตลาดแรงงานสมัยใหม่ โดยกรณีดังกล่าวสามารถเชื่อมโยงกับเป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืน ได้แก่ SDG 4 (Quality Education) ในการสร้างโอกาสทางการศึกษาอย่างเท่าเทียมและมีคุณภาพ, SDG 8 (Decent Work and Economic Growth) ในการพัฒนากำลังแรงงานที่มีสมรรถนะสูง และ SDG 9 (Industry, Innovation, and Infrastructure) ในการส่งเสริมอุตสาหกรรมและนวัตกรรมดิจิทัล ทั้งนี้ยังสอดคล้องโดยตรงกับ ยุทธศาสตร์ที่ 3 ของมหาวิทยาลัยมหิดล พันธกิจมหาวิทยาลัยมหิดลสัมพันธ์กับชุมชนจึงเป็นการทำงานเชิงสถาบันที่มุ่งสร้าง ความร่วมมือระยะยาว องค์ความรู้ใหม่ และ ผลกระทบเชิงบวกต่อสังคม โดยสอดคล้องกับ SDG 17 (Partnerships for the Goals) ที่เน้นการสร้างความร่วมมือเพื่อการพัฒนา และเชื่อมโยงกับ ยุทธศาสตร์การพัฒนามหาวิทยาลัยมหิดลสู่ความเป็นเลิศระดับโลก ซึ่งตอกย้ำบทบาทของมหาวิทยาลัยในฐานะสถาบันที่มีพันธกิจเพื่อสังคมอย่างแท้จริง อันสะท้อนถึงการเป็น

“Wisdom of the Land” ที่ใช้ความรู้และนวัตกรรมเพื่อขับเคลื่อนการพัฒนาอย่างยั่งยืนทั้งในระดับชาติและนานาชาติ

โดยการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักศึกษาก่อนและหลังการเข้าร่วมโครงการทัศนศึกษาเชิงปฏิบัติการที่บูรณาการเทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับและการสื่อสารดิจิทัล
2. ศึกษาระดับความพึงพอใจ ของนักศึกษาต่อการจัดโครงการทัศนศึกษาเชิงปฏิบัติการดังกล่าว
3. ประเมินแรงบันดาลใจในการศึกษาต่อระดับอุดมศึกษา ของนักศึกษาหลังการเข้าร่วมโครงการทัศนศึกษาเชิงปฏิบัติการ





ภาพที่ 1 ต้อนรับคณะทัศนศึกษาของวิทยาลัยเทคนิคอำนาจเจริญ
(อานนท์ ยอดหอ และสมศิริ โพธารินทร์, ประเทศไทย, 2568, ภาพถ่ายส่วนตัว)

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ใช้รูปแบบการดำเนินการวิจัยคือ “วิจัยเชิงปริมาณแบบกึ่งทดลอง (quasi-experimental) ชนิดหนึ่งกลุ่มทดสอบก่อน–หลัง” หรือ one-group pretest–posttest design โดยมีการเก็บข้อมูลเชิงพรรณนาและทดสอบเชิงอนุมาน เพื่อเปรียบเทียบผลคะแนนก่อนและหลังการอบรมในกลุ่มเดียว (นักศึกษาวิทยาลัยเทคนิคอำนาจเจริญ จำนวน 120 คน) โดยไม่มีทีมควบคุม แต่เน้นการวัดผลก่อนและหลังการทัศนศึกษาในกลุ่มเดียวกัน เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของนักศึกษา หลังเข้าร่วมกิจกรรมทัศนศึกษา Pretest การวัดความรู้ก่อนทัศนศึกษา ผ่านกิจกรรม 2 ส่วนหลักคือ การฝึกบินโดรนเพื่อการเกษตรและการฝึกสื่อสารผ่านดิจิทัลแพลตฟอร์ม Posttest การวัดผลหลังทัศนศึกษาและแบบสอบถามความพึงพอใจ การวิเคราะห์ผล ใช้สถิติพรรณนาและ t-test เพื่อเปรียบเทียบ

วิธีการสุ่มตัวอย่าง โดยมีประชากรเป้าหมาย นักศึกษาวิทยาลัยเทคนิคอำนาจเจริญ ใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 120 คน ที่เข้าร่วมโครงการ เครื่องมือวิจัย มี 2 แบบ ดังนี้

1. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ ใช้เพื่อวัดความรู้ก่อนและหลังการทัศนศึกษา โดยเน้นเนื้อหาเกี่ยวกับการบินโดรนเพื่อการเกษตร และการสื่อสารผ่านดิจิทัลแพลตฟอร์ม
2. แบบประเมินความพึงพอใจ แบ่งเป็น 3 ส่วน (ข้อมูลทั่วไป, ความคิดเห็นต่อโครงการ, ข้อเสนอแนะ) ใช้สเกล 5 ระดับ (Likert scale) เพื่อวัดความพึงพอใจในด้านเนื้อหา วิทยากร สถานที่ และแรงบันดาลใจ

ขั้นตอนการดำเนินงาน (Operational Procedures)

1. การทดสอบก่อนทัศนศึกษา (Pre-test) จำนวน 10 ข้อ โดยการแสกนคิวอาร์โคช ใช้เวลา 10 นาที เพื่อดำเนินการวัดความรู้ความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับโดรนและการสื่อสารดิจิทัลก่อนเริ่มโครงการทัศนศึกษาเชิงปฏิบัติการ ฯ
2. การดำเนินการอบรม (Intervention) โครงการทัศนศึกษาเชิงปฏิบัติการ ฯ 1 วัน (26 พฤศจิกายน 2568) ณ โครงการจัดตั้งวิทยาเขตอำนาจเจริญ มหาวิทยาลัยมหิดล จำนวน 2 กิจกรรม ดังนี้

   กิจกรรมที่ 1 ฝึกบินโดรนเพื่อการเกษตร (Drone for Agriculture)

   1. จุดประสงค์ของการเรียนรู้ (Learning Objectives)
      1.1 เรียนรู้กฎการบิน เครื่องมือ อุปกรณ์ และขั้นตอนปฏิบัติทั้งก่อน ระหว่าง และหลังการบิน
      1.2 ฝึกปฏิบัติการบินเพื่อสร้างความชำนาญและทักษะการแก้ปัญหาเฉพาะหน้า
      1.3 ปฏิบัติงานภาคสนาม ทั้งการบินทั่วไป การบินแบบอัตโนมัติ และการทำแผนที่ด้านสิ่งแวดล้อม
   2. ประเภทของโดรน (Types of UAVs) แบ่งตามลักษณะการใช้งานหลักๆ ได้แก่
      2.1 Survey Mapping สำหรับการสำรวจพื้นที่และทำแผนที่
      2.2 Entertainment เพื่อความบันเทิงและการถ่ายภาพ/วิดีโอ
      2.3 Environment เพื่อการจัดการและอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม
      2.4 Life Long Learning เพื่อการเรียนรู้เฉพาะทางตามความสนใจ
   3. ส่วนประกอบสำคัญของโดรน
      3.1 โครงสร้าง (Frame/Platform/Body) ส่วนที่เป็นตัวหุ่นของโดรน
      3.2 ระบบสร้างแรงยก (Force of Flight) ชุดมอเตอร์และใบพัด
      3.3 ระบบควบคุม (Electronics Controller) แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ควบคุมการทำงาน
      3.4 รีโมทคอนโทรล (Remote Controller) อุปกรณ์สำหรับบังคับจากระยะไกล
   4. กฎหมายและการลงทะเบียน (CAAT & NBTC) โดรนที่ต้องลงทะเบียน ได้แก่
      4.1 โดรนที่มีการติดตั้งกล้องบันทึกภาพ (ทุกกรณี)
      4.2 โดรนที่มีน้ำหนักระหว่าง 2 – 25 กิโลกรัม
      4.3 หากหนักเกิน 25 กิโลกรัม ต้องได้รับอนุญาตเป็นหนังสือจากรัฐมนตรีว่าการกระทรวงคมนาคม

หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

1. กสทช. (NBTC) ขออนุญาตใช้คลื่นความถี่
2. CAAT (สำนักงานการบินพลเรือนฯ) ขึ้นทะเบียนผู้บังคับอากาศยาน
3. เอกสารที่ใช้ สำเนาบัตรประชาชน/ทะเบียนบ้าน ภาพถ่ายโดรนและ Serial Number ใบรับรองตนเอง และกรมธรรม์ประกันภัยบุคคลที่ 3 (วงเงินคุ้มครองตามกำหนด)

5. ข้อปฏิบัติและข้อห้ามในการบิน

5.1 เพดานบิน ห้ามบินสูงเกิน 90 เมตร จากพื้นดิน

5.2 ระยะห่าง ห้ามบินเข้าใกล้บุคคล ยานพาหนะ หรือสิ่งปลูกสร้าง ในระยะน้อยกว่า 30 เมตร

5.3 พื้นที่ห้ามบิน ห้ามบินภายในระยะ 9 กิโลเมตรจากสนามบิน และห้ามบินในเขตหวงห้าม เช่น สถานที่ราชการหรือโรงพยาบาล

5.4 เวลา ห้ามบินหลังพระอาทิตย์ตกดิน

5.5 ความปลอดภัย ห้ามบินเข้าใกล้เมฆ และห้ามก่อความเดือดร้อนรำคาญหรืออันตรายต่อผู้อื่น

6. ฟังก์ชันและโหมดการบิน

6.1 Manual การบินโดยผู้บังคับควบคุมเองทั้งหมด ซึ่งต้องอาศัยความชำนาญสูง

6.2 Intelligent Flight Modes (โหมดอัตโนมัติ) เช่น Focus Track (ติดตามเป้าหมาย)

6.3 Waypoint (บินตามจุดที่กำหนด) Quickshot Mastershot และการทำ Mapping (แผนที่)

6.4 ผลลัพธ์ สามารถนำข้อมูลมาทำแบบจำลอง 3 มิติ และระบบฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เพื่อการจัดการทรัพยากรสิ่งแวดล้อม



ภาพที่ 2 ให้ความรู้เกี่ยวกับการฝึกบินโดรนเพื่อการเกษตร
(อานนท์ ยอดหอ และสมศิริ โพธารินทร์, ประเทศไทย, 2568, ภาพถ่ายส่วนตัว)

กิจกรรมที่ 2 ฝึกสื่อสารผ่านดิจิทัลแพลตฟอร์ม (Digital Communication & Live Streaming)

1. เจาะลึกความสำคัญของการ Live สด (The Power of Live)

1.1 การเข้าถึงที่รวดเร็ว (Real-time Reach) การ Live ช่วยทลายกำแพงระหว่างแบรนด์กับลูกค้า ทำให้ได้ข้อมูล อาทิเช่น สรรพคุณสินค้าหรือโปรโมชั่นส่งตรงถึงผู้รับสารได้ทันที

1.2 การมีส่วนร่วม (Engagement) จุดเด่นคือการตอบโต้แบบสองทาง (Two-way Communication) ลูกค้าสามารถสอบถามและได้รับคำตอบในทันที ช่วยลดความลังเลใจในการซื้อ

1.3 ความเชื่อมั่น (Trust & Transparency) การเห็นสินค้าจริงผ่านกล้องและการตอบคำถามสดๆ ช่วยลดความกังวลเรื่อง “สินค้าไม่ตรงปก” และสร้างความเชื่อถือได้ดีกว่าภาพนิ่ง

2. โครงสร้างการดำเนินรายการ (Live Sequencing) แบ่งเป็น 3 ช่วงหลัก

2.1 ช่วงต้น (Warm-up) เน้นการทักทาย ดึงดูดคนดู และเช็คระบบ (เสียงชัดไหม ภาพชัดไหม)

2.2 ช่วงกลาง (Core Content) ช่วงปล่อยของ นำเสนอสินค้าตามข้อมูลที่เตรียมไว้ โดยเน้นจุดเด่นที่แตกต่าง และแจ้งราคาให้ชัดเจนทั้งแบบปลีกและแบบชุด

2.3 ช่วงท้าย (Closing) กระตุ้นยอดขายทิ้งท้ายด้วยกิจกรรม เช่น เกมหรือการแจกของรางวัลเพื่อรักษาฐานคนดูจนจบรายการ

3. กลยุทธ์ 4P สำหรับการขายใน Live

3.1 Product (สินค้า) ต้องรู้ลึกถึงรายละเอียด ข้อดี และสิ่งที่ทำให้สินค้าของเราพิเศษกว่าคู่แข่ง

3.2 Price (ราคา) นำเสนอราคาที่เข้าใจง่าย มีตัวเลือกที่หลากหลาย เช่น กล่องเล็กสำหรับทดลอง" หรือ กล่องใหญ่ราคาคุ้มค่า

3.3 Place (ช่องทาง) แจ้งช่องทางการสั่งซื้อให้ชัดเจน เช่น พิมพ์รหัสจองในคอมเมนต์ หรือกดสั่งในตะกร้า

3.4 Promotion (โปรโมชั่น) ใช้การ ลด แลก แจก แถม เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการตัดสินใจซื้อทันทีในระหว่าง Live

4. การเลือกรูปแบบให้เหมาะสมกับธุรกิจ แบบใช้มือถือ (Mobile Live)

4.1 เหมาะสำหรับ ผู้เริ่มต้น พ่อค้าแม่ค้าออนไลน์ที่เน้นความเป็นกันเอง หรือการ Live นอกสถานที่

4.2 ข้อควรระวัง ระวังเรื่องเน็ตไม่นิ่ง ภาพสั่น และปัญหาเครื่องร้อนจนดับ

แบบห้องสตูดิโอ (Professional Studio)

4.3 เหมาะสำหรับ แบรนด์ที่ต้องการภาพลักษณ์มืออาชีพ การขายสินค้ามูลค่าสูง หรือการทำ Live Streaming บนหลายแพลตฟอร์มพร้อมกัน (Facebook TikTok YouTube)

4.4 ความคุ้มค่า แม้ต้นทุนสูงและเตรียมการยาก แต่ได้คุณภาพที่สร้างความประทับใจและยอดขายในระยะยาวได้มากกว่า

5. รายการตรวจสอบ (Checklist) ก่อนเริ่ม Live

5.1 อุปกรณ์ เช็คแบตเตอรี่มือถือ ไฟส่องสว่าง (ให้ใบหน้าดูสว่าง) และไมโครโฟน (เสียงต้องชัดกว่าภาพ)

5.2 อินเทอร์เน็ต หากใช้มือถือควรใช้เน็ตที่เสถียรที่สุด หรือใช้สาย Lan หากไลฟ์จากคอมพิวเตอร์

6.ฉากหลัง ต้องดูสะอาดตา ไม่รกรุงรัง เพื่อส่งเสริมให้ตัวสินค้าดูเด่นขึ้น



ภาพที่ 3 ให้ความรู้เกี่ยวกับการฝึกสื่อสารผ่านดิจิทัลแพลตฟอร์ม
(อานนท์ ยอดหอ และสมศิริ โพธารินทร์, ประเทศไทย, 2568, ภาพถ่ายส่วนตัว)

ทั้งสองกิจกรรมโดยเน้นกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) เปิดโอกาสให้ซักถามและฝึกปฏิบัติจริงมีการลงมือทำจริง (Hands-on Practice) และ การสื่อสารแบบโต้ตอบ (Interactive Communication) ซึ่งช่วยให้นักศึกษาได้พัฒนาทักษะทั้งด้านเทคโนโลยี (การบินโดรน GIS Live Streaming) และทักษะการสื่อสารเชิงดิจิทัลได้ดีมากยิ่งขึ้น

การทดสอบหลังทัศนศึกษาและการประเมิน (Post-test & Evaluation) ดำเนินการวัดความรู้ความเข้าใจซ้ำ (Post-test) จำนวน 10 ข้อ โดยการแสกนคิวอาร์โคช ใช้เวลา 10 นาที กับนักศึกษาทำแบบทดสอบชุดเดียวกับ pretest เพื่อวัดการเปลี่ยนแปลงผลสัมฤทธิ์และประเมินความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมโครงการทันทีหลังเสร็จสิ้นการทัศนศึกษา

การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้สถิติเชิงพรรณนา (ค่าเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) และสถิติเชิงอนุมาน (เช่น การทดสอบค่าทีสำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (Paired t-test) เพื่อเปรียบเทียบผลก่อนและหลังทัศนศึกษา)

ผลการวิจัย

ข้อมูลผลของการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ผ่านเทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับและการสื่อสารดิจิทัล เพื่อส่งเสริมแรงบันดาลใจในการศึกษาต่อระดับอุดมศึกษา กรณีศึกษาโครงการทัศนศึกษาเชิงปฏิบัติการ ของโรงเรียนเทคนิคอำนาจเจริญ

(1) ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ของการเข้าร่วมโครงการทัศนศึกษาเชิงปฏิบัติการ ของโรงเรียนเทคนิคอำนาจเจริญ

ตารางที่ 1 แสดงผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ของการเข้าร่วมโครงการทัศนศึกษาเชิงปฏิบัติการ ฯ (n=120)

การทดสอบ	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ค่า t	Sig.(2-tailed)
ก่อนเรียน	10	6.36	1.45	35.27*	0.000
หลังเรียน	10	9.00	0.82		

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

จากตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์คะแนนความรู้ก่อนและหลังการเข้าร่วมโครงการพบว่า ค่าเฉลี่ย Pre-test อยู่ที่ 6.36 ขณะที่ค่าเฉลี่ย Post-test เพิ่มขึ้นเป็น 9.00 ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าผู้เข้าร่วมโครงการมีพัฒนาการด้านความรู้และทักษะที่ดีขึ้นอย่างชัดเจนหลังการทัศนศึกษา จากผลการเปรียบเทียบ พบว่าความแตกต่างของคะแนนก่อนและหลังการทัศนศึกษามีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 2.64 คะแนน ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การทัศนศึกษามีประสิทธิภาพในการถ่ายทอดองค์ความรู้และส่งเสริมทักษะให้แก่นักศึกษาที่เข้าร่วมมีผลต่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของของนักศึกษาทอย่างชัดเจน

(2) ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาเข้าร่วมโครงการทัศนศึกษาเชิงปฏิบัติการ ของโรงเรียนเทคนิคอำนาจเจริญ

จากข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวนทั้งสิ้น 120 คน พบว่าเป็นเพศชายจำนวน 27 คน คิดเป็นร้อยละ 22.50 และเป็นเพศหญิงจำนวน 93 คน คิดเป็นร้อยละ 77.50 โดยผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมดมีอายุอยู่ระหว่าง 15–20 ปี แสดงให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง และอยู่ในช่วงวัยรุ่นตอนปลาย ซึ่งเป็นช่วงวัยที่กำลังศึกษาในระดับอาชีวศึกษาและมีความสำคัญต่อการพัฒนาทักษะและแรงบันดาลใจในการศึกษาต่อระดับอุดมศึกษา

ตารางที่ 2 ความพึงพอใจของนักศึกษาเข้าร่วมโครงการทัศนศึกษาเชิงปฏิบัติการ ฯ

ประเด็นคำถาม	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
เนื้อหาที่อบรมมีความทันสมัยและน่าสนใจ (โดรน)	4.68	0.57	มากที่สุด
เนื้อหาที่อบรมมีความทันสมัยและน่าสนใจ (Live Streaming)	4.68	0.50	มากที่สุด
วิทยากรมีความรู้ความเชี่ยวชาญและถ่ายทอดได้เข้าใจง่าย	4.69	0.52	มากที่สุด
การเปิดโอกาสให้ซักถามและฝึกปฏิบัติจริง (Active Learning)	4.55	0.63	มากที่สุด
ความพร้อมของอุปกรณ์ (โดรน, คอมพิวเตอร์, กล้อง)	4.66	0.54	มากที่สุด

ความเหมาะสมของสถานที่จัดกิจกรรม	4.65	0.60	มากที่สุด
ท่านเห็นแนวทางการนำเทคโนโลยีไปใช้พัฒนาอาชีพในชุมชน	4.66	0.53	มากที่สุด
กิจกรรมนี้ทำให้ท่านรู้สึกสนุกและมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์/เทคโนโลยี	4.63	0.52	มากที่สุด
กิจกรรมนี้สร้างแรงบันดาลใจให้ท่านอยากศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา	4.67	0.52	มากที่สุด
ท่านมีความพึงพอใจโดยรวมต่อการเข้าร่วมโครงการทัศนศึกษานอกสถานที่ครั้งนี้	4.73	0.48	มากที่สุด

จากตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาเข้าร่วมโครงการทัศนศึกษาเชิงปฏิบัติการ โรงเรียนเทคนิคอำนาจเจริญ พบว่า ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจโดยรวมอยู่ที่ 4.73 ซึ่งจัดอยู่ในระดับ มากที่สุด สะท้อนให้เห็นว่านักศึกษาที่เข้าร่วมกิจกรรมมีทัศนคติที่ดีต่อโครงการ และได้รับประสบการณ์ที่สอดคล้องกับความคาดหวัง

เมื่อพิจารณารายประเด็น พบว่า ประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ ความพึงพอใจโดยรวมต่อการเข้าร่วมโครงการ (ค่าเฉลี่ย = 4.73, S.D. = 0.48) ขณะที่ประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดแต่ยังอยู่ในระดับมากที่สุดคือ การเปิดโอกาสให้ซักถามและฝึกปฏิบัติจริง (Active Learning) (ค่าเฉลี่ย = 4.55, S.D. = 0.63) ทั้งนี้ ทุกประเด็นมีค่าเฉลี่ยมากกว่า 4.50 แสดงถึงความพึงพอใจในระดับสูงมากในทุกด้าน

ผลการศึกษายังชี้ให้เห็นว่า ผู้เข้าร่วมโครงการมีความพึงพอใจต่อ เนื้อหาที่ทันสมัย (เช่น การใช้โดรนและการสื่อสารผ่าน Live Streaming) ความเชี่ยวชาญของวิทยากร ความพร้อมของอุปกรณ์ และ ความเหมาะสมของสถานที่จัดกิจกรรม นอกจากนี้ กิจกรรมยังมีส่วนสำคัญในการสร้างแรงบันดาลใจให้นักศึกษาเข้าร่วมมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อีกทั้งยังมองเห็นแนวทางการนำเทคโนโลยีไปใช้ในการพัฒนาอาชีพในชุมชน

โดยสรุป ผลการวิจัยสะท้อนให้เห็นว่า โครงการทัศนศึกษาเชิงปฏิบัติการ ดังกล่าวสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้เข้าร่วมได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาทักษะดิจิทัลและการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการในยุค Thailand 4.0 ซึ่งมุ่งเน้นการสร้างบุคลากรที่มีความรู้ ความสามารถ และเจตคติที่ดีต่อการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาอาชีพและสังคมต่อไปในอนาคตได้

สรุปประเด็นสำคัญจากการประเมินโครงการทัศนศึกษาเชิงปฏิบัติการ ฯ ดังนี้

1. ความต้องการในการจัดกิจกรรมลักษณะนี้อีก ซึ่งนักศึกษาที่เข้าร่วมส่วนใหญ่แสดงความเห็นว่าโครงการทัศนศึกษาเชิงปฏิบัติการมีประโยชน์และควรจัดขึ้นอีกในอนาคต เนื่องจากกิจกรรมดังกล่าว ช่วยเสริมสร้างความรู้เชิงปฏิบัติและแรงบันดาลใจในการศึกษาต่อระดับอุดมศึกษา อีกทั้งยังเป็นการเปิดโอกาสให้นักศึกษาได้สัมผัสกับเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่สอดคล้องกับความต้องการของตลาดแรงงานในยุคดิจิทัล
2. สิ่งที่นักศึกษาเข้าร่วมประทับใจมากที่สุด คือ การได้ฝึกปฏิบัติจริงกับเทคโนโลยีโดรนและการสื่อสารดิจิทัลแบบ Live Streaming ซึ่งทำให้นักศึกษาเห็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในสถานการณ์จริง

นอกจากนี้ ความเชี่ยวชาญของวิทยากรและการถ่ายทอดเนื้อหาที่เข้าใจง่ายก็เป็นอีกปัจจัยที่สร้างความประทับใจและทำให้ผู้เข้าร่วมรู้สึกสนุกและมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

3. ข้อเสนอแนะสำหรับการปรับปรุงและพัฒนาโครงการในครั้งต่อไป

3.1 ด้านเนื้อหา ควรเพิ่มความหลากหลายของหัวข้อ เช่น การประยุกต์ใช้โดรนในภาคอุตสาหกรรมและการเกษตรอัจฉริยะ รวมถึงการใช้แพลตฟอร์มดิจิทัลเพื่อการตลาดออนไลน์

3.2 ด้านเนื้อหา ควรเพิ่มความหลากหลายของหัวข้อ เช่น การประยุกต์ใช้โดรนในภาคอุตสาหกรรมและการเกษตรอัจฉริยะ รวมถึงการใช้แพลตฟอร์มดิจิทัลเพื่อการตลาดออนไลน์

3.3 ด้านกิจกรรม ควรจัดกิจกรรมแบ่งกลุ่มย่อย (workshop) เพื่อให้นักศึกษาได้ฝึกปฏิบัติอย่างใกล้ชิดและเพิ่มกิจกรรมเชิงโต้ตอบที่ใช้เทคโนโลยีเสริม เช่น AR/VR

3.4 ด้านสถานที่ ควรเลือกสถานที่ที่มีความพร้อมด้านอุปกรณ์และพื้นที่สำหรับการฝึกปฏิบัติ เพื่อให้ผู้เข้าร่วมสามารถทดลองใช้งานได้อย่างเต็มที่

3.5 ด้านรูปแบบการนำเสนอ ควรใช้สื่อดิจิทัลที่ทันสมัย เช่น การนำเสนอผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์ควบคู่กับการเรียนรู้ภาคสนาม เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นในการเข้าถึงเนื้อหา

3.6 การต่อยอด ควรมีการติดตามผลหลังโครงการ เช่น การจัดทำเครือข่ายผู้เรียน การแนะแนวอาชีพและการเชื่อมโยงกับมหาวิทยาลัยหรือภาคอุตสาหกรรม เพื่อสร้างเส้นทางการศึกษาต่อและการทำงานที่ชัดเจน

วิจารณ์ผล

ผลการวิจัยด้านความพึงพอใจของนักศึกษาเข้าร่วมโครงการทัศนศึกษาเชิงปฏิบัติการ โรงเรียนเทคนิคอำนาจเจริญ พบว่า ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.73, S.D. = 0.48) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าโครงการสามารถตอบสนองต่อความคาดหวังของผู้เข้าร่วมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในด้านเนื้อหาที่ทันสมัย ความเชี่ยวชาญของวิทยากร ความพร้อมของอุปกรณ์ และการจัดกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ฝึกปฏิบัติจริง ดังนี้

1. ความสอดคล้องกับทฤษฎีและแนวคิด

ผลการวิจัยสอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ (Active Learning) และการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการมีส่วนร่วมของนักศึกษาผ่านการฝึกปฏิบัติจริงและการซักถามช่วยเพิ่มความเข้าใจและสร้างเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2. จุดแข็งของโครงการ

ความทันสมัยของเนื้อหา เช่น การใช้โดรนและการสื่อสารผ่าน Live Streaming สอดคล้องกับความต้องการทักษะดิจิทัลในยุค Thailand 4.0 ความเชี่ยวชาญของวิทยากร ทำให้ผู้เข้าร่วมได้รับความรู้ที่ถูกต้องและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง ความพร้อมของอุปกรณ์และสถานที่ ช่วยสนับสนุนการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ได้อย่างเต็มที่

3. ประเด็นที่ควรพัฒนา

แม้ว่าทุกด้านจะอยู่ในระดับมากที่สุด แต่ประเด็น การเปิดโอกาสให้ซักถามและฝึกปฏิบัติจริง มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด ($\bar{X}$ = 4.55, S.D. = 0.63) แสดงให้เห็นว่าผู้เข้าร่วมบางส่วนอาจยังรู้สึกว่ามีข้อจำกัดในการมีส่วนร่วม ดังนั้น การออกแบบกิจกรรมที่เพิ่มเวลาและโอกาสในการฝึกปฏิบัติ รวมถึงการใช้วิธีการสอนแบบโต้ตอบมากขึ้น อาจช่วยยกระดับความพึงพอใจในด้านนี้ได้

4. นัยสำคัญเชิงนโยบายและการพัฒนา

ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าโครงการมีบทบาทสำคัญในการสร้างแรงบันดาลใจและเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อีกทั้งยังช่วยให้ผู้เข้าร่วมเห็นแนวทางการนำเทคโนโลยีไปใช้พัฒนาอาชีพในชุมชน ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายการศึกษาและการพัฒนาทักษะอาชีวศึกษาในยุค Thailand 4.0 ที่มุ่งเน้นการสร้างกำลังคนที่มีทักษะดิจิทัลและสามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม

5. การเชื่อมโยงกับ SDGs

SDG 4 : การศึกษาที่มีคุณภาพ เน้นการพัฒนาทักษะการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ที่ช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแรงบันดาลใจในการศึกษาต่อ

SDG 8 : งานที่มีคุณค่าและการเติบโตทางเศรษฐกิจ การสร้างแรงงานที่มีทักษะด้านดิจิทัลและพร้อมเข้าสู่ตลาดแรงงานในเศรษฐกิจยุคใหม่

SDG 9 : อุตสาหกรรม นวัตกรรม และโครงสร้างพื้นฐาน ด้วยการบูรณาการเทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ (UAV) และการสื่อสารดิจิทัลเพื่อสร้างนวัตกรรมการเรียนรู้และโครงสร้างพื้นฐานทางการศึกษา

SDG 17 : ความร่วมมือเพื่อการบรรลุเป้าหมาย การร่วมมือระหว่างสถานศึกษา หน่วยงานวิจัย และชุมชนท้องถิ่นในการพัฒนาทักษะและแรงบันดาลใจของนักศึกษา

กล่าวโดยสรุป ผลการวิจัยสะท้อนให้เห็นว่าโครงการทัศนศึกษาเชิงปฏิบัติการสามารถสร้างความพึงพอใจในระดับสูงมากและตอบสนองต่อความต้องการของผู้เข้าร่วมได้อย่างรอบด้าน ทั้งในเชิงเนื้อหา กระบวนการ และผลลัพธ์ อย่างไรก็ตาม การเพิ่มโอกาสในการมีส่วนร่วมเชิงปฏิบัติการจะช่วยยกระดับคุณภาพของโครงการให้ดียิ่งขึ้น และทำให้สอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาทักษะดิจิทัลและการเรียนรู้เชิงนโยบายในระดับประเทศ

สรุปผล

ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมโครงการทัศนศึกษาเชิงปฏิบัติการ โรงเรียนเทคนิคอำนาจเจริญ พบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุดทุกด้าน โดยเฉพาะด้านเนื้อหาที่ทันสมัย เช่น การใช้โดรนและการสื่อสารผ่าน Live Streaming ซึ่งสะท้อนถึงความสอดคล้องกับแนวโน้มการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่เน้นการบูรณาการเทคโนโลยีเพื่อเสริมสร้างทักษะอาชีพและการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ ดังนี้

1. การเชื่อมโยงกับงานวิจัยด้านการใช้โดรนเพื่อการศึกษา

งานวิจัยของ Yeung, Sun และ Yeung (2025) ได้พัฒนาแนวคิด “dronagogy” ซึ่งเป็นกรอบการจัดการเรียนรู้ที่ใช้เทคโนโลยีโดรนเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ในสาขา STEM โดยพบว่า การใช้โดรนช่วยเพิ่มความ

เข้าใจในหลักการฟิสิกส์และวิศวกรรม และกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนในด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาฉบับนี้ที่พบว่า ผู้เข้าร่วมมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์และเห็นแนวทางการนำเทคโนโลยีไปใช้พัฒนาอาชีพในชุมชน

นอกจากนี้ Abichandani et al. (2022) ได้เสนอรูปแบบการเรียนรู้แบบแข่งขัน (Competition-Based Learning) ในการศึกษาด้านโดรน ซึ่งช่วยพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการทำงานเป็นทีมในบริบทของการเรียนรู้แบบโครงการ (Project-Based Learning) ซึ่งเป็นทักษะสำคัญในยุค Thailand 4.0

2. การเรียนรู้เชิงปฏิบัติการในอาชีวศึกษา

ผลการศึกษาฉบับนี้ยังสอดคล้องกับแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบ Active Learning ในอาชีวศึกษา ซึ่งเน้นการฝึกปฏิบัติจริงและการเชื่อมโยงความรู้กับการประกอบอาชีพ โดยเฉพาะในงานวิจัยของสุภาวดี ลาภเจริญ (2564) ที่พบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจสูงต่อกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้มีส่วนร่วมและฝึกทักษะในสถานการณ์จริง อย่างไรก็ตาม ประเด็น “การเปิดโอกาสให้ซักถามและฝึกปฏิบัติจริง” แม้จะอยู่ในระดับมากที่สุด แต่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดในกลุ่มคำถามทั้งหมด ($\bar{X}$ = 4.55) ซึ่งอาจสะท้อนถึงข้อจำกัดด้านเวลา หรือจำนวนผู้เข้าร่วมที่มากเกินไป ดังนั้น การออกแบบกิจกรรมในอนาคตควรเพิ่มความยืดหยุ่นในการจัดกลุ่มย่อย หรือใช้เทคโนโลยีสนับสนุนการเรียนรู้แบบโต้ตอบ เช่น ระบบ AR/VR หรือแพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อเสริมการฝึกปฏิบัติ

3. นัยสำคัญต่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน

3.1 โครงการทัศนศึกษาเชิงปฏิบัติการนี้สอดคล้องกับนโยบาย Thailand 4.0 และแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 ที่เน้นการพัฒนาทักษะดิจิทัลและการเรียนรู้ตลอดชีวิต

3.2 ผลการวิจัยยังเชื่อมโยงกับ SDG 4 (การศึกษาที่มีคุณภาพ), SDG 8 (งานที่มีคุณค่าและการเติบโตทางเศรษฐกิจ), SDG 9 (อุตสาหกรรม นวัตกรรม และโครงสร้างพื้นฐาน) และ SDG 17 (ความร่วมมือเพื่อการบรรลุเป้าหมาย)

4. สร้างแรงบันดาลใจในการศึกษาต่อ

นักศึกษารายงานว่ากิจกรรมช่วยสร้างแรงบันดาลใจในการศึกษาต่อระดับอุดมศึกษา และทำให้เห็นแนวทางการนำเทคโนโลยีไปใช้พัฒนาอาชีพในชุมชน กิจกรรมยังช่วยสร้างเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยเรื่อง “ผลของการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ผ่านเทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับและการสื่อสารดิจิทัล เพื่อส่งเสริมแรงบันดาลใจในการศึกษาต่อระดับอุดมศึกษา: กรณีศึกษาโครงการทัศนศึกษาเชิงปฏิบัติการ ของโรงเรียนเทคนิคอำนาจเจริญ” สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาและการสนับสนุนจากหลายภาคส่วน

คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ โครงการจัดตั้งวิทยาเขตอำนาจเจริญ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ได้ให้การสนับสนุนด้านสถานที่ บุคลากร และองค์ความรู้ในการจัดโครงการอบรมเชิงปฏิบัติการครั้งนี้ ขอขอบพระคุณ

วิทยากรทุกท่าน ที่ได้ถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับและการสื่อสารดิจิทัล ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ผู้เข้าร่วมโครงการได้รับประสบการณ์การเรียนรู้ที่มีคุณค่าและเกิดแรงบันดาลใจในการศึกษาต่อ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ วิทยาลัยเทคนิคอำนาจเจริญ โดยเฉพาะชมรมวิชาชีพคอมพิวเตอร์ธุรกิจ ที่เล็งเห็นถึงความสำคัญของการเรียนรู้นอกห้องเรียนและได้ประสานงานนำนักศึกษาเข้าร่วมโครงการ อีกทั้งความร่วมมือของคณะครูและเจ้าหน้าที่ทุกท่านมีส่วนช่วยให้การเก็บรวบรวมข้อมูลงานวิจัยเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

สุดท้ายนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบใจ นักศึกษาทุกคน ที่ให้ความร่วมมือในการเข้าร่วมกิจกรรมและตอบแบบสอบถามด้วยความตั้งใจ จนทำให้ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีค่าความเชื่อมั่นสูงถึง 0.8366 และสะท้อนให้เห็นถึงความพึงพอใจในระดับมากที่สุดต่อโครงการนี้

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าองค์ความรู้จากงานวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการจัดการเรียนรู้อาชีวศึกษาในอนาคต และสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการยกระดับคุณภาพการศึกษาให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมและเศรษฐกิจในยุคดิจิทัลต่อไป

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา.2565. นโยบายการพัฒนาอาชีวศึกษา พ.ศ.2565–2570. สอศ., กรุงเทพฯ.

สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2565. แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2566–2570). สำนักงานสภาพัฒน์, กรุงเทพฯ.

สุภาวดี ลาภเจริญ. 2564. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Active Learning ในสถานศึกษาด้านอาชีวศึกษา. มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

Abichandani, P., D. Lobo, B. Dimitrijevic, A. Borgaonkar, J. Sodhi, S. Kabrawala, D. Brateris, and M. Kam. 2022. Competition-based active learning instruction for drone education. *Interactive Learning Environments.*

Kolb, D. A. 1984. *Experiential learning: Experience as the source of learning and development.* Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.

Murayama, K., and L. von Keyserlingk. 2025. A critical analysis of the current motivation theories in educational psychology: Why the same theories continue to dominate. *Educational Psychologist.*

United Nations. 2015. Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development. United Nations. Available: https://sdgs.un.org/2030agenda

Urhahne, D., and L. Wijnia. 2023. Theories of motivation in education: An integrative framework. *Educational Psychology Review.* 35: 45.

Yeung, R. C. Y., D. Sun, and C. H. Yeung. 2025. Integrating drone technology in STEM education: Curriculum, pedagogy and learning outcomes. *Education and Information Technologies.* 30: 14237–14272.

Phuntupan, K., and P. Banterng. 2017. Physiological determinants of storage root yield in three cassava genotypes under different nitrogen supply. Journal of Agricultural Science, Cambridge. 155: 978-992.

Yedidia, I., N. Benhamou, and I. Chet. 1999. Induction of defense response in cucumber plants (Cucumis sativus L.) by the biocontrol agent Trichoderma harzianum. Applied and Environmental Microbiology. 65: 1061-1070.

การควบคุมคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่งเพื่อคุณภาพการนอน

IoT-based CO_2 Control for Enhanced Sleep Quality

คงสินันท์ ฉะฉ่ำ[1] รัฐพล พรมประเสริฐ[2] และ ธงรบ อักษร[3*]

Khongsinan Chacham[1] Ratthaphon promprasoert[2] and Thongrob Auxsorn[3*]

[1,2,3]สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก 65000

[1,2,3]Department of Information Technology, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok 65000, Thailand.

*Corresponding author E-mail: auxsorn@psru.ac.th

บทคัดย่อ

การนอนหลับเป็นกระบวนการทางชีวภาพที่สำคัญต่อการ ฟื้นฟูร่างกายและจิตใจ การได้รับคุณภาพการนอนหลับที่ดีส่งผล โดยตรงต่อประสิทธิภาพในการทำงาน ความสามารถในการ เรียนรู้ และสุขภาพโดยรวมในวันรุ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม คุณภาพ การนอนหลับมักถูกรบกวนจากปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมต่างๆ ภายในห้องนอน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ระดับความเข้มข้นของ คาร์บอนไดออกไซด์เป็นผลผลิตจากการหายใจของมนุษย์ และ จะเกิดการสะสมตัวอย่างรวดเร็วในห้องนอนที่มีพื้นที่จำกัดหรือมี การระบายอากาศที่ไม่เพียงพอระหว่างช่วงเวลาการนอนหลับที่ ยาวนาน งานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ได้ชี้ให้เห็นอย่างชัดเจนถึง ความสัมพันธ์เชิงลบระหว่างระดับคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูง กับ คุณภาพการนอนหลับที่ลดลง ซึ่งรวมถึงการเปลี่ยนแปลงรูปแบบ การนอนหลับที่สำคัญ เช่น การลดลงของระยะเวลานอนหลับ คลื่นช้า ที่จำเป็นต่อการฟื้นฟูร่างกาย และระยะเวลาที่ใช้ในการเริ่มหลับ ที่นานขึ้น ด้วยการเข้ามาของเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ต ในทุกสิ่ง ที่เปิดโอกาสให้มีการเก็บข้อมูลแบบเรียลไทม์และการ ควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ได้อย่างชาญฉลาด งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นไปที่ การออกแบบและพัฒนาระบบอัตโนมัติที่ใช้อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง เพื่อตรวจวัดและควบคุมระดับคาร์บอนไดออกไซด์ในห้องนอนให้ อยู่ในระดับที่เหมาะสมและปลอดภัย เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่ เอื้อต่อการนอนหลับอย่างมีคุณภาพสูงสุด

คำสำคัญ: การควบคุม คาร์บอนไดออกไซด์ อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง การนอน

Abstract

Sleep is a vital biological process for physical and mental recovery. Good sleep quality directly impacts work performance, learning ability, and overall health on the following day. However, sleep quality is often disturbed by various environmental factors within the bedroom, particularly the concentration level of Carbon Dioxide (co2) that is a byproduct of human respiration and rapidly accumulates in enclosed or poorly ventilated bedrooms during long sleep periods Scientific research has clearly demonstrated a negative correlation between high co2 levels and reduced sleep quality, including significant changes in sleep patterns such as a decrease in Slow-Wave Sleep (SWS) duration, essential for physical restoration, and a longer Sleep Onset Latency with the emergence of Internet of Things technology, which allows for real-time data collection and intelligent device control, this research focuses on designing and developing an automated system using IoT to monitor and control the co2 levels in the bedroom to maintain them at an optimal and safe level thereby creating an environment conducive to achieving the highest quality sleep.

Keywords: Control System, CO_2, Internet of Things, Sleep

บทนำ

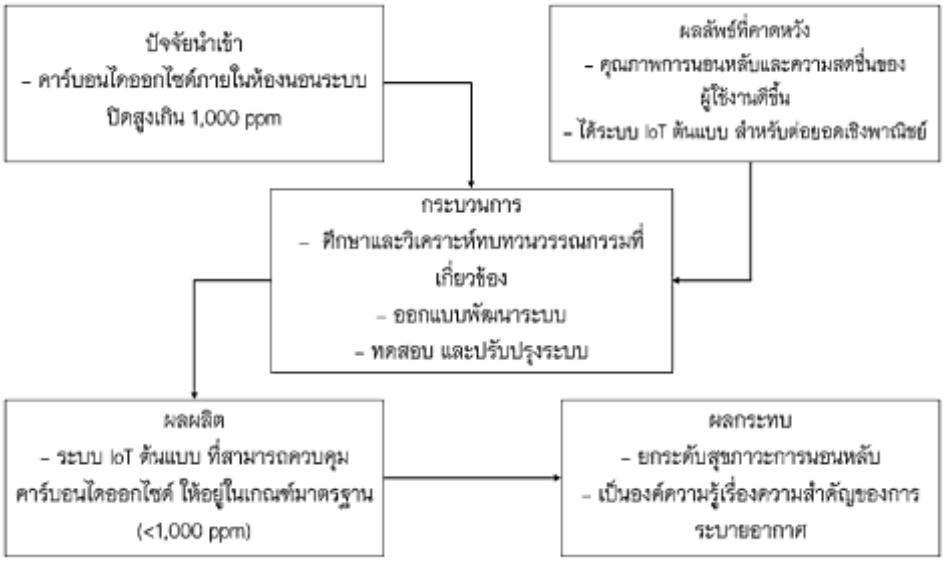
คุณภาพการนอนหลับถือเป็นปัจจัยพื้นฐานสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อสุขภาพกายและประสิทธิภาพการทำงานของมนุษย์การนอนหลับที่ไม่เพียงพอหรือไม่มีคุณภาพจะส่งผลบั่นทอนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การตัดสินใจ และสมาธิในการทำงานอย่างมีนัยสำคัญ โดยปกติแล้ว คนส่วนใหญ่มักมุ่งเน้นไปที่จำนวนชั่วโมงการนอน แต่ละเลยปัจจัยสำคัญอีกประการหนึ่งคือ "คุณภาพอากาศในห้องนอน" หนึ่งในปัญหาด้านคุณภาพอากาศที่มักถูกมองข้ามคือการสะสมตัวของคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องนอนที่ปิดทึบและขาดการระบายอากาศที่เหมาะสม การสะสมของคาร์บอนไดออกไซด์มาจากการหายใจของผู้นอนตลอดทั้งคืน หน่วยงานสาธารณสุขของไทยได้กำหนดค่ามาตรฐานของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอาคารไว้ไม่เกิน 1,000 ppm เพื่อป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพ ปัญหานี้ทวีความรุนแรงขึ้นในการออกแบบที่อยู่อาศัยสมัยใหม่ที่เน้นการปิดอาคารให้มิดชิดเพื่อป้องกันมลภาวะภายนอกและเพื่อการประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศ งานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ยืนยันว่าระดับคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพการนอนหลับ ทำให้เกิดอาการไม่สบายตัว เช่น หายใจ

ลำบาก หรือรู้สึกไม่สดชื่นเมื่อตื่นนอน และยังสัมพันธ์กับการลดลงของความพึงพอใจในการนอน ซึ่งเชื่อมโยงกับประสิทธิภาพการทำงานของสมองที่ลดลงในวันรุ่งขึ้น การสะสมของ คาร์บอนไดออกไซด์ ที่สูงขึ้นอาจนำไปสู่ภาวะ Respiratory Acidosis อย่างอ่อน (Mild Acidosis) ในร่างกาย ซึ่งรบกวนกลไกการนอนหลับและลดสัดส่วนของการหลับลึก การควบคุมการระบายอากาศด้วยค่า คาร์บอนไดออกไซด์ สามารถ ปรับปรุงการนอนหลับและประสิทธิภาพในวันถัดไปได้ การนำเทคโนโลยี อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง (IoT) เข้ามาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบและควบคุมปริมาณ คาร์บอนไดออกไซด์ ในห้องนอนแบบเรียลไทม์ จึงเป็นแนวทางที่ชาญฉลาดในการจัดการคุณภาพอากาศ ผู้วิจัยจึงตระหนักถึงช่องว่างทางเทคโนโลยีในการดูแลสุขภาวะการนอนหลับที่ยังขาดเครื่องมือซึ่งสามารถจัดการกับคุณภาพอากาศในห้องนอนได้อย่างชาญฉลาดและตรงจุด จึงมีแนวคิดในการจัดทำการควบคุมคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่งเพื่อคุณภาพการนอน ระบบนี้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยอัตโนมัติ วัตถุประสงค์หลักของผลงานนี้เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อส่งเสริมการนอนหลับ เพื่อประเมินประสิทธิภาพทางเทคนิคและความแม่นยำของระบบในการตรวจวัดและควบคุมปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ให้อยู่ในระดับที่กำหนด และเพื่อประเมินผลกระทบของการใช้ระบบควบคุมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อคุณภาพการนอนหลับและความรู้สึกสดชื่นเมื่อตื่นนอนของผู้ใช้งาน ผลงานนี้มุ่งหวังที่จะยกระดับคุณภาพการนอนหลับของผู้ใช้งานผ่านการปรับปรุงคุณภาพอากาศอย่างเป็นรูปธรรม ซึ่งจะช่วยให้ผู้ใช้งานตื่นนอนอย่างสดชื่น มีสมาธิ และพร้อมสำหรับกิจกรรมต่าง ๆ ในแต่ละวันได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาและวิเคราะห์ระบบ

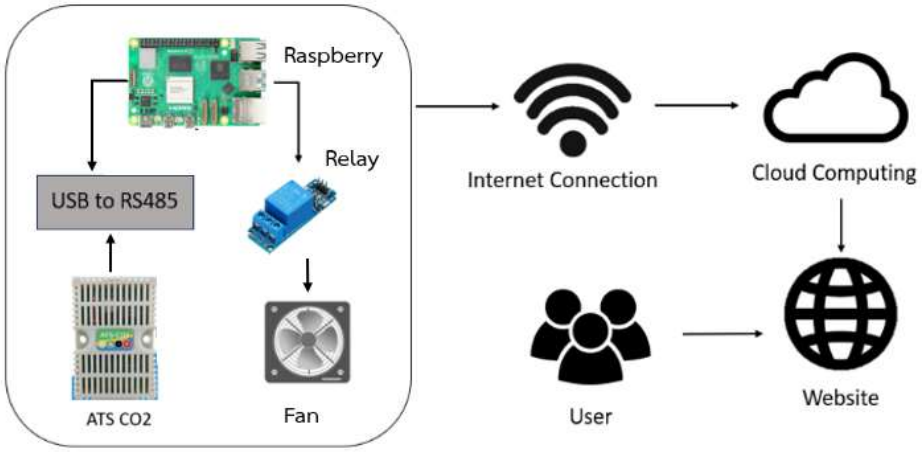
ภาพที่ 1 แสดงแผนผังกรอบแนวคิดในการวิจัยซึ่งเป็นแผนผังที่สรุปขั้นตอนและผลลัพธ์ที่เชื่อมโยงกันของงานวิจัยทั้งหมด โดยมีปัญหาหลักคือการสะสมของ คาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องนอนระบบปิดสูงเกิน 1,000 ppm กระบวนการนี้เริ่มต้นจากการ ศึกษาและวิเคราะห์ทบทวนวรรณกรรม ที่เกี่ยวข้องเพื่อกำหนดเกณฑ์ควบคุมและนำไปสู่การออกแบบระบบอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่งที่มีผลผลิตคือการควบคุม คาร์บอนไดออกไซด์ ให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และผลลัพธ์ที่คาดหวังคือคุณภาพการนอนหลับที่ดีขึ้น



ภาพที่ 1 แผนผังกรอบแนวคิดในการวิจัย

2. การออกแบบและพัฒนาระบบ

การออกแบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์และส่วนทำงานต่างๆของระบบทั้งหมดดังภาพที่ 2.



ภาพที่ 2 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

1. การตรวจวัดและการเชื่อมต่อ ระบบใช้เซ็นเซอร์ ATS CO2 ซึ่งทำหน้าที่เป็น Input เพื่อตรวจวัดค่าคาร์บอนไดออกไซด์แบบ Real-time อย่างต่อเนื่อง ข้อมูลจะถูกส่งผ่านโปรโตคอล RS 485 โดยใช้ ตัวแปลงสัญญาณ USB to RS485 เพื่อเชื่อมต่อกับบอร์ดประมวลผลหลัก (ภาพที่ 2)

2. Control Logic ข้อมูลที่วัดได้จะถูกส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งทำหน้าที่เป็นสมองกลของระบบ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะใช้ Control Logic เปรียบเทียบค่า คาร์บอนไดออกไซด์ ที่วัดได้กับเกณฑ์มาตรฐานที่ 1,000 ppm

3. การสั่งการอัตโนมัติ หากค่าเกินเกณฑ์ที่กำหนด ระบบจะทำการตัดสินใจเพื่อสั่งการให้ ชุดพัดลมระบายอากาศแบบเงียบ ทำงานโดยอัตโนมัติ เพื่อลดระดับคาร์บอนไดออกไซด์ให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม

3. การออกแบบการแสดงผล

การพัฒนาระบบแสดงผลค่าคาร์บอนไดออกไซด์แบบ Real-time โดยนำข้อมูลจากตารางค่าคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกบันทึกจากการตรวจวัดจากเซ็นเซอร์ ภาพที่ 3 ซึ่งเป็นฐานข้อมูล จากโปรแกรม PostgreSQL

Properties | Data | Diagram

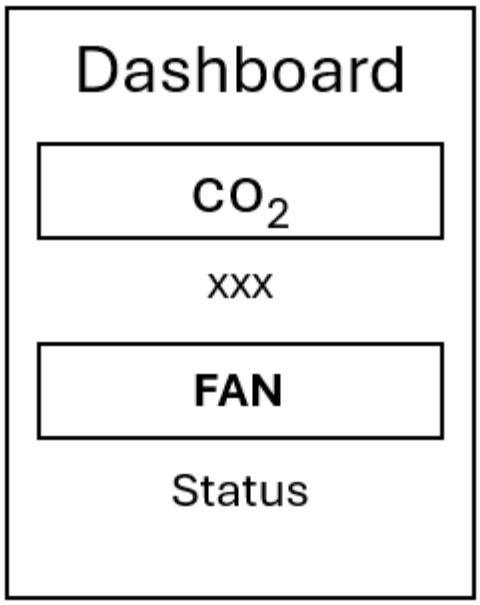
SELECT t.* FROM public.thco2 AS t ORE — Enter a SQL expression to filter results (use Ctrl+Space)

	id	timestamp	temperature	humidity	co2
1	46,801	2025-11-09 05:24:53.789	22.4	53	584
2	46,800	2025-11-08 08:19:58.399	22.1	54	578
3	46,799	2025-11-08 08:19:48.129	22.3	55	569
4	46,798	2025-11-08 08:19:36.798	22	54	572
5	46,797	2025-11-08 08:19:26.513	22.1	54	567
6	46,796	2025-11-08 08:19:16.263	22.4	53	570
7	46,795	2025-11-08 08:19:05.458	22.8	52	569
8	46,794	2025-11-08 08:18:54.919	23.2	51	572
9	46,793	2025-11-08 08:18:44.668	23.6	50	573
10	46,792	2025-11-08 08:18:33.673	24.1	49	571
11	46,791	2025-11-08 08:18:23.443	24.6	48	568
12	46,790	2025-11-08 08:18:13.213	28.7	67	946
13	46,789	2025-11-08 08:18:03.263	28.7	67	944
14	46,788	2025-11-08 08:17:52.918	28.7	67.1	931
15	46,787	2025-11-08 08:17:42.499	28.7	67.2	926
16	46,786	2025-11-08 08:17:35.013	28.7	67.3	916
17	46,785	2025-11-08 08:17:24.743	28.6	67.3	900
18	46,784	2025-11-08 08:17:13.933	28.7	67.3	884
19	46,783	2025-11-08 08:17:02.643	28.6	67.3	875
20	46,782	2025-11-08 08:16:48.993	28.7	67.3	873
21	46,781	2025-11-08 08:16:38.728	28.7	67.3	874
22	46,780	2025-11-08 08:16:27.923	28.6	67.4	874
23	46,779	2025-11-08 08:16:17.688	28.6	67.4	876
24	46,778	2025-11-08 08:16:07.453	28.6	67.5	876
25	46,777	2025-11-08 08:15:57.383	28.6	67.5	876
26	46,776	2025-11-08 08:15:46.254	28.6	67.6	878
27	46,775	2025-11-08 08:15:35.988	28.6	67.5	878

Refresh | Save | Cancel | Export data | 200

ภาพที่ 3 ตารางข้อมูลค่าคาร์บอนไดออกไซด์

จากภาพที่ 4 เป็นการออกแบบหน้าจอแสดงผลแบบโดยแสดงข้อมูลค่าคาร์บอนไดออกไซด์ และแสดงสถานะการทำงานของพัดลม

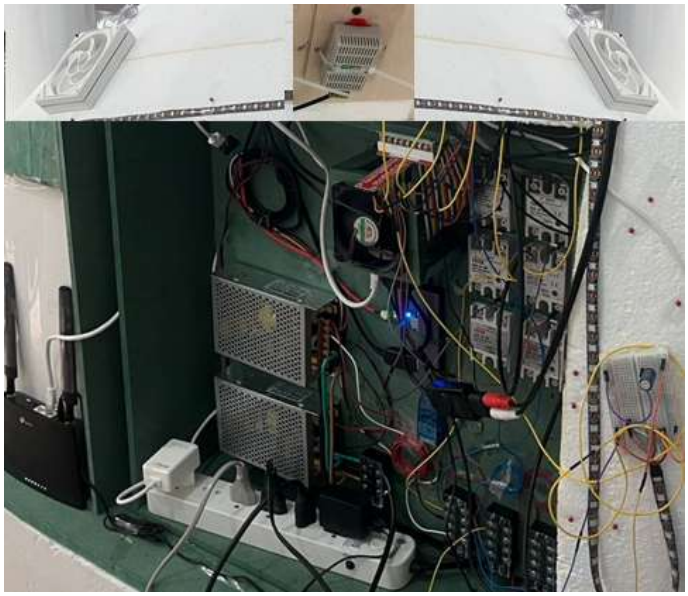


ภาพที่ 4 การออกแบบหน้าจอแสดงผล

ผลการวิจัย

1. ผลลัพธ์การพัฒนาระบบ

จากการพัฒนาระบบการควบคุมคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่งเพื่อคุณภาพการนอน ประกอบไปด้วยสองส่วนคือส่วนที่หนึ่งคือฮาร์ดแวร์ที่ทำหน้าที่ตรวจสอบ สั่งการและประมวลผล ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 การเชื่อมต่อวงจรควบคุมของระบบ

ส่วนที่สองคือส่วนการแสดงผลข้อมูล ดังภาพที่ 6 ประกอบไปด้วยการแสดงผลการตรวจสอบข้อมูลแบบเรียลไทม์และสถานะการทำงานของพัดลมซึ่งจะทำงานต่อเมื่อมีค่าเกิน 1000 ppm และหยุดทำงานเมื่อมีค่าต่ำกว่า 500 ppm



ภาพที่ 6 หน้าจอแสดงผลข้อมูลเซ็นเซอร์แบบ Real-time

2. ประสิทธิภาพทางเทคนิคของระบบควบคุม CO_2

2.1. การทดสอบความแม่นยำของเซ็นเซอร์ ผลการทดสอบทางเทคนิคพบว่า เซ็นเซอร์ ATS CO_2 ที่ใช้ในระบบต้นแบบมีความแม่นยำสูงเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดมาตรฐาน โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (Mean Absolute Error, MAE) อยู่ที่ +50 ppm ในช่วงความเข้มข้น 400 –1,000 ppm ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้สำหรับงานวิจัยด้านคุณภาพอากาศ

2.2 ผลการควบคุมความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดช่วงการนอนหลับ จากการติดตั้งและทดลองใช้งานระบบในห้องนอนตัวอย่างเป็นระยะเวลา 30 คืน (โดยเปิดใช้งานระบบควบคุม) และนำมาคำนวณตามสมการการหาค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดช่วงการนอนหลับ (2.4.1) ผลการวัดพบว่าช่วง Pre-test (ไม่มีระบบควบคุม) ค่าเฉลี่ยความเข้มข้น คาร์บอนไดออกไซด์ ตลอดช่วงการนอนหลับ สูงถึง 2,250 ppm ซึ่งเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ 1,000 ppm อย่างมีนัยสำคัญ [1] ช่วง Post-test (มีระบบควบคุม IoT): ค่าเฉลี่ยความเข้มข้น คาร์บอนไดออกไซด์ ตลอดช่วงการนอนหลับ ลดลงเหลือ 890 ppm ผลการวิจัยยืนยันว่า Control Logic ของระบบ สามารถสั่งการให้ชุดพัดลมระบายอากาศทำงานโดยอัตโนมัติได้อย่างมี

ประสิทธิภาพ เมื่อความเข้มข้นของ คาร์บอนไดออกไซด์ เกิน 1,000 ppm ทำให้สามารถรักษาระดับคาร์บอนไดออกไซด์ ให้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานได้สำเร็จตลอดช่วงเวลาการนอนหลับ (ดังแสดงในภาพ 4 และ 3)

3 ผลกระทบต่อคุณภาพการนอนหลับและความสดชื่นของผู้ใช้งาน

3.1 การเปรียบเทียบคุณภาพการนอนหลับและความสดชื่นผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลคุณภาพการนอนหลับและความรู้สึกสดชื่นของผู้ใช้งาน ด้วยแบบสอบถามมาตรฐาน (เช่น PSQI และ Morning Freshness Scale) เปรียบเทียบระหว่าง ช่วง Pre-test (ไม่มีระบบควบคุม) และ ช่วง Post-test (มีระบบควบคุมคาร์บอนไดออกไซด์) และวิเคราะห์ด้วยสมการ Paired t-test ดังนี้

- คุณภาพการนอนหลับโดยรวม (Sleep Quality Score): คะแนนเฉลี่ยคุณภาพการนอนหลับใน ช่วง Post-test สูงกว่า ช่วง Pre-test อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

- ความรู้สึกสดชื่นยามตื่นนอน (Morning Freshness Score): คะแนนความรู้สึกสดชื่นของผู้ใช้งานในช่วง Post-test สูงขึ้น อย่างชัดเจน โดยผู้ใช้งานส่วนใหญ่รายงานว่า "ตื่นนอนได้ง่ายกว่า" และ "รู้สึกมีสมาธิมากขึ้น" ในวันรุ่งขึ้น

4. ผลการประเมินความพึงพอใจจากการใช้งานของผู้ใช้

ผลการประเมินประสิทธิภาพโดยผู้เข้าร่วมศึกษารวม 30 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม Intervention Group ใช้ระบบการควบคุมคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่งเพื่อคุณภาพการนอน และ Control Group ห้องนอนปกติแบบดั้งเดิม ทั้ง 30 คน เพื่อประเมินระดับการยอมรับและความพึงพอใจต่อระบบการควบคุมคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่งเพื่อคุณภาพการนอน ที่พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยได้ทำการประเมินจากผู้ใช้งาน โดยสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพคือสถิติเชิง พรรณนา ที่มีการหาค่าเฉลี่ย $\bar{X}$ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(S.D.) เป็นมาตราส่วนประมาณค่า โดยกำหนดคุณภาพเฉลี่ยตาม เกณฑ์ดังนี้

4.50-5.00 หมายถึง ระดับคุณภาพ มากที่สุด

3.50-4.49 หมายถึง ระดับคุณภาพ มาก

2.50-3.49 หมายถึง ระดับคุณภาพ ปานกลาง

1.50-2.49 หมายถึง ระดับคุณภาพ น้อย

1.00-1.49 หมายถึง ระดับคุณภาพ น้อยที่สุด

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้

รายการ	$\bar{X}$	SD	ผลการประเมิน
ด้านการแสดงผล			
การแสดงข้อมูลในรูปแบบที่เหมาะสมกับหน้าจอ	4.25	0.68	มาก
การแสดงข้อมูลที่เข้าใจง่ายและไม่ซับซ้อน	3.95	0.55	มาก
ความสะดวกในการดูข้อมูลที่แสดงผลตามสถานการณ์	4.40	0.60	มาก
ความสามารถในการแสดงผลข้อมูลจากหลายแหล่งที่มา	4.15	0.71	มาก
ด้านการใช้งาน			
ความสะดวกในการดูข้อมูลย้อนหลัง	4.20	0.80	มาก
ความสะดวกในการดูสถานะระบบออนไลน์	4.00	0.52	มาก
ด้านการแจ้งเตือน			
ประสิทธิภาพของการแจ้งเตือนเมื่อเกิดเหตุการณ์ผิดปกติ	4.15	0.75	มาก
ความชัดเจนในการแสดงผลเมื่อเกิดเหตุการณ์ผิดปกติ	4.20	0.65	มาก
ความสะดวกในการเข้าถึงข้อมูลสำคัญเมื่อเกิดเหตุการณ์ผิดปกติ	4.00	0.78	มาก
เฉลี่ยรวม	4.18	0.66	มาก

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อระบบการควบคุมคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่งเพื่อคุณภาพการนอน มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ซึ่งมีค่าเฉลี่ย = 4.18 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.66

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการวิจัยแสดงความสำเร็จทางเทคนิคอย่างชัดเจนในการควบคุมคาร์บอนไดออกไซด์ โดยค่าเฉลี่ยความเข้มข้นลดลงจาก 2,250 ppm (ช่วง Pre-test) เหลือ 890 ppm (ช่วง Post-test) ซึ่งยืนยันว่า Control Logic ของระบบ IoT สามารถสั่งการให้พัดลมระบายอากาศทำงานเพื่อรักษาระดับคาร์บอนไดออกไซด์ให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานด้านสุขภาพที่กำหนดไว้ไม่เกิน 1,000 ppm ได้อย่างมีประสิทธิภาพ. ด้านผลกระทบต่อผู้ใช้งาน การเพิ่มขึ้นของ Sleep Quality Score และ Morning Freshness Score อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในกลุ่มผู้ใช้งานระบบ ยืนยันว่าการปรับปรุงคุณภาพอากาศด้วยการระบายอากาศที่เพียงพอเป็นปัจจัยสำคัญในการปรับปรุงสุขภาวะการนอนหลับ. ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับแนวคิดทางสรีรวิทยาที่ว่าการลดคาร์บอนไดออกไซด์ ช่วยลดการรบกวนการทำงานของระบบประสาทส่วนกลางในขณะหลับ. นอกจากนี้ ผลการประเมินความพึงพอใจ

โดยรวมของผู้ใช้งานอยู่ในระดับ มาก แสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีความน่าเชื่อถือและได้รับการยอมรับในการใช้งานจริง อย่างไรก็ตาม เพื่อเสริมความน่าเชื่อถือทางวิทยาศาสตร์ให้สูงสุด งานวิจัยในอนาคตควรมีการศึกษาเพิ่มเติมโดยใช้การวัดทางสรีรวิทยาอย่าง Polysomnography (PSG) เพื่อยืนยันผลกระทบต่อตัวแปรการนอนหลับที่ละเอียดอ่อน เช่น การเพิ่มขึ้นของระยะเวลานอนหลับคลื่นช้า (SWS) และการลดลงของการตื่นตัวชั่วขณะ (Arousals) และควรมีการบูรณาการการควบคุมตัวแปรแวดล้อมอื่น ๆ ที่มีผลต่อการนอนหลับ เช่น อุณหภูมิและความชื้น.

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้งานวิจัยนี้ได้บรรลุวัตถุประสงค์ในการออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่งเพื่อส่งเสริมและยกระดับคุณภาพการนอนหลับของผู้ใช้งานอย่างเป็นรูปธรรม การควบคุมค่าความเข้มข้น ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถ ตรวจวัดและควบคุมปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในห้องนอนให้อยู่ในระดับที่กำหนด ได้อย่างมีประสิทธิภาพและอัตโนมัติ ผลการลดความเข้มข้น ผลการทดสอบยืนยันว่าระบบสามารถลดค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงการนอนหลับจากระดับที่เป็นอันตราย (มากกว่า 1,000 ppm) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในช่วงที่ไม่มีระบบควบคุม ให้กลับเข้าสู่เกณฑ์มาตรฐานด้านสุขภาพได้สำเร็จ โดยลดลงในช่วงที่มีระบบควบคุมความแม่นยำของระบบ ระบบได้ใช้ Control Logic ที่สั่งการชุดพัดลมระบายอากาศทำงานโดยอัตโนมัติได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์เกิน 1,000 ppm นอกจากนี้เซ็นเซอร์ที่ใช้ในระบบต้นแบบยังมีความแม่นยำสูงเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดมาตรฐาน โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ การปรับปรุงคุณภาพการนอนด้วยระบบการควบคุมคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่งเพื่อคุณภาพการนอนส่งผลให้คุณภาพการนอนหลับโดยรวม (Sleep Quality Score) ของผู้ใช้งานดีขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความรู้สึกสดชื่นยามตื่น คะแนนความรู้สึกสดชื่นของผู้ใช้งานใน ช่วง Post-test สูงขึ้นอย่างชัดเจน ซึ่งผู้ใช้งานส่วนใหญ่รายงานว่า "ตื่นนอนได้ง่ายกว่า" และ "รู้สึกมีสมาธิมากขึ้น" ในวันรุ่งขึ้น ผลลัพธ์นี้เน้นย้ำว่า การระบายอากาศที่เพียงพอเพื่อลดคาร์บอนไดออกไซด์เป็นปัจจัยสำคัญในการปรับปรุงสุขภาวะการนอน การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี ในงานนี้ แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการเป็นเครื่องมือจัดการคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ชาญฉลาดและตรงจุด สามารถนำไปสู่การเป็น ต้นแบบเชิงพาณิชย์ เพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตและประสิทธิภาพการทำงานของผู้ใช้งานในแต่ละวันได้อย่างเต็มที่

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาเชิงลึกด้านสรีรวิทยา ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมโดยใช้การวัดทางสรีรวิทยา(Polysomnography, PSG) เพื่อยืนยันผลกระทบของระบบต่อตัวแปรการนอนหลับที่ละเอียดอ่อน เช่น การเพิ่มขึ้นของระยะเวลานอน

หลับคลื่นช้า (SWS) และ การลดลงของการตื่นตัวชั่วขณะ (Arousals) ซึ่งเชื่อมโยงโดยตรงกับภาวะเลือดเป็นกรดจากการหายใจ การบูรณาการปัจจัยแวดล้อมอื่นในอนาคต ควรขยายขีดความสามารถของระบบอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่งให้ครอบคลุมการควบคุมตัวแปรแวดล้อมอื่น ๆ ที่มีผลต่อการนอนหลับ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และระดับเสียง เพื่อสร้างระบบนิเวศน์ในห้องนอนที่ปรับปรุงคุณภาพการนอนหลับอย่างครอบคลุม

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณาจารย์ และผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษาและประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ด้วยความกรุณามาโดยตลอด คุณความดีอันเกิดจากประโยชน์ของงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่านด้วยความซาบซึ้งใจ มา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมอนามัย. 2565. คำแนะนำคณะกรรมการสาธารณสุข เรื่อง แนวทางปฏิบัติในการเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ พ.ศ. 2565 (ออนไลน์). แหล่งข้อมูล: https://laws.anamai.moph.go.th/th/practices/211864. ค้นเมื่อ 18 พฤศจิกายน 2568.

สมปรารถนา สายสาคเรศ และ ชนิกานต์ ยิ้มประยูร. 2564. แนวทางการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในสำนักงาน: กรณีศึกษาอาคารที่มีการปรับปรุงพื้นที่ภายในเพื่อเป็นสำนักงาน. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มิตรภาพอากาศดี.

วีร์ เมฆวิลัย, วรวรรณ ศิริชนะ, สริตา ธาวนพงษ์, กมล แก้วกิตติณรงค์, และ ณัฏฐา ฐานีพานิชสกุล. 2567. การประเมินการสัมผัสคุณภาพอากาศภายในอาคารในผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจเรื้อรัง: การวัดซ้ำในสภาพแวดล้อมที่อยู่อาศัย. วารสารสิ่งแวดล้อมศึกษา การแพทย์และสุขภาพ, 9(4), 41–50.

Xu, X., Lian, Z., Shen, J., Cao, T., Zhu, J., Lin, X., & Zhang, T. 2021. Experimental study on sleep quality affected by carbon dioxide concentration. *Indoor Air*, 31(2), 440–453.

Wang, R., Li, W., Gao, J., Zhao, C., Zhang, J., Bie, Q., & Chen, X. 2023. The influence of bedroom CO_2 concentration on sleep quality. *Buildings*, 13(11), Article ID 2768.

Zhang, X., Wargocki, P., Lian, Z., & Thyregod, C. 2021. Effects of exposure to low levels of carbon dioxide on sleep quality and next-day performance. *Indoor Air*, 31(2), 346–360.

Zendels, P. 2022. INDOOR AIR QUALITY, SLEEP QUALITY AND NEXT-DAY COGNITIVE PERFORMANCE. *Doctoral dissertation, The University of North Carolina at Charlotte*.

Du, B., Tandoc, M. C., Mack, M. L., & Siegel, J. A. 2020. Indoor CO2 concentrations and cognitive function: A critical review. *Indoor Air*, 30(6), 1067–1082.

Saini, J., Dutta, M., & Marques, G. 2020. A comprehensive review on indoor air quality monitoring systems based on IoT. *Universal Access in the Information Society*, 19(3), 661–679.

Jo, J., Jo, B., Kim, J., Kim, S., & Han, W. 2020. Development of an IoT-based indoor air quality monitoring system. *Journal of Sensors*, 2020, Article ID 8749708.

ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นเพื่อส่งเสริมคุณภาพการนอนหลับด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง

IoT-Based Real-Time Temperature and Humidity Control System for Enhancing Sleep Quality

สมเกียรติ เกษร[1] ธนาวุฒิ มั่นเขตกิต[2] และ ธงรบ อักษร[3*]

Somkaid Keson[1] Thanawut Mankhetkit[2] and Thongrob Auxsorn[3*]

[1,2,3] สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก 65000

[1,2,3] Department of Information Technology, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok 65000, Thailand.

*Corresponding author E-mail: auxsorn@psru.ac.th

บทคัดย่อ

การนอนหลับเป็นกระบวนการทางชีวภาพที่สำคัญต่อการฟื้นฟูร่างกายและจิตใจ การได้รับคุณภาพการนอนหลับที่ดีส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพในการทำงานและสุขภาพโดยรวม อย่างไรก็ตาม คุณภาพการนอนหลับมักถูกรบกวนจากปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมภายในห้องนอน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อุณหภูมิและความชื้นที่ไม่เหมาะสม ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อสภาวะน่าสบาย (Thermal Comfort) งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบอินเทอร์เน็ตสิ่ง (IoT) เพื่อควบคุมปัจจัยดังกล่าว โดยระบบประกอบด้วยเซ็นเซอร์ XY MD02 สำหรับตรวจวัดค่าความแม่นยำสูง ประมวลผลด้วยบอร์ด Raspberry Pi 5 ผ่านภาษา Python และจัดเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูล PostgreSQL โดยใช้อัลกอริทึมควบคุมแบบ PID (Proportional-Integral-Derivative) สั่งการ Actuator (โมดูล Relay) เพื่อควบคุมเครื่องทำความเย็นและเครื่องพ่นไอน้ำให้รักษาระดับอุณหภูมิที่ 20–22 °C และความชื้น 40–60% วิธีการดำเนินการวิจัยประกอบด้วยการพัฒนาต้นแบบ การทดสอบทางเทคนิค และการประเมินผลกับอาสาสมัคร 30 คน ด้วยแบบวัด PSQI ผลการวิจัยพบว่าระบบสามารถรักษาสภาวะน่าสบายได้อย่างมีเสถียรภาพ ส่งผลให้คะแนนคุณภาพการนอนหลับดีขึ้นและความรู้สึกสดชื่นเมื่อตื่นนอนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ : ระบบควบคุม, อุณหภูมิ, ความชื้น, อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง, การนอนหลับ

Abstract

Sleep is a vital biological process for physical and mental recovery. Good sleep quality directly impacts work performance and overall health. However, sleep quality is often disturbed by environmental factors within the bedroom, particularly inappropriate temperature and humidity, which directly affect thermal comfort. This research aims to design and develop an Internet of Things (IoT) system to control these factors. The system consists of an XY MD02 sensor for high-precision monitoring, processed by a Raspberry Pi 5 using Python, with data stored in a PostgreSQL database. A PID (Proportional-Integral-Derivative) control algorithm commands actuators (Relay modules) to regulate air conditioning and humidifiers, maintaining temperatures at 20–22 °C and humidity at 40–60%. The methodology includes prototype development, technical testing, and evaluation with 20 volunteers using the PSQI index. The results indicate that the system stably maintains thermal comfort, significantly improving sleep quality scores and morning freshness.

Keywords : **Control System**, Temperature, Humidity, Internet of thing, Sleep

บทนำ

คุณภาพการนอนหลับถือเป็นปัจจัยพื้นฐานสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อสุขภาพกายและประสิทธิภาพการทำงานของมนุษย์ การนอนหลับที่ไม่มีคุณภาพจะส่งผลบั่นทอนความสามารถในการคิดวิเคราะห์และการตัดสินใจ ปัญหาการนอนหลับได้กลายเป็นปัญหาสุขภาพสำคัญในสังคมไทย โดยเฉพาะในกลุ่มผู้สูงอายุและวัยทำงาน ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพการนอนคือ "สภาพแวดล้อมในห้องนอน" โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ งานวิจัยในประเทศไทยยืนยันว่าคุณภาพอากาศและสภาพแวดล้อมภายในอาคารมีผลต่อสุขภาพโดยตรง การอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ร้อนหรือชื้นเกินไปจะรบกวนกระบวนการระบายความร้อนของร่างกาย (Thermoregulation) ทำให้หลับยากและตื่นบ่อย แม้ปัจจุบันจะมีการนำเทคโนโลยี IoT มาประยุกต์ใช้ในการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างแพร่หลาย เช่น การควบคุมระบบปรับอากาศในอาคาร หรือการรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติ แต่ส่วนใหญ่มักเน้นการใช้งานเชิงพาณิชย์หรือการเกษตร ยังขาดการนำมาประยุกต์ใช้เพื่อสุขภาวะการนอนหลับโดยเฉพาะในบริบทของที่อยู่อาศัย

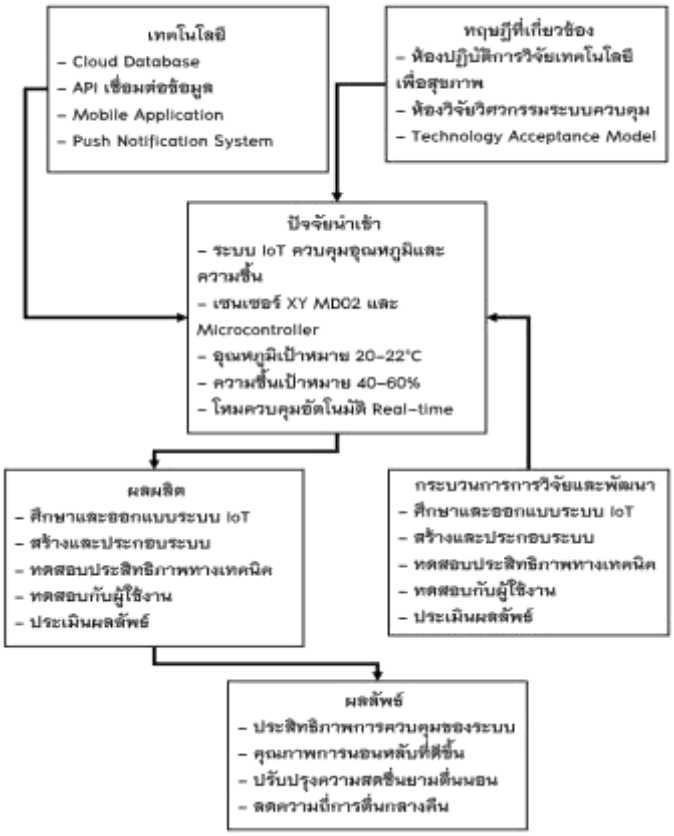
ผู้วิจัยจึงตระหนักถึงความสำคัญในการพัฒนาระบบที่สามารถควบคุมปัจจัยแวดล้อมได้อย่างแม่นยำ จึงมีแนวคิดในการจัดทำ "ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นเพื่อส่งเสริมคุณภาพการนอนหลับ" ขึ้น โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีประมวลผลประสิทธิภาพสูง (Raspberry Pi 5) ร่วมกับอัลกอริทึมการควบคุมแบบสัดส่วน-ปริพันธ์-

อนุพันธ์ (PID Controller : Proportional–Integral–Derivative controller or Three-term controller) เพื่อให้การปรับสภาพแวดล้อมมีความราบเรียบและต่อเนื่อง วัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนาระบบต้นแบบ และประเมินประสิทธิผลของการใช้ระบบต่อคุณภาพการนอนหลับของผู้ใช้งาน

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาและวิเคราะห์ระบบ

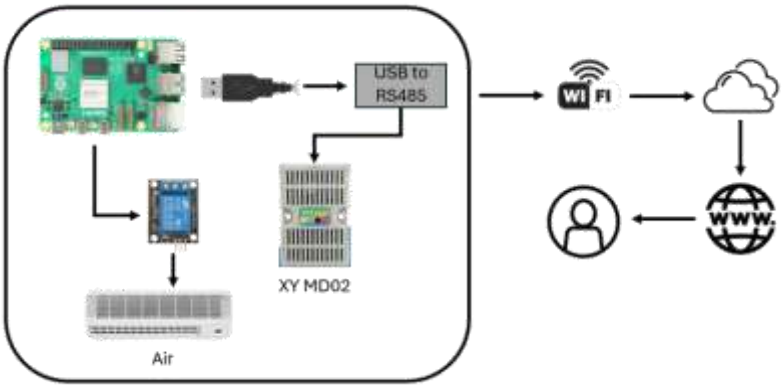
ภาพที่ 1 แสดงแผนผังกรอบแนวคิดในการวิจัยซึ่งเป็นแผนผังที่สรุปขั้นตอนและผลลัพธ์ที่เชื่อมโยงกันของงานวิจัยทั้งหมด โดยมีปัญหาหลักคือ การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องนอนระบบปิดให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมต่อการนอนหลับ กระบวนการนี้เริ่มต้นจากการศึกษาและวิเคราะห์ทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดเกณฑ์ควบคุม และนำไปสู่การออกแบบระบบอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง (IoT) ที่ใช้เซนเซอร์ SHT75 และ Microcontroller โดยมีผลผลิตคือ การควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ 20°C - 22°C และควบคุมความชื้นให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ 40% - 60% แบบ Real-time และผลลัพธ์ที่คาดหวังคือคุณภาพการนอนหลับที่ดีขึ้น ปรับปรุงความสดชื่นยามตื่นนอน และลดความถี่การตื่นกลางคืน



ภาพที่ 1 แผนผังกรอบแนวคิดในการวิจัย

2. การออกแบบและพัฒนาระบบ

การออกแบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์และส่วนทำงานต่างๆของระบบทั้งหมดดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

1. การตรวจวัดและการเชื่อมต่อ (Input) การตรวจวัด ระบบใช้เซ็นเซอร์ XY MD02 ซึ่งทำหน้าที่เป็น Input เพื่อตรวจวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นแบบ Real-time อย่างต่อเนื่อง ข้อมูลจะถูกส่งผ่านโปรโตคอล RS485 โดยใช้ตัวแปลงสัญญาณ USB to RS485 เพื่อเชื่อมต่อกับบอร์ดประมวลผลหลัก (Raspberry Pi 5) เพื่อเชื่อมต่อกับบอร์ดประมวลผลหลัก (ภาพที่ 2)

2. Control Logic และการประมวลผล ศูนย์กลางการประมวลผล ข้อมูลที่วัดได้จะถูกส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ (Raspberry Pi 5) ซึ่งทำหน้าที่เป็นสมองกลของระบบ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะใช้อัลกอริทึม PID เปรียบเทียบค่าอุณหภูมิและความชื้นที่วัดได้กับเกณฑ์มาตรฐาน (Setpoint) ที่กำหนดไว้ เช่น อุณหภูมิ 20–22°C และความชื้น 40–60%

3. การสั่งการอัตโนมัติ (Output) การตัดสินใจสั่งการ หากค่าอุณหภูมิและความชื้นเกินเกณฑ์ที่กำหนด ระบบจะทำการตัดสินใจเพื่อสั่งการ ระบบจะสั่งการผ่าน Relay Module ให้อุปกรณ์ปรับสภาพอากาศ (เครื่องทำความเย็นและเครื่องพ่นไอน้ำ) ทำงานโดยอัตโนมัติ เพื่อรักษาระดับอุณหภูมิและความชื้นให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม

3. การออกแบบการแสดงผล

การพัฒนาระบบแสดงผลค่าอุณหภูมิและความชื้นแบบ Real-time โดยนำข้อมูลจากตารางค่าอุณหภูมิและความชื้นที่ถูกบันทึกจากการตรวจวัดจากเซ็นเซอร์ ภาพที่ 3 ซึ่งเป็นฐานข้อมูล จากโปรแกรมPostgreSQL

Properties | Data | Diagram

Show SQL | Enter a SQL expression to filter results (use Ctrl+Space)

	id	timestamp	temperature	humidity
1	1	2025-09-11 15:37:14.843	28.7	56.5
2	2	2025-09-11 15:37:15.982	28.7	56.5
3	3	2025-09-11 15:37:17.119	28.7	56.5
4	4	2025-09-11 15:37:18.256	28.7	56.5
5	5	2025-09-11 15:37:19.395	28.7	56.5
6	6	2025-09-11 15:37:20.532	28.7	56.5
7	7	2025-09-11 15:37:21.674	28.7	56.5
8	8	2025-09-11 15:37:22.811	28.7	56.5
9	9	2025-09-11 15:37:23.949	28.7	56.5
10	10	2025-09-11 15:37:25.087	28.7	56.5
11	11	2025-09-11 15:37:26.223	28.7	56.5
12	12	2025-09-11 15:37:27.360	28.7	56.5
13	13	2025-09-11 15:37:28.497	28.7	56.5
14	14	2025-09-11 15:37:29.634	28.7	56.5
15	15	2025-09-11 15:37:30.772	28.7	56.5
16	16	2025-09-11 15:37:31.910	28.7	56.5
17	17	2025-09-11 15:37:33.047	28.7	56.5
18	18	2025-09-11 15:37:34.184	28.7	56.5
19	19	2025-09-11 15:37:35.322	28.7	56.6
20	20	2025-09-11 15:37:36.459	28.7	56.6
21	21	2025-09-11 15:37:37.598	28.7	56.6
22	22	2025-09-11 15:37:38.735	28.7	56.6
23	23	2025-09-11 15:37:39.872	28.7	56.7
24	24	2025-09-11 15:37:41.009	28.7	56.7
25	25	2025-09-11 15:37:42.147	28.7	56.7
26	26	2025-09-11 15:37:43.288	28.7	56.7
27	27	2025-09-11 15:37:44.425	28.7	56.7

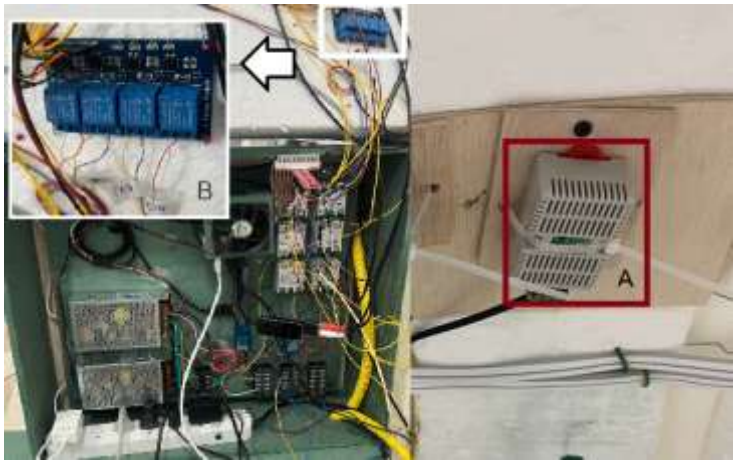
ภาพที่ 3 ตารางข้อมูลค่าคาร์บอนไดออกไซด์

ผลการวิจัย

1. ผลลัพธ์การพัฒนาระบบ

จากการพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นเพื่อส่งเสริมคุณภาพการนอนหลับด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่งประกอบไปด้วยสองส่วนคือส่วนที่หนึ่งคือฮาร์ดแวร์ที่ทำหน้าที่ตรวจสอบ สั่งการและ

ประมวลผล จากภาพที่ 3 (A) แสดงเซ็นเซอร์ทำหน้าที่ตรวจสอบอุณหภูมิและความชื้น (B) คือ Relay Module ที่ทำหน้าที่ควบคุมเครื่องปรับอากาศที่เชื่อมต่อกับ Raspberry pi 5 ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การเชื่อมต่อวงจรควบคุมของระบบ

ส่วนที่สองคือส่วนการแสดงผลข้อมูล ดังภาพที่ 5 ประกอบไปด้วยการแสดงผลการตรวจสอบข้อมูลแบบเรียลไทม์ ซึ่งประกอบไปด้วยค่าอุณหภูมิและค่าความชื้น อีกส่วนคือกราฟแสดงแนวโน้มของ ค่าอุณหภูมิและค่าความชื้น ที่วัดได้ 10 ข้อมูลล่าสุด



ภาพที่ 5 หน้าจอแสดงผลข้อมูลเซ็นเซอร์แบบ Real-time

2. ประสิทธิภาพทางเทคนิคของระบบ

2.1 จากผลการทดสอบการทำงานของระบบพบว่า การใช้อัลกอริทึม PID Control บน Raspberry Pi 5 สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในห้องให้อยู่ในช่วง 21.5–22.5°C และความชื้นสัมพัทธ์ในช่วง 50–55% ได้อย่างมีเสถียรภาพตลอดช่วงการทดสอบดังตารางที่ 1 พบว่า ควบคุมให้ค่าอุณหภูมิและความชื้นเข้า Setpoint (22 °C / 52–55%) รวดเร็วและแกว่งน้อย

ตารางที่ 1 ข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นเฉลี่ย (8 ชั่วโมง)

เวลา	อุณหภูมิก่อน PID	อุณหภูมิหลัง PID	ความชื้นก่อน PID	ความชื้นหลัง PID
0	24.0	24.5	48	50
1	23.5	23.7	49	51
2	23.0	22.9	50	52
3	22.5	22.4	51	53
4	22.2	22.1	52	54
5	22.0	22.2	53	55
6	22.2	22.2	54	54
7	22.3	22.1	54	53
8	22.4	22.3	55	52

ผู้วิจัยได้ทำการประเมิน จากผู้ใช้งาน โดยสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพคือสถิติเชิง พรรณนา ที่มีการหาค่าเฉลี่ย $\bar{x}$ และส่วน เบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เป็นมาตราส่วนประมาณค่า โดยกำหนดคุณภาพเฉลี่ยตาม เกณฑ์ดังนี้

4.50-5.00 หมายถึง ระดับคุณภาพ มากที่สุด

3.50-4.49 หมายถึง ระดับคุณภาพ มาก

2.50-3.49 หมายถึง ระดับคุณภาพ ปานกลาง

1.50-2.49 หมายถึง ระดับคุณภาพ น้อย

1.00-1.49 หมายถึง ระดับคุณภาพ น้อยที่สุด

2.2 คะแนน PSQI ในการประเมินคุณภาพการนอนหลับโดยใช้ Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) พบว่า ก่อนการใช้งานระบบ ค่าเฉลี่ย PSQI = 7.85 (คุณภาพการนอนไม่ดี) หลังการใช้งานระบบ ค่าเฉลี่ย PSQI = 5.15 (คุณภาพการนอนดีขึ้น) การทดสอบทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p <$

0.01) แสดงให้เห็นว่าการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นส่งผลให้คุณภาพการนอนหลับของผู้ใช้งานดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

2.3 ความสดชื่นและความพึงพอใจ ผู้ใช้งานรายงานว่ามีความรู้สึก สดชื่นเมื่อตื่นนอน เพิ่มขึ้น โดยคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องนอนอยู่ที่ 4.60 (ระดับมากที่สุด) แสดงให้เห็นว่าการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นมีผลต่อความรู้สึกสบายและความตื่นตัวของผู้ใช้งาน

3. การประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้งาน

3.1 ผลการประเมินประสิทธิภาพโดย ผู้ใช้งานทั้งหมด 30 คน และผู้เชี่ยวชาญ 3 คน เพื่อประเมินระดับการยอมรับและความพึงพอใจต่อ ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นเพื่อส่งเสริมคุณภาพการนอนหลับ ใช้สถิติ เชิงพรรณนา โดยหาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้

รายการ	$\bar{x}$	**SD**	**ผลการประเมิน**
ด้านการแสดงผล			
ความชัดเจนของค่าอุณหภูมิและความชื้นบนหน้าจอ	4.75	0.44	มากที่สุด
ความสวยงามและความเข้าใจง่ายของกราฟแสดงผลย้อนหลัง	4.60	0.50	มากที่สุด
การแสดงสถานะการทำงานของเครื่องปรับอากาศ/พ่นไอน้ำได้ถูกต้อง	4.70	0.47	มากที่สุด
ความเหมาะสมของการจัดวางองค์ประกอบและขนาดตัวอักษรที่อ่านง่าย	4.65	0.48	มากที่สุด
ด้านประสิทธิภาพการทำงานของระบบ			
ความแม่นยำในการควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ (20-22 °C)	4.80	0.41	มากที่สุด
ความสามารถในการตอบสนองและสั่งการอุปกรณ์อัตโนมัติ	4.65	0.49	มากที่สุด

ด้านประโยชน์ต่อคุณภาพการนอนหลับ			
ความรู้สึกสบายตัว (Thermal Comfort) ขณะนอนหลับ	4.85	0.37	มากที่สุด
ความรู้สึกสดชื่นและตื่นตัวเมื่อตื่นนอนตอนเช้า	4.75	0.44	มากที่สุด
ความมั่นใจในความปลอดภัยของสภาพแวดล้อมในห้องนอน	4.60	0.50	มากที่สุด
เฉลี่ยรวม	4.71	0.46	มากที่สุด

จากผลการประเมินข้างต้น พบว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อระบบในภาพรวมอยู่ในระดับ “มากที่สุด” โดยมีค่า $\bar{x}$= 4.71 และ S.D. = 0.46 แสดงให้เห็นว่าระบบไม่เพียงแต่มีประสิทธิภาพทางเทคนิคที่ดี แต่ยังตอบสนองต่อความต้องการและความพึงพอใจของผู้ใช้งานได้อย่างสูง

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการวิจัยแสดงความสำเร็จทางเทคนิคอย่างชัดเจนในการใช้ระบบ Internet of Things (IoT) ในการควบคุมปัจจัยสภาพแวดล้อม โดยระบบสามารถรักษาระดับอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 20–22°C และความชื้นให้อยู่ในช่วง 40–60% ได้อย่างมีเสถียรภาพ ซึ่งเกิดจากการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมควบคุมแบบ PID (Proportional-Integral-Derivative) ที่ช่วยให้ระบบรักษาระดับอุณหภูมิและความชื้นให้คงที่อยู่ที่เป้าหมายได้อย่างต่อเนื่องและมีเสถียรภาพ

ด้านผลกระทบต่อผู้ใช้งาน การปรับปรุงคุณภาพอากาศด้วยการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นส่งผลให้คะแนนคุณภาพการนอนหลับ (PSQI) ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าเฉลี่ย PSQI ลดลงจาก 7.85 (คุณภาพการนอนไม่ดี) เหลือ 5.15 (คุณภาพการนอนดีขึ้น) นอกจากนี้ ผู้ใช้งานยังมีความรู้สึกสดชื่นเมื่อตื่นนอนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลลัพธ์สอดคล้องกับแนวคิดทางสรีรวิทยาที่ว่าการรักษาสภาวะน่าสบาย (Thermal Comfort) ช่วยให้ร่างกายฟื้นฟูได้ดีขณะหลับ ผลการประเมินความพึงพอใจโดยรวมของผู้ใช้งานอยู่ในระดับ "มากที่สุด" แสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีความน่าเชื่อถือและได้รับการยอมรับในการใช้งานจริง อย่างไรก็ตาม เพื่อเสริมความน่าเชื่อถือทางวิทยาศาสตร์ให้สูงสุด งานวิจัยในอนาคตอาจมีการศึกษาเพิ่มเติมโดยใช้การวัดทางสรีรวิทยาอย่าง Polysomnography (PSG) เพื่อยืนยันผลกระทบต่อตัวแปรการนอนหลับที่ละเอียดอ่อน เช่น การเพิ่มขึ้นของระยะเวลาการนอนหลับคลื่นช้า (SWS) และการลดลงของการตื่นตัวชั่วขณะ (Arousals)

สรุปผลการวิจัย

ด้านการพัฒนาระบบ: ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในการสร้างระบบต้นแบบที่บูรณาการฮาร์ดแวร์ประสิทธิภาพสูง (Raspberry Pi 5 และเซ็นเซอร์ XY MD02) เข้ากับซอฟต์แวร์ประมวลผลภาษา Python และฐานข้อมูล PostgreSQL ระบบสามารถตรวจวัดค่าสภาพแวดล้อมได้แบบเรียลไทม์ และสั่งการ Actuator เพื่อควบคุมเครื่องปรับอากาศและเครื่องพ่นไอน้ำได้อย่างแม่นยำตามเงื่อนไขที่กำหนด

ด้านประสิทธิภาพทางเทคนิค: การประยุกต์ใช้อัลกอริทึมการควบคุมแบบ ตัวควบคุมแบบสัดส่วน-อินทิกรัล-อนุพันธ์ ช่วยให้ระบบสามารถรักษาระดับอุณหภูมิให้คงที่อยู่ที่เป้าหมาย (20–22 °C) ได้อย่างมีเสถียรภาพ โดยมีค่าความผิดพลาด (Error) ต่ำและการแกว่งตัว (Overshoot) น้อยกว่าการควบคุมแบบเปิด-ปิด (On-Off) อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งตอบโจทย์การสร้างสภาวะน่าสบายที่ต่อเนื่องตลอดคืน

ด้านผลลัพธ์ต่อผู้ใช้งาน: การทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง 30 คน และผู้เชี่ยวชาญ 3 คน พบว่าการนอนหลับในสภาพแวดล้อมที่ควบคุมด้วยระบบนี้ ส่งผลให้คะแนนคุณภาพการนอนหลับ (PSQI) ดีขึ้นอย่างชัดเจน (คะแนนลดลงจาก 7.85 เป็น 5.15) และผู้ใช้งานมีความรู้สึกสดชื่นเมื่อตื่นนอนเพิ่มขึ้น สะท้อนให้เห็นว่าเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นสามารถแก้ไขปัญหาการนอนหลับที่เกิดจากปัจจัยแวดล้อมได้จริง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณาจารย์ และผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษาและประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ด้วยความกรุณามาโดยตลอด คุณความดีอันเกิดจากประโยชน์ของงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่านด้วยความซาบซึ้งใจ มา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

วีร์ เมฆวิลัย, วรวรรณ ศิริชนะ, สริตา ธาวนพงษ์, กมล แก้ว กิตติณรงค์, และ ณัฏฐา ฐานีพานิชสกุล, “การประเมินการสัมผัสคุณภาพอากาศภายในอาคารในผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจเรื้อรัง: การวัดซ้ำในสภาพแวดล้อมที่อยู่อาศัย,” *วารสารสิ่งแวดล้อมศึกษา การแพทย์และสุขภาพ*, ปีที่ 9, ฉบับที่ 4, หน้า 41–50, 2567.

ถนอมศักดิ์ วงศ์มีแก้ว, จีรยุทธ สารวัน, ณัฐวุฒิ ศรชัย, วัชรา ภรณ์ อุณาสิงห์, จักรนรินทร์ คงเจริญ, สมควร โพธารินทร์ และ นภาพร พ่วงพรพิทักษ์, “การพัฒนาระบบการควบคุมเครื่องปรับอากาศผ่านเว็บบราวเซอร์,” *วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและนวัตกรรม*, ปีที่ 4, ฉบับที่ 1, หน้า 2547, 2568.

มงคล ณ ลำพูน, “การพัฒนาแอปพลิเคชันระบบควบคุมการให้น้ำต้นไม้ด้วยอุปกรณ์ IoT กรณีศึกษา สวนบัญญัติพันธ์ไม้,” *วารสารแอนิเมชัน เกม ดิจิทัลมีเดียและเทคโนโลยี*, ปีที่ 1, ฉบับที่ 1, 2567.

ปฐมพงศ์ พรมมาบุญ และ วราคม วงศ์ชัย, “การพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ด้วยระบบอัตโนมัติ (Smart IoT) ในโรงอบหมูแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์,” *รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง*, 2566.

เอกรัตน์ สุขสุคนธ์, วรเชษฐ์ สิงห์ลอ, เกรียงศักดิ์ มะละกา และ อนุสรา สุขสุคนธ์, “ระบบการจัดการพลังงานอัจฉริยะสำหรับเครื่องปรับอากาศด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในสถาบันการศึกษา,” *วารสารวิชาการสมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย*, ปีที่ 12, ฉบับที่ 1, หน้า 55-68, 2566.

ชยางกูร ไชยวงศ์, ธวัชไชย ลิ้มสุวรรณ, รวิวัฒน์ คำหวาน และ ศิวณัฐ เป็ดสุวรรณ์, “การพัฒนาตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things (IoT),” *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์*, ปีที่ 7, ฉบับที่ 2, หน้า 42-52, 2565.

กรมอนามัย, คำแนะนำคณะกรรมการสาธารณสุข เรื่อง แนวทางปฏิบัติในการเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคาร สาธารณะ พ.ศ. 2565, นนทบุรี: กระทรวงสาธารณสุข, 2565.

กิตติพงษ์ สุวรรณราช, “การพัฒนาอุปกรณ์ IoT เพื่อติดตามสถานะสุขภาพสำหรับผู้สูงอายุ,” *วารสารวิชาการนวัตกรรมสื่อสารสังคม*, ปีที่ 11, ฉบับที่ 2, หน้า 88-98, 2567.

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, “โครงการต่อกล้าอาชีวะ ปี 2567: นวัตกรรม IoT จากโจทย์จริง,” [ออนไลน์]. [สืบค้นเมื่อ 17 พฤศจิกายน 2568]. จาก: https://www.nectec.or.th/news/news-pr-news/torkla2567-summary.html, 2567.

เทิดศักดิ์ เตชะกิจขจร, “โครงการวิจัยบ้านประหยัดพลังงานต้นแบบ Smart Living Unit ‘ZEN model’,” *จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*, 2566.

Kumar, R., "Time-Series IOT Data in PostgreSQL," *Medium*, October 25, 2023. https://medium.com/@kumar_vvr/time-series-iot-data-in-postgresql-ea87ea40c29f

ResearchGate, "IoT based Industrial Sensor Monitoring and Alerting System using Raspberry Pi," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 981, 2020. https://www.researchgate.net/publication/347374800

ระบบควบคุมเตียงอัจฉริยะเพื่อป้องกันแผลกดทับสำหรับผู้ป่วยติดเตียง

Smart Bed Control System to Prevent Pressure Ulcers in Bedridden Patients

ภาณุเดช ผลศักดิ์[1] พศวัต จันทร์อ่ำ[2] และธงรบ อักษร[3*]

Phanudet Phonsak[1] Photsawat Chanarm[2] and Thongrob Auxsorn[3*]

[1,2,3]**สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก 65000**

[1,2,3]Department of Information Technology, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok 65000, Thailand.

*Corresponding author E-mail: auxsorn@psru.ac.th

บทคัดย่อ

ผู้ป่วยติดเตียงมีความจำเป็นต้องได้รับการจัดท่าทางและการพลิกตัวอย่างสม่ำเสมอเพื่อลดความเสี่ยงต่อการเกิดแผลกดทับ ซึ่งเป็นภาวะแทรกซ้อนที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยและเพิ่มภาระงานของผู้ดูแล อย่างไรก็ตาม การพลิกตัวผู้ป่วยด้วยแรงงานมนุษย์เพียงอย่างเดียวอาจทำได้ไม่สม่ำเสมอและก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของผู้ดูแล งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมเตียงอัจฉริยะสำหรับการพลิกตัวผู้ป่วยในทิศทางซ้าย–ขวาแบบอัตโนมัติ โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง ระบบที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Raspberry Pi 5 ทำหน้าที่เป็นหน่วยประมวลผลกลาง ควบคุมการทำงานของ Linear Actuator ผ่านโมดูลรีเลย์ และสามารถสั่งงานผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน ผลการทดสอบต้นแบบพบว่าระบบสามารถควบคุมมุมเอียงของเตียงให้เป็นไปตามค่าที่กำหนดไว้ที่ 30 องศา โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยไม่เกิน ±0.5 องศา และมีความหน่วงเวลาในการตอบสนองต่อคำสั่งอยู่ในช่วง 0.5–1.0 วินาที นอกจากนี้ ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานพบว่าอยู่ในระดับมาก ระบบดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการเป็นเครื่องมือช่วยลดภาระงานของผู้ดูแล อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ยังอยู่ในระดับต้นแบบและควรมีการทดสอบทางคลินิกเพิ่มเติมในอนาคต

คำสำคัญ: ระบบควบคุม, เตียงอัจฉริยะ, ผู้ป่วยติดเตียง, แผลกดทับ, อินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง

Abstract

Bedridden patients require regular repositioning to minimize the risk of complications, particularly pressure ulcers. However, manual repositioning by caregivers imposes a significant physical burden and can result in inconsistent care schedules. Consequently, this research aims to design and develop a smart bed control system specifically focused on an automatic left-right turning function. The developed system utilizes a microcontroller as the central processing unit, working in conjunction with a drive mechanism to adjust the tilting angle of the bed. Users can operate the system via a smartphone application. Experimental results demonstrate that the smart bed control system prototype can effectively command the bed to tilt left and right to specified angles and return to a horizontal position with high accuracy and precision. This system demonstrates significant potential as an assistive tool to enhance the efficiency of caregivers in managing patient repositioning.

Keywords: System control, Smart Bed, Prevention, Bedridden Patients, Pressure Ulcer

บทนำ

ในปัจจุบัน จำนวนผู้ป่วยติดเตียงและผู้สูงอายุมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง อันเนื่องมาจากการเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุและความก้าวหน้าทางการแพทย์ที่ช่วยยืดอายุขัยของประชากร ภาวะผู้ป่วยติดเตียงก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อภาวะแทรกซ้อนหลายประการ โดยเฉพาะการเกิดแผลกดทับ (Pressure Ulcers) ซึ่งเกิดจากการที่เนื้อเยื่อบริเวณปุ่มกระดูกถูกกดทับเป็นเวลานาน ส่งผลให้เลือดไปเลี้ยงไม่เพียงพอและเกิดการทำลายของเนื้อเยื่อ แนวทางปฏิบัติทางคลินิกสากลแนะนำให้มีการพลิกตัวผู้ป่วยอย่างสม่ำเสมอทุก 2–4 ชั่วโมง และจัดท่าเอียงตัวประมาณ 30 องศาเพื่อลดแรงกดทับ อย่างไรก็ตาม การปฏิบัติตามแนวทางดังกล่าวโดยอาศัยแรงงานของผู้ดูแลหรือพยาบาลเพียงอย่างเดียว ก่อให้เกิดภาระงานทางกายภาพอย่างมาก และอาจทำให้เกิดความไม่สม่ำเสมอในการดูแล ด้วยความก้าวหน้าของเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง (Internet of Things : IoT) ได้มีการนำแนวคิดเตียงอัจฉริยะ (Smart Bed) มาใช้ในงานด้านการดูแลสุขภาพ โดยเตียงอัจฉริยะบางระบบสามารถตรวจวัดสัญญาณชีพ ตรวจจับท่าทาง หรือแจ้งเตือนอัตโนมัติ อย่างไรก็ตาม ระบบดังกล่าวมักมีต้นทุนสูง มีความซับซ้อนในการใช้งาน และไม่เหมาะสมกับการใช้งานในระดับครัวเรือนหรือสถานพยาบาลขนาดเล็ก จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่ายังมีงานวิจัยจำนวนจำกัดที่มุ่งเน้นการพัฒนาระบบควบคุมเตียงอัจฉริยะที่เน้นเฉพาะฟังก์ชันการพลิกตัวผู้ป่วยแบบซ้าย–ขวา โดยลดความซับซ้อนของระบบและต้นทุน ในขณะที่ยังคงความแม่นยำ

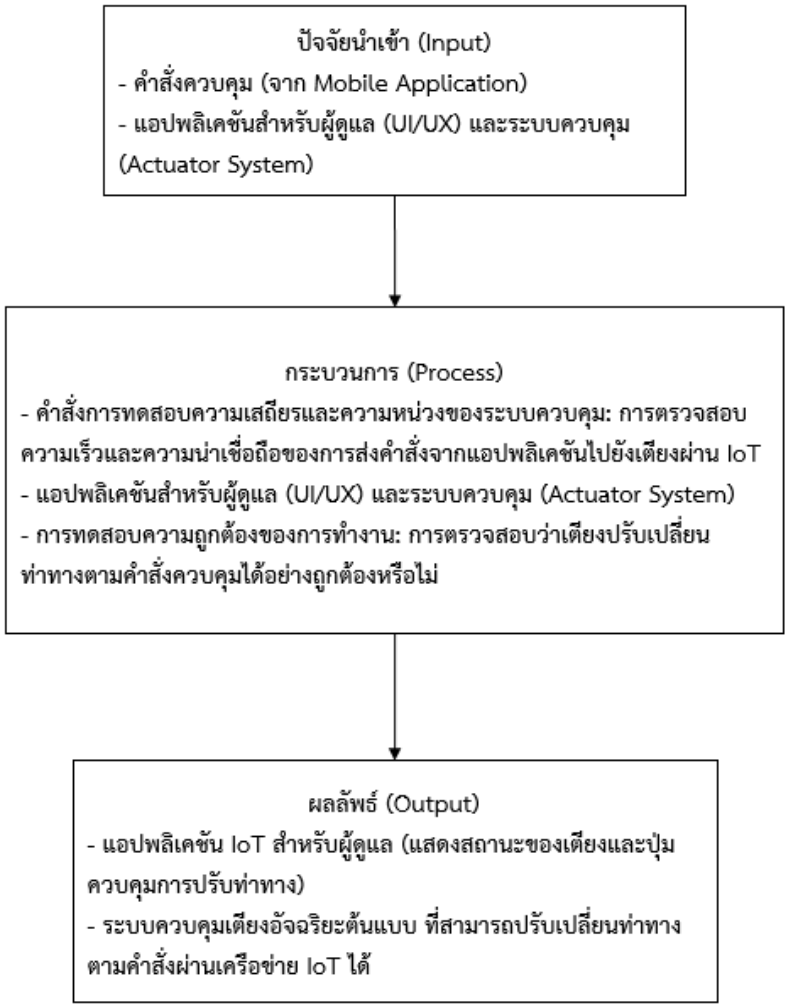
ของกลไกและความง่ายต่อการใช้งานดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมเตียงอัจฉริยะสำหรับการพลิกตัวซ้าย–ขวา 2) ทดสอบประสิทธิภาพเชิงเทคนิคของระบบด้านความแม่นยำและความหน่วงเวลาและ 3) ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบที่พัฒนาขึ้น

ผู้วิจัยจึงตระหนักถึงความสำคัญในงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การพัฒนา "ระบบควบคุมเตียงอัจฉริยะ" ที่มีฟังก์ชันการทำงานเฉพาะเจาะจง คือการควบคุมกลไกการพลิกตัวซ้าย-ขวาเท่านั้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างระบบที่เรียบง่าย ต้นทุนต่ำ และตอบสนองต่อคำสั่งการพลิกตัวได้อย่างแม่นยำ เพื่อเป็นเครื่องมือพื้นฐานสำหรับผู้ดูแล

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาและวิเคราะห์ระบบ

งานวิจัยนี้ใช้แนวคิดกรอบการทำงานแบบ Input–Process–Output (IPO Model) เพื่อวิเคราะห์และออกแบบระบบ โดยปัจจัยนำเข้า (Input) ประกอบด้วยคำสั่งจากแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน ข้อมูลจากผู้ดูแลและค่าพารามิเตอร์การควบคุมมุมเอียงของเตียง กระบวนการ (Process) คือการประมวลผลคำสั่งผ่านระบบควบคุม IoT การควบคุมการทำงานของมอเตอร์ และการบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูลคลาวด์ ส่วนผลลัพธ์ (Output) คือการเปลี่ยนแปลงท่าทางของเตียงตามคำสั่งและการแสดงผลสถานการณ์ทำงานแบบเรียลไทม์ ภาพที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย (Conceptual Framework) ซึ่งเป็นแผนผังที่สรุป ปัจจัยนำเข้า (Input), กระบวนการ (Process), และ ผลลัพธ์ (Output) ที่เชื่อมโยงกันของงานวิจัยทั้งหมด โดยมีเป้าหมายหลักคือการพัฒนาระบบควบคุมเตียงอัจฉริยะเพื่อลดภาระของผู้ดูแลกระบวนการนี้เริ่มต้นจาก ปัจจัยนำเข้า (Input) ได้แก่ คำสั่งควบคุมจาก Mobile Application, แอปพลิเคชันสำหรับผู้ดูแล (UI/UX), และระบบควบคุมกลไก (Actuator System) จากนั้นจึงเข้าสู่ กระบวนการ (Process) ซึ่งเน้นการทดสอบความเสถียร ความหน่วง และความน่าเชื่อถือของระบบควบคุม IoT รวมถึงการทดสอบความถูกต้องของการทำงาน ว่าเตียงสามารถปรับเปลี่ยนท่าทางได้ตรงตามคำสั่งควบคุมหรือไม่ และนำไปสู่ ผลลัพธ์ (Output) คือ แอปพลิเคชัน IoT สำหรับผู้ดูแลที่สามารถแสดงสถานะและสั่งการเตียงได้ และ ระบบควบคุมเตียงอัจฉริยะต้นแบบ ที่สามารถปรับเปลี่ยนท่าทางตามคำสั่งผ่านเครือข่าย IoT ได้สำเร็จ



ภาพที่ 1 แผนผังกรอบแนวคิดในการวิจัย

2. การออกแบบและพัฒนาระบบ

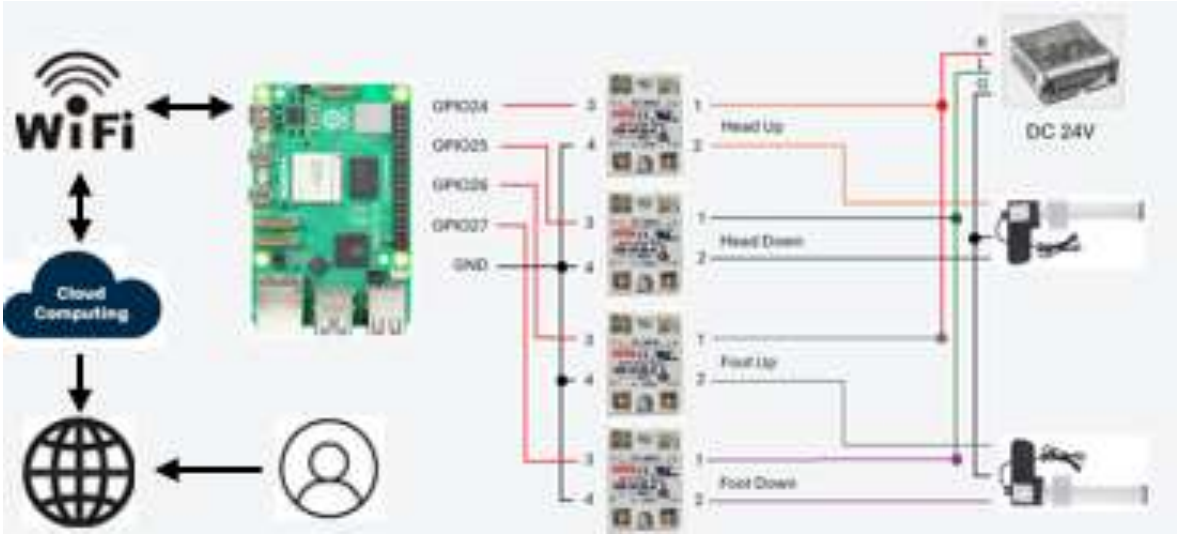
การออกแบบและพัฒนาระบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์และส่วนทำงานต่างๆของระบบทั้งหมดดังภาพที่ 2 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1 หน่วยควบคุม (Control Unit) ระบบเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Raspberry Pi 5 เป็นหน่วยประมวลผลกลาง เนื่องจากมีสมรรถนะการประมวลผลสูง รองรับการเชื่อมต่อเครือข่าย Wi-Fi และสามารถทำงานร่วมกับระบบฐานข้อมูลและแอปพลิเคชัน IoT ได้อย่างเสถียร Raspberry Pi ทำหน้าที่รับคำสั่งจากคลาวด์ ประมวลผลเงื่อนไขการควบคุม และส่งสัญญาณไปยังหน่วยสวิตช์

2.2 หน่วยสวิตช์ (Switching Unit) หน่วยสวิตช์ใช้โมดูลรีเลย์ขนาด 2 หรือ 4 ช่อง ทำหน้าที่ควบคุมการจ่ายไฟแรงดัน 24V ไปยัง Linear Actuator โดยรับสัญญาณควบคุมแรงดันต่ำจากพอร์ต GPIO ของ Raspberry Pi เพื่อแยกวงจรควบคุมออกจากวงจรกำลัง เพิ่มความปลอดภัยของระบบ

2.3 หน่วยขับเคลื่อน (Drive Mechanism) หน่วยขับเคลื่อนประกอบด้วย Linear Actuator จำนวน 2 ตัว ติดตั้งที่ด้านซ้ายและด้านขวาของโครงเตียง ทำหน้าที่แปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นการเคลื่อนที่เชิงเส้นเพื่อยกหรือปรับระดับเตียง การทำงานของ Actuator ทั้งสองตัวถูกควบคุมแบบอิสระเพื่อให้สามารถเอียงเตียงในทิศทางซ้ายหรือขวาได้ตามมุมที่กำหนด

2.4 การรับข้อมูลและการสั่งการ (Data Acquisition & Operation) ทำหน้าที่จัดการกระแสข้อมูล โดยรับคำสั่งจากผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน (เช่น การเพิ่มหรือลดองศา) ส่งผ่านเครือข่าย Wi-Fi ไปบันทึกและประมวลผลบนฐานข้อมูลคลาวด์ (Cloud Database) ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะถูกนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจสั่งการทำงานของมอเตอร์



ภาพที่ 2 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

3. การออกแบบระบบฐานข้อมูลและการแสดงผล

การประมวลผล (Process) คำสั่งจากคลาวด์จะถูกส่งมายัง Microcontroller ในการประมวลผลและตัดสินใจ จากนั้นจะส่งสัญญาณไฟฟ้าจากพอร์ต GPIO ไปยังโมดูลรีเลย์นอกจากนี้ทุกคำสั่งและการเปลี่ยนแปลงสถานะจะถูกบันทึกไว้ในฐานข้อมูลบนคลาวด์ ดังตัวอย่างตารางข้อมูล bed_control ข้อมูลในตารางนี้จะถูกนำไปใช้ในการควบคุมและแสดงผล โดยในการออกแบบข้อมูลในฐานข้อมูลนั้นผู้วิจัยได้กำหนดค่าตัวเลขที่บันทึกลงไปในตารางฐานข้อมูลเพื่อนำไปควบคุมการทำงาน ตัวเลข 0 หมายถึงเตียงในแนวราบ ตัวเลข 1 หมายถึงการปรับเตียงเอียงในระดับ 30 องศา ตัวเลข 2 หมายถึงการปรับเตียงขึ้นที่ละ 5 องศา และ ตัวเลข 4 หมายถึงการปรับเตียงลงที่ละ 5 องศา



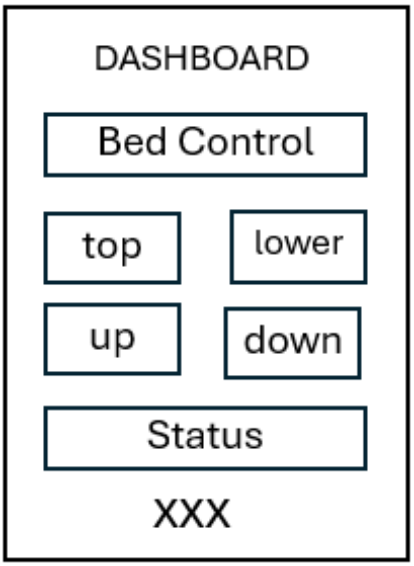
Properties | Data | Diagram

SELECT b.* FROM public.bed AS b

	id	status	created_at
1	15	3	2025-11-05 10:29:15.658 +0700
2	19	3	2025-11-05 10:40:20.098 +0700
3	23	3	2025-11-05 10:47:39.041 +0700
4	29	3	2025-11-05 15:24:56.369 +0700
5	30	3	2025-11-05 15:25:43.769 +0700
6	33	3	2025-11-05 15:28:01.624 +0700
7	37	3	2025-11-05 15:29:17.905 +0700
8	44	3	2025-11-05 15:31:00.775 +0700
9	47	3	2025-11-05 15:31:56.379 +0700
10	59	3	2025-11-08 13:53:21.112 +0700
11	65	3	2025-11-08 13:59:21.249 +0700
12	66	3	2025-11-08 14:51:25.384 +0700
13	2	2	2025-11-05 09:50:59.375 +0700
14	7	2	2025-11-05 10:14:57.776 +0700
15	10	2	2025-11-05 10:16:52.247 +0700
16	13	2	2025-11-05 10:28:11.709 +0700
17	18	2	2025-11-05 10:39:45.888 +0700
18	22	2	2025-11-05 10:47:24.489 +0700
19	25	2	2025-11-05 10:48:45.748 +0700
20	34	2	2025-11-05 15:28:18.026 +0700
21	35	2	2025-11-05 15:28:26.536 +0700
22	39	2	2025-11-05 15:29:53.413 +0700
23	40	2	2025-11-05 15:30:07.260 +0700
24	41	2	2025-11-05 15:30:16.855 +0700
25	42	2	2025-11-05 15:30:25.350 +0700
26	56	2	2025-11-08 13:49:33.998 +0700
27	57	2	2025-11-08 13:49:40.568 +0700

ภาพที่ 3 ตารางข้อมูล bed_control

จากภาพที่ 4 การออกแบบและพัฒนาการสดงผลข้อมูลและควบคุมเตียง โดยมีหลักการทำงานที่บันทึกลงฐานข้อมูลคือ เมื่อกด top จะบันทึกตัวเลข 1ลงในตารางฐานข้อมูลเพื่อทำหน้าที่ปรับระดับเตียงเอียงขึ้น 30 องศา เมื่อกด lower จะบันทึกตัวเลข 0 ลงในตารางฐานข้อมูลเพื่อทำหน้าที่ปรับระดับเตียงอยู่ในแนวราบ เมื่อกด up จะบันทึกตัวเลข 2 ลงในตารางฐานข้อมูลเพื่อทำหน้าที่ปรับระดับเตียงขึ้นทีละ 5 องศา และ เมื่อกด down จะบันทึกตัวเลข 3 ลงในตารางฐานข้อมูลเพื่อทำหน้าที่ปรับระดับเตียงลงทีละ 5 องศา

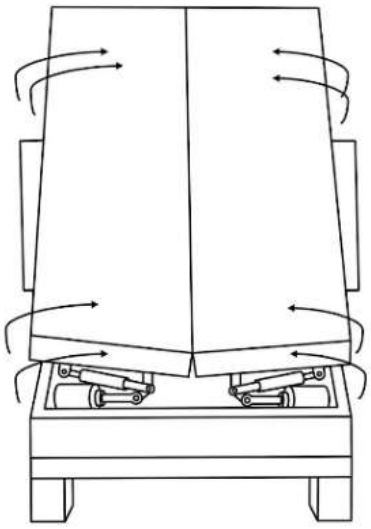


ภาพที่ 4 การออกแบบหน้าจอแสดงผล

ผลการวิจัย

1. ผลลัพธ์การพัฒนาระบบ

จากการพัฒนาระบบการควบคุมระบบควบคุมเตียงอัจฉริยะมีสองส่วนคือระบบควบคุม และการออกแบบเตียง ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ภาพจำลองของเตียง

ส่วนที่สองคือส่วนการควบคุม ดังภาพที่ 6 ประกอบไปด้วยการแสดงผลการควบคุมแบบเรียลไทม์และสถานะการทำงาน



ภาพที่ 6 หน้าจอควบคุมเตียงแบบ Real-time

2. ประสิทธิภาพทางเทคนิคของระบบควบคุมเตียง

2.1. ผลการทดสอบการควบคุมการพลิกตัวทดสอบสมรรถนะของระบบในการควบคุมการพลิกตัวผู้ป่วยตามมาตรฐานการป้องกันแผลกดทับที่กำหนดให้มีการจัดท่าเอียงตัว 30 องศา โดยสั่งการผ่านแอปพลิเคชันจำนวน 20 ครั้ง ผลการทดสอบพบว่าความแม่นยำของมุมเอียง (Angular Accuracy) ระบบสามารถควบคุมกลไกให้ปรับระดับเตียงไปที่มุมเป้าหมาย 30 องศา ได้อย่างแม่นยำ โดยมีค่ามุมเฉลี่ยที่วัดได้จริงอยู่ที่ 29.6 องศาสำหรับการพลิกซ้าย และ 30.3 องศาสำหรับการพลิกขวา คิดเป็นค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (Error) เพียง ±0.5 องศา ซึ่งถือว่ามีความแม่นยำสูงเมื่อเทียบกับระบบกลไกพื้นฐานทั่วไป และสอดคล้องกับเกณฑ์ปฏิบัติทางคลินิกที่ต้องการมุมเอียงที่เพียงพอต่อการลดแรงกดทับบริเวณปุ่มกระดูก

2.2 ผลการทดสอบระบบเครือข่ายและการจัดการข้อมูลจากการทดสอบการเชื่อมต่อระหว่างแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนกับไมโครคอนโทรลเลอร์ Raspberry Pi 5 ผ่านเครือข่าย Wi-Fi และการบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล PostgreSQL พบว่า ความเสถียรในการเชื่อมต่อ ระบบสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่าย Wi-Fi และรับคำสั่งจากแอปพลิเคชันได้ต่อเนื่องโดยไม่พบเหตุขัดข้อง (Downtime) ในระหว่างการทดสอบ ซึ่งสอดคล้องกับศักยภาพของ IoT ในการประยุกต์ใช้เพื่อการดูแลสุขภาพระยะไกล ระบบสามารถรับคำสั่งจากผู้ใช้งานและสั่งการมอเตอร์ได้ทันที (Real-time) โดยมีความหน่วงเวลา (Latency) เฉลี่ยเพียง 0.5 - 1.0 วินาที ซึ่งขึ้นอยู่กับสัญญาณ

อินเทอร์เน็ตการบันทึกข้อมูล (Data Logging) ระบบสามารถบันทึกข้อมูลสถานะการทำงาน (Timestamp, มุมเอียง, สถานะมอเตอร์) ลงในฐานข้อมูลได้อย่างถูกต้องครบถ้วนทุกครั้งที่มีการสั่งการ

3. ผลการประเมินความพึงพอใจจากการใช้งานของผู้ใช้

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่างผู้ดูแลและผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้แบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อระบบในภาพรวมอยู่ในระดับมาก($\bar{X}$= 4.47) โดยมีรายละเอียดที่สำคัญ ด้านประโยชน์การใช้งาน ประเด็น "ความสามารถในการช่วยลดภาระงาน/แรงกายของผู้ดูแล" ได้รับคะแนนประเมินสูงสุด($\bar{X}$ = 4.70) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าระบบสามารถแก้ไขปัญหาภาระงานหนักทางกายภาพของผู้ดูแลได้จริง สอดคล้องกับความต้องการเทคโนโลยีมาช่วยทุ่นแรงของพยาบาลและผู้ดูแลตามที่ระบุ ด้านการออกแบบ (UI/UX) ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในความชัดเจนและความง่ายของแอปพลิเคชัน($\bar{X}$= 4.50) ซึ่งเป็นไปตามหลักการออกแบบ User Interface สำหรับเครื่องมือแพทย์ที่ต้องเน้นความง่ายต่อการเรียนรู้ (Usability) จากตารางที่ 1 แสดงผลการประเมินความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่างผู้ดูแลและผู้เชี่ยวชาญ พบว่าภาพรวมของระบบอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.47**)** โดยประเด็นที่ได้รับคะแนนสูงสุดคือความสามารถในการช่วยลดภาระงานทางกายภาพของผู้ดูแล สะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพของระบบในการนำไปใช้งานจริง

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้

รายการ	$\bar{X}$	SD	**ผลการประเมิน**
ด้านการออกแบบและส่วนติดต่อผู้ใช้ (UI/UX)			
ความสวยงามและความทันสมัยของแอปพลิเคชัน	4.40	0.52	มาก
ความชัดเจนของตัวอักษรและปุ่มควบคุมการสั่งงาน	4.60	0.52	มากที่สุด
ความง่ายในการเรียนรู้และใช้งานสำหรับผู้เริ่มต้น	4.50	0.71	มากที่สุด
ด้านประสิทธิภาพการทำงานของระบบ (Performance)			
ความรวดเร็วในการตอบสนองต่อคำสั่ง (Response Time)	4.20	0.63	มาก
ความนุ่มนวลของการเคลื่อนที่ (ไม่กระชาก)	4.40	0.52	มาก
ด้านประโยชน์และการนำไปใช้จริง (Utility)			
ความสามารถในการช่วยลดภาระงาน/แรงกายของผู้ดูแล	4.70	0.48	มากที่สุด

ความสะดวกในการดูสถานะของเตียงผ่านระบบออนไลน์	4.50	0.53	มากที่สุด
ภาพรวมความพึงพอใจต่อระบบเตียงอัจฉริยะ	4.60	0.52	มากที่สุด
เฉลี่ยรวม	4.47	0.57	มาก

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าระบบควบคุมเตียงอัจฉริยะที่พัฒนาขึ้นสามารถควบคุมมุมเอียงได้อย่างแม่นยำและตอบสนองต่อคำสั่งแบบเรียลไทม์ ความแม่นยำของมุมเอียงมีส่วนช่วยลดแรงกดทับบริเวณปุ่มกระดูก ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางปฏิบัติทางคลินิก นอกจากนี้ การออกแบบระบบที่เน้นความเรียบง่ายและใช้งานผ่าน IoT ยังช่วยลดภาระของผู้ดูแลได้อย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม ระบบยังเป็นเพียงต้นแบบและยังไม่ได้ทดสอบในสภาพแวดล้อมทางคลินิกจริง

ระบบควบคุมเตียงอัจฉริยะที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองต่อโจทย์การวิจัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในประเด็นความแม่นยำของมุมเอียง ซึ่งมีค่าความคลาดเคลื่อนเพียง ±0.5 องศา ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับเกณฑ์ปฏิบัติทางคลินิกที่ต้องการมุมเอียง 30 องศาเพื่อลดแรงกดทับบริเวณปุ่มกระดูก การนำทฤษฎี Sensor Fusion มาใช้ช่วยแก้ปัญหาสัญญาณรบกวนในระบบ Open-loop ได้อย่างมีนัยสำคัญ ส่งผลให้การเคลื่อนที่ของเตียงมีความเสถียร นอกจากนี้ ผลการประเมินความพึงพอใจที่อยู่ในระดับสูงสะท้อนให้เห็นว่า การออกแบบ User Interface ที่เน้นความง่าย (Usability) และการใช้เทคโนโลยี IoT เพื่อควบคุมระยะไกล สามารถลดภาระทางกายภาพของผู้ดูแลได้จริง สอดคล้องกับงานวิจัยที่ระบุว่าเทคโนโลยี Smart Bed เป็นเครื่องมือสำคัญในการช่วยเหลือบุคลากรทางการแพทย์

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จในการพัฒนาต้นแบบระบบควบคุมเตียงอัจฉริยะสำหรับการพลิกตัวผู้ป่วยติดเตียง โดยระบบสามารถควบคุมมุมเอียงของเตียงได้อย่างแม่นยำ มีความเสถียรในการสื่อสารผ่านเครือข่าย IoT และได้รับความพึงพอใจจากผู้ใช้งานในระดับมาก ข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาต่อยอด ได้แก่ การเพิ่มระบบตั้งเวลาพลิกตัวอัตโนมัติ การติดตั้งเซ็นเซอร์ความปลอดภัย และการทดสอบระบบในทางคลินิกระยะยาว

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณาจารย์ และผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษาและประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ด้วยความกรุณามาโดยตลอด คุณความดีอันเกิดจากประโยชน์ของงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่านด้วยความซาบซึ้งใจ มา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

Al-kahtani, M. S. et al., "IoT-based healthcare-monitoring system towards improving quality of life: A review," Appl. Sci., vol. 12, no. 22, 2022.

Choi, H. et al., "Nurses' perspectives on the adoption of new smart technologies for patient care: Focus group interviews," BMC Health Serv. Res., vol. 25, no. 1, 2025.

Das, S., Nandy, S., Chakraborty, S., Singh, J., and Halder, T., "Implementation of Complimentary filter on MPU 6050," World Scientific News, vol. 199, pp. 218-234, 2025.

European Pressure Ulcer Advisory Panel (EPUAP), National Pressure Injury Advisory Panel (NPIAP), and Pan Pacific Pressure Injury Alliance (PPPIA), Prevention and Treatment of Pressure Ulcers/Injuries: Clinical Practice Guideline. The International Guideline, 4th ed., E. Haesler, Ed. EPUAP/NPIAP/PPPIA, 2025.

Herath, H. M. M. B. E. G. A. A. B. et al., "Automated patient bed for pressure ulcer prevention," in 2023 8th Int. Conf. Inf. Technol. Res. (ICITR), 2023.

Hermawan, D. and Rochardjo, H., "Preliminary design of electric linear actuator for hospital bed domestic product," IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng., vol. 1143, no. 1, 2021.

Islam, M. R. et al., "Deep learning-based IoT system for remote monitoring and early detection of health issues in real-time," Sensors, vol. 23, no. 11, 2023.

Ja'afar, M. H. et al., "Development of Comforturn: A smart mattress system for automated patient repositioning using the 4D development model (A concept paper)," IIUM Eng. J., vol. 26, no. 1, 2025.

Li, Z. et al., "Global, regional and national burden of decubitus ulcers in 204 countries and territories from 1990 to 2021...," Front. Public Health, vol. 13, 2025.

Manjhi, H., "IoT Based Patient Health Monitoring System Using ESP32 and Blynk App," Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol. (IJRASET), vol. 13, no. 5, May 2025.

Moussa, K. H. et al., "Revolutionizing healthcare:Seamless integration of cloud technology and IoT for health monitoring systems," in 2024 2nd International Conference on Disruptive Technologies (ICDT), Warangal, India, 2024, pp. 1–6.

Park, J. M., Kim, S. M., Seo, J.-H., and Seo, H.-J., "Development and Usability Testing of a Mobile App for the Health Management of Primary Caregivers of People with Dementia: A Pilot Study," Journal of Korean Public Health Nursing, vol. 39, no. 1, pp. 64–77, 2025.

Qaisar, S. M. and Kiani, S. F., "Unlocking insights in IoT-based patient monitoring: Methods for encompassing large-data challenges," Sensors, vol. 23, no. 15, p. 6760, Aug. 2023.

Scardillo, G., Lato, P., d. Acunto, A., Cardillo, A., De Vitis, C., and Cimino, M. G. C. A., "IoT + DBMS = Periodic Summary of the Health Status of Remote Patients," Engineering Proceedings, vol. 56, no. 1, p. 257, 2023. Available: https://www.mdpi.com/2673-4591/56/1/257. Accessed Nov. 16, 2025.

Suharto et al., "Design of smart hospital bed for stroke patient with linear actuator motor," UJoST (Univ. Jember J. Sci. Technol.), vol. 1, no. 1, 2022.

Wang, C.-W., Lin, S.-F., and Liu, S.-H., "Raspberry Pi-Based Sleep Posture Recognition System Using AIoT Technique," Healthcare, vol. 10, no. 3, p. 513, 2022. Available: https://www.mdpi.com/2227-9032/10/3/513. Accessed Nov. 16, 2025.

พฤติกรรมการเลือกแพลตฟอร์มในการซื้อสินค้าของผู้บริโภคในอำเภอเมืองจังหวัดอุดรธานี

Customer Purchasing Behavior and Platform Selection in Mueang Udon Thai District

ภัณฑิรา วงค์สาเนา[1] ,ทิติญา น้อยนิล[1] ,ธารีย์ โคตรจันทร์[1] ,ธิวาชัย อุทิศบุญ[1] ,ชนาภา แบสท์[1]*

Panthira Wongsanao[1] ,Thitiya Noinin[1] ,Tharee Khotchan[1],Thiwachai Utidboon , Chanapha Bast[1]*

คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี, 64 ถ.ทหาร อ.เมือง จ.อุดรธานี, 41000 Management Science, UdonThani Rajabhat University, 64 Tahan Rd., Muang,UdonThani, 41000

***Corresponding author E-mail: chanapha.b@udru.ac.th**

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเลือกใช้แพลตฟอร์มในการซื้อสินค้าของผู้บริโภคในอำเภอเมืองจังหวัดอุดรธานีโดยมุ่งเน้นการซื้อสินค้าผ่านช่องทางออนไลน์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ผู้บริโภคที่อาศัยอยู่ในอำเภอเมืองจังหวัดอุดรธานีจำนวน 157 คน ใช้วิธีเลือกสุ่มแบบไม่เจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวม คือ แบบสอบถาม (Questionnaire)สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เพื่อหา ค่าความถี่ (Frequency), หาค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) และใช้สถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistics) เพื่อวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) ผลการวิจัยพบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่เลือกใช้แพลตฟอร์มออนไลน์ในการเลือกซื้อสินค้าออนไลน์เนื่องจากมีความสะดวกสบาย ความหลากหลายของสินค้าและความคุ้มค่าด้านราคา โดยแพลตฟอร์มที่ได้รับความนิยมสูงสุด คือ Shopee TikTok Shop นอกจากนี้ยังพบว่า ปัจจัยในด้าน ความน่าเชื่อถือของแพลตฟอร์ม ราคาโปรโมชั่น และความสะดวกในช่องทางการชำระเงิน ส่งผลต่อการ ตัดสินใจในการเลือกซื้อสินค้าผ่านช่องทางออนไลน์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.05 ผลการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูล ประกอบการวางแผนกลยุทธ์ทางการตลาดของผู้ประกอบการออนไลน์ในพื้นที่อำเภอเมืองจังหวัด อุดรธานีได้

คำสำคัญ : แพลตฟอร์มออนไลน์ ,พฤติกรรมผู้บริโภค, กลยุทธ์ทางการตลาด, การตัดสินใจซื้อ

Abstract

This research aimed to study consumer behavior in selecting platforms for purchasing products among consumers in Mueang District, Udon Thani Province, with a focus on online shopping. The sample consisted of 157 consumers residing in Mueang District, Udon Thani Province, selected using non-probability sampling. The research instrument used for data collection was a questionnaire. The statistical methods employed for data analysis included descriptive statistics, namely frequency, mean, and standard deviation. Inferential statistics were also applied, including Pearson's correlation coefficient and multiple regression analysis. The results revealed that most consumers preferred using online platforms for purchasing products due to convenience, product variety, and price value. The most popular platforms were Shopee and TikTok Shop. Furthermore, the findings indicated that platform credibility, price promotions, and convenience of payment channels had a statistically significant influence on consumers' purchasing decisions through online platforms at the 0.05 significance level. Online entrepreneurs in Mueang District, Udon Thani Province can utilize the study's findings as supporting information to plan their marketing strategies.

Keywords: Online platform, Consumers Behavior, Marketing strategy, Purchasing Decision

บทนำ

สถิติผู้ใช้แพลตฟอร์มออนไลน์ปี 2567 ซึ่งแพลตฟอร์มที่ได้รับความนิยมมากที่สุด ในอีมาร์เก็ต เพลส Shopee มีค่าเฉลี่ย 82.57% รองลงมาคือ Lazada 30.48% และ Amazon.com 3.49% ตามลำดับ ส่วนโซเชียลคอมเมิร์ซได้แก่ TikTok Shop มีค่าเฉลี่ย 63.56% รองลงมาคือ Facebook 59.98% และ LINE 40.17% ตามลำดับ (สำนักงานคณะกรรมการดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ , 2567) ปัจจุบันในปี 2568 ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีสารสนเทศและเครือข่ายอินเตอร์เน็ตได้เข้า มามีบทบาทสำคัญต่อการดำรงชีวิตของประชาชน ส่งผลให้รูปแบบการซื้อสินค้าและบริการมีการ เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม โดยเฉพาะการซื้อสินค้าผ่านช่องทางออนไลน์ (ปณิชา นิติพรมงคล, 2565) ซึ่งได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากสามารถอำนวยความสะดวกสบายให้แก่ผู้บริโภคทั้งในด้านเวลา ค่าใช้จ่าย และการเข้าถึง สินค้าได้อย่างหลากหลาย ประชาชนส่วนใหญ่มีการใช้สมาร์ตโฟนและอินเทอร์เน็ตในชีวิตประจำวันส่งผลให้การซื้อสินค้าผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์ เข้ามา

มีบททบาทในการตัดสินใจซื้อของผ่านช่องทาง ออนไลน์ของผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น (บุณฑริกา นันทิพงศ์ และ กิตติพันธ์ คงสวัสดิ์เกียรติ, 2565) อย่างไรก็ตาม ผู้บริโภคแต่ละรายมีพฤติกรรมและปัจจัยในการเลือกใช้แพลตฟอร์มที่แตกต่างกัน เช่น ความน่าเชื่อถือของแพลตฟอร์ม ราคา โปรโมชั่น ความสะดวกในการใช้ งานและระบบการชำระเงิน เพิ่มเกี่ยวกับความสะดวกสบายในการใช้แพลตฟอร์มออนไลน์ในการเลือกซื้อสินค้าออนไลน์

ดังนั้นการศึกษาพฤติกรรมการเลือกแพลตฟอร์มในการซื้อสินค้าของผู้บริโภคในอำเภอเมืองจังหวัดอุดรธานีจึงมีความจำเป็น เพื่อให้ทราบถึงแนวโน้มและปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าผ่านช่องทางออนไลน์ ข้อมูลที่ได้มาจากการศึกษาสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการวางแผนและพัฒนากลยุทธ์ทางการตลาดของผู้ประกอบการรวมถึงผู้ที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ให้สอดคล้องกับพฤติกรรมของผู้บริโภค

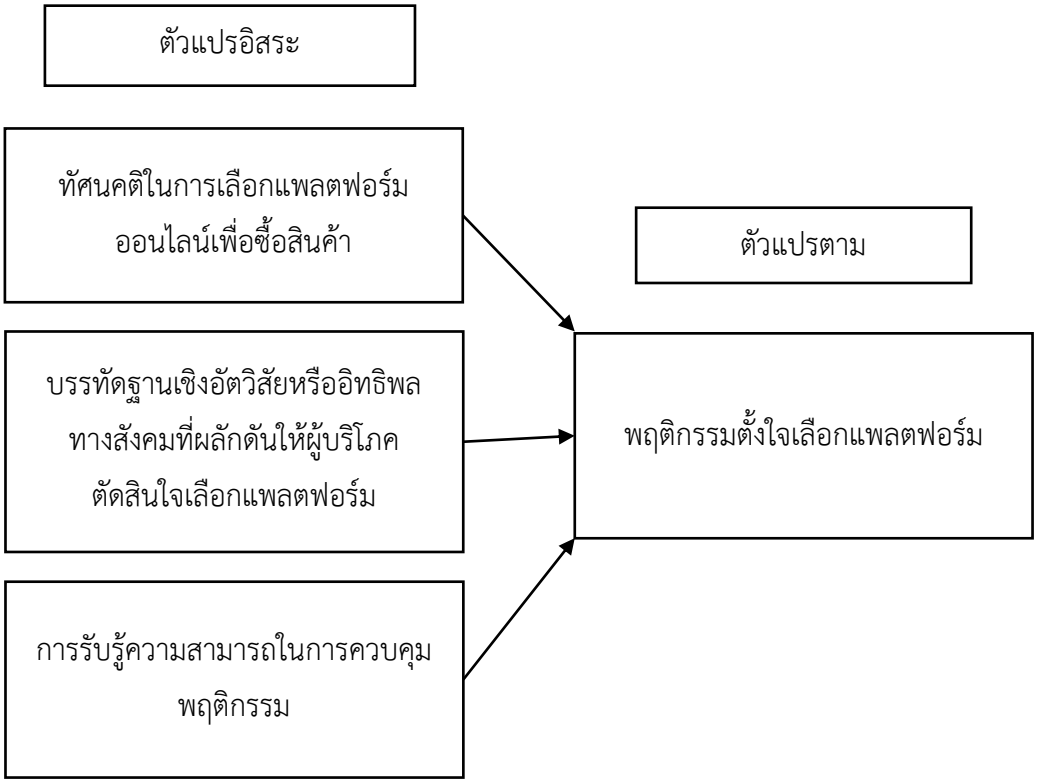
วัตถุประสงค์

1.เพื่อศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภคในการเลือกซื้อสินค้าผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์ของผู้บริโภคในอำเภอเมืองจังหวัดอุดรธานี

2.เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกการซื้อสินค้าผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์ในของผู้บริโภคในอำเภอเมืองจังหวัดอุดรธานี

กรอบแนวคิด

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยพฤติกรรมการเลือกแพลตฟอร์มในการซื้อสินค้าของผู้บริโภคในอำเภอเมืองจังหวัด อุดรธานีผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎี Theory of Planned Behavior (TPB) หรือ ทฤษฎีพฤติกรรมตามแผนเป็นทฤษฎีทางจิตวิทยาสังคมที่ใช้อธิบายและทำนายพฤติกรรมของมนุษย์ (สุภาวรรณ ชัยทวีวุฒิกุล, 2566) โดยมุ่งเน้นว่าพฤติกรรมเกิดจาก ความตั้งใจ (intention) ซึ่งถูกกำหนดโดยปัจจัยทางความคิดและสังคม Theory of Planned Behavior (TPB) เป็นทฤษฎีที่อธิบายว่าบุคคลจะกระทำพฤติกรรมใด ๆ เมื่อมีความตั้งใจที่จะทำพฤติกรรมนั้น และความตั้งใจดังกล่าวเกิดจาก 3 ปัจจัยหลัก ได้แก่ ทัศนคติ บรรทัดฐานทางสังคม และการรับรู้การควบคุมพฤติกรรม (Ajzen , 1991) สามารถสรุปเป็น กรอบแนวคิด โดยจำแนกเป็นตัวแปรอิสระ (Independent Variables) ได้แก่ ทัศนคติในการเลือกแพลตฟอร์ม(Attitude) บรรทัดฐานเชิงอัตวิสัยหรืออิทธิพลทางสังคมที่ผลักดันให้ผู้บริโภคตัดสินใจเลือกแพลตฟอร์ม (Subjective Norm) การรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรม(Perceived Behavioral Control) และตัวแปรตาม (Dependent Variable) ได้แก่ พฤติกรรมตั้งใจเลือกแพลตฟอร์ม (Behavioral Intention)



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิด

วิธีการดำเนินการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ผู้บริโภคที่อาศัยอยู่ในอำเภอเมืองจังหวัดอุดรธานีและเคยมีประสบการณ์ในการซื้อสินค้าผ่านช่องทางออนไลน์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ผู้บริโภคที่ใช้แพลตฟอร์มออนไลน์ในการซื้อสินค้าและบริการโดยใช้วิธีการได้มาซึ่งกลุ่มตัวอย่างในอำเภอเมืองจังหวัดอุดรธานี จำนวน 157 คน โดยใช้ระยะเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูล 2 เดือน ซึ่งได้มาจากการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบสะดวก (Convenience Sampling) (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2563).

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ โดยใช้เครื่องมือแบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวมรวมข้อมูล แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 2 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นในการเลือกใช้แพลตฟอร์มในการซื้อสินค้าของผู้บริโภคในอำเภอเมืองจังหวัดอุดรธานี แบ่งเป็น 4 ด้านได้แก่ด้านทัศนคติในการเลือกแพลตฟอร์ม ด้านบรรทัดฐานเชิงอัตวิสัยหรืออิทธิพลทางสังคมที่ผลักดันให้ผู้บริโภคตัดสินใจเลือกแพลตฟอร์มด้าน การรับรู้

ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรมและด้านพฤติกรรมตั้งใจเลือกแพลตฟอร์ม โดยใช้มาตรประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale)

ผู้วิจัยได้ออกแบบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้โดยออกแบบสอบถาม (Questionnaire) ในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ (Expert Judgment) ไม่น้อยกว่า 3 คน เพื่อหาค่า Index of Item–Objective Congruence (IOC) โดยผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญเท่ากับ 0.58 มากกว่า 0.50 ซึ่งเป็นเกณฑ์การยอมรับ และผลการวิเคราะห์ความเชื่อมั่น (Reliability) ด้วยวิธี Cronbach’s alpha เท่ากับ 0.98 ซึ่งค่ามากกว่า 0.70 (Cronbach , 1951) จากทั้งหมด 55 ข้อคำถาม (Number of Items) แสดงว่าแบบสอบถามนี้มีความเชื่อมั่นในระดับสูงมาก

ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) (IBM, 2021) ในการวิเคราะห์ข้อมูลพฤติกรรมการเลือกแพลตฟอร์มในการซื้อสินค้าของผู้บริโภคในอำเภอเมืองจังหวัดอุดรธานี โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เพื่อหาค่าความถี่ (Frequency), หาค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) และใช้สถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistics) เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson’s Correlation Coefficient) และค่าการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อ พฤติกรรมตั้งใจเลือกแพลตฟอร์ม (Behavioral Intention)

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรมทางสถิติ (Statistical Package for the Social Sciences: SPSS) ผู้วิจัยได้ใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เพื่อหาค่าความถี่ (Frequency) ,หาค่าร้อยละ(Percentage) ,หาค่าเฉลี่ย (Mean) และหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ด้านประชากรณ์ศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถาม แสดงได้ดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม (N=157)

รายการ	ค่าความถี่	ค่าร้อยละ
เพศ		
หญิง	63	40.1
ชาย	65	41.4
LGBTQ+	19	12.1
ไม่ประสงค์จะระบุ	10	6.4
อายุ		
ต่ำกว่า 17 ปี	6	3.8
18 - 22 ปี	65	41.4
23 -27 ปี	0	0
28 - 32 ปี	36	29.9
33 - 40 ปี	35	22.3
41 - 50 ปี	9	5.7
51 ปีขึ้นไป	6	3.8
อาชีพ		
ข้าราชการ	10	6.4
พนักงานบริษัท	32	20.4
ประกอบธุรกิจส่วน	27	17.2
ตัวค้าขาย	15	9.6
นักเรียน/นักศึกษา	69	43.9
อื่น ๆ (โปรดระบุ).....	4	2.5
อาชีพอื่น ๆ		
ครูพี่เลี้ยงดูแลเด็ก	1	0.6
แม่บ้าน	1	0.6
รับจ้าง	2	1.3
เงินเดือน		
ต่ำกว่า 15,000 บาท	82	52.2
15,001 - 20,000 บาท	33	21.0
20,001 - 30,000บาท	21	13.4
30,001 บาทขึ้นไป	21	13.4

รายการ	ค่าความถี่	ค่าร้อยละ
แพลตฟอร์มที่ใช้		
Shopee	122	77.7
Lazada	80	51.0
TikTok Shop	122	77.7
Facebook	75	47.8
Shein	36	22.9
Instragram	66	42.0
Line Shopping	28	17.8
Kaidee	4	2.5
Temu	11	7.0
Taobao	3	1.9
ShopBack	2	1.3
อื่น ๆ(โปรดระบุ).....	0	0.0

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าผู้ตอบแบบสอบถาม ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศชาย จำนวน 65 คน คิดเป็นร้อยละ 41.4 รองลงมาคือเพศหญิง จำนวน 63 คน คิดเป็นร้อยละ 40.1 กลุ่ม LGBTQ+ จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 12.1 และผู้ที่ไม่ประสงค์จะระบุเพศ จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 6.4 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาจำแนกตามช่วงอายุ พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุ 18–22 ปี จำนวน 65 คน คิดเป็นร้อยละ 41.4 รองลงมาคือช่วงอายุ 28–32 ปี จำนวน 36 คน คิดเป็นร้อยละ 29.9 และช่วงอายุ 33–40 ปี จำนวน 35 คน คิดเป็นร้อยละ 22.3 ส่วนช่วงอายุต่ำกว่า 17 ปี และ 51 ปีขึ้นไป มีจำนวนเท่ากันคือ 6 คน คิดเป็นร้อยละ 3.8 ขณะที่ช่วงอายุ 23–27 ปี ไม่พบผู้ตอบแบบสอบถาม

ด้านอาชีพ พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นนักเรียน/นักศึกษา จำนวน 69 คน คิดเป็นร้อยละ 43.9 รองลงมาคือพนักงานบริษัท จำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ 20.4 ประกอบธุรกิจส่วนตัว/ค้าขาย จำนวน 27 คน คิดเป็นร้อยละ 17.2 ข้าราชการ จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 6.4 และอาชีพอื่น ๆ จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 2.5 ซึ่งประกอบด้วย ครูพี่เลี้ยงดูแลเด็ก แม่บ้าน และรับจ้าง

ในด้านรายได้ พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีรายได้ต่ำกว่า 15,000 บาท จำนวน 82 คน คิดเป็นร้อยละ 52.2 รองลงมาคือรายได้ระหว่าง 15,001–20,000 บาท จำนวน 33 คน คิดเป็น

ร้อยละ 21.0 และรายได้ระหว่าง 20,001–30,000 บาท และ 30,001 บาทขึ้นไป ซึ่งมีจำนวนเท่ากัน คือ 21 คน คิดเป็นร้อยละ 13.4

สำหรับแพลตฟอร์มที่ใช้ในการซื้อสินค้า พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามนิยมใช้แพลตฟอร์ม Shopee และ TikTok Shop มากที่สุดเท่ากัน จำนวนแพลตฟอร์มละ 122 คน คิดเป็นร้อยละ 77.7 รองลงมาคือ Lazada จำนวน 80 คน คิดเป็นร้อยละ 51.0 Facebook จำนวน 75 คน คิดเป็นร้อยละ 47.8 และ Instagram จำนวน 66 คน คิดเป็นร้อยละ 42.0 ส่วนแพลตฟอร์มอื่น ๆ เช่น Shein, Line Shopping, Temu, Kaidee, Taobao และ ShopBack มีการใช้งานในสัดส่วนที่น้อยกว่า

ตารางที่ 2 ระดับความคิดเห็นที่มีต่อปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกซื้อสินค้าแพลตฟอร์มออนไลน์ของผู้บริโภคในอำเภอเมืองจังหวัดอุดรธานี

ปัจจัย	$\bar{x}$	S.D.	ความหมาย
1.ทัศนคติในการเลือกแพลตฟอร์ม			
1.1 ฉันคิดว่าการซื้อสินค้าผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์เป็นวิธีที่สะดวกสำหรับผู้บริโภคในอำเภอเมืองจังหวัดอุดรธานี	4.280	0.9326	มาก
1.2 ฉันรู้สึกว่าการซื้อสินค้าผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์ช่วยประหยัดเวลาในการเลือกซื้อสินค้า	4.146	0.9324	มาก
1.3 ฉันเชื่อว่าการซื้อสินค้าออนไลน์บนแพลตฟอร์มที่นิยม เช่น Shopee หรือ Lazada TikTok เป็นทางเลือกที่คุ้มค่า	4.268	0.9960	มาก
1.4 ฉันมีทัศนคติที่ดีต่อคุณภาพสินค้าโดยรวมเมื่อซื้อผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์	4.172	0.9686	มาก
1.5 ฉันเชื่อว่าการซื้อผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์มีความปลอดภัยเพียงพอสำหรับการชำระเงิน	4.159	0.9839	มาก
1.6 ฉันรู้สึกพึงพอใจกับประสบการณ์การซื้อสินค้าออนไลน์ในแพลตฟอร์มที่ฉันเลือกใช้เป็นประจำ	4.223	0.9514	มาก
1.7 ฉันเชื่อว่าการซื้อสินค้าผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์เป็นช่องทางที่ตอบโจทย์ไลฟ์สไตล์ของคนในอำเภอเมืองจังหวัดอุดรธานี	4.197	0.9160	มาก
1.8 ฉันมีความเชื่อโดยรวมว่าการซื้อสินค้าออนไลน์ผ่านแพลตฟอร์มต่าง ๆ เป็นประสบการณ์ที่ดีและคุ้มค่าต่อการใช้งาน	4.229	0.9259	มาก
ผลรวมด้านทัศนคติในการเลือกแพลตฟอร์ม	**4.21**	**0.83**	**มาก**
2.บรรทัดฐานเชิงอัตวิสัย หรือ อิทธิพลทางสังคมที่ผลักดันให้ผู้บริโภคตัดสินใจเลือกแพลตฟอร์ม			
2.1 เพื่อนหรือคนในครอบครัวของคุณแนะนำให้คุณซื้อสินค้าผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์มากกว่าการไปซื้อสินค้าที่ร้านค้าในพื้นที่	4.102	1.0139	มาก
2.2 คุณรู้สึกว่าคนรอบข้างในอำเภอเมืองจังหวัดอุดรธานีมีแนวโน้มสนับสนุนการซื้อสินค้าผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์	4.115	1.0139	มาก

ปัจจัย	$\overline{x}$	S.D.	ความหมาย
2.3 คุณเคยได้รับคำแนะนำจากคนที่คุณรู้จักเกี่ยวกับการเลือกแพลตฟอร์มในการซื้อสินค้า	4.102	1.0139	มาก
2.4 คุณมักจะถามความคิดเห็นจากคนรอบข้างก่อนตัดสินใจซื้อสินค้าผ่านแพลตฟอร์ม	4.013	1.1435	มาก
2.5 คุณคิดว่าคนในอุดรธานีจะมองว่าการเลือกซื้อสินค้าผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์เป็นสิ่งที่ถูกต้องหรือเป็นการเลือกที่เหมาะสม	4.108	0.9778	มาก
2.6 เมื่อคุณเห็นว่าคนอื่นในพื้นที่เลือกซื้อสินค้าผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์ คุณรู้สึกถูกกระตุ้นให้เลือกวิธีเดียวกัน	4.159	1.0592	มาก
ผลรวมด้านบรรทัดฐานเชิงอัตวิสัย หรือ อิทธิพลทางสังคมที่ผลักดันให้ผู้บริโภคตัดสินใจเลือกแพลตฟอร์ม	**4.094**	**0.9125**	**มาก**
3.การรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรม			
3.1 คุณรู้สึกว่าคุณมีทักษะเพียงพอในการเลือกใช้แพลตฟอร์มออนไลน์ต่าง ๆ เพื่อซื้อสินค้าได้อย่างเหมาะสม	4.172	0.9141	มาก
3.2 คุณมีความมั่นใจว่าสามารถจัดการขั้นตอนการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์ได้โดยไม่เกิดปัญหา	4.197	0.9229	มาก
3.3 คุณมีความสามารถในการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแพลตฟอร์มออนไลน์ก่อนตัดสินใจซื้อสินค้า	4.089	1.0277	มาก
3.4 คุณมีทักษะในการใช้ระบบชำระเงินออนไลน์ที่มีอยู่บนแพลตฟอร์มต่าง ๆ ได้อย่างคล่องแคล่ว	4.185	0.9186	มาก
3.5 คุณเชื่อว่าหากเกิดปัญหาระหว่างการซื้อสินค้าออนไลน์ คุณสามารถแก้ไขหรือหาวิธีจัดการได้	4.146	0.9393	มาก
3.6 คุณมีความสามารถในการเลือกแพลตฟอร์มที่เหมาะสมกับประเภทสินค้าที่ต้องการซื้อ	4.185	0.9461	มาก
3.7 คุณมีความมั่นใจว่าสามารถใช้ฟีเจอร์หรือฟังก์ชันต่าง ๆ ของแพลตฟอร์มออนไลน์ เช่น คูปอง ส่วนลด หรือตัวกรองสินค้าได้อย่างถูกต้อง	4.236	0.8854	มาก
3.8 คุณคิดว่าคนในชุมชนอุดรธานีมักจะเลือกซื้อสินค้าผ่านช่องทางออนไลน์	4.146	1.0242	มาก
3.9 คุณคิดว่าผู้คนในอุดรธานีให้ความสำคัญกับความสะดวกสบายในการซื้อสินค้าผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์มากกว่าการไปซื้อสินค้าที่ร้าน	4.127	0.9918	มาก
3.10 คุณคิดว่าคนในอุดรธานีมักจะเลือกแพลตฟอร์มในการซื้อสินค้าที่มีโปรโมชั่นหรือส่วนลดเป็นหลัก	4.185	0.9859	มาก
ผลรวมด้านการรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรม	**4.157**	**0.8563**	**มาก**

ปัจจัย	$\bar{x}$	S.D.	ความหมาย
4.พฤติกรรมตั้งใจเลือกแพลตฟอร์ม			
4.1 ฉันมีความตั้งใจที่จะซื้อสินค้าผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์ในครั้งต่อไปที่ต้องการสินค้า	4.242	0.9157	มาก
4.2 ฉันวางแผนที่จะใช้แพลตฟอร์มออนไลน์เป็นช่องทางหลักในการซื้อสินค้าในอนาคต	4.178	0.9968	มาก
4.3 ฉันมีแนวโน้มที่จะเลือกแพลตฟอร์มออนไลน์ที่ใช้อยู่ประจำเมื่อจะซื้อสินค้า	4.204	0.9528	มาก
4.4 ฉันตั้งใจจะทดลองซื้อสินค้าบนแพลตฟอร์มออนไลน์ใหม่ ๆ ที่ได้รับความนิยมในอำเภอเมืองจังหวัดอุดรธานี	4.019	1.0888	มาก
4.5 ฉันวางแผนที่จะเลือกแพลตฟอร์มออนไลน์ที่มีรีวิวและความน่าเชื่อถือสูงเมื่อทำการซื้อสินค้า	4.146	0.9924	มาก
4.6 ฉันมีความตั้งใจที่จะซื้อสินค้าผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์มากกว่าการซื้อจากร้านค้าออฟไลน์	4.229	0.9732	มาก
4.7 ฉันตั้งใจที่จะใช้แพลตฟอร์มออนไลน์ที่ให้ความคุ้มค่ามากที่สุดเมื่อเลือกซื้อสินค้า	4.229	0.9732	มาก
4.8 ฉันมีความตั้งใจที่จะติดตามโปรโมชั่นหรือส่วนลดบนแพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อใช้ในการซื้อสินค้า	4.178	0.9773	มาก
4.9 ฉันมีความตั้งใจโดยรวมที่จะใช้แพลตฟอร์มออนไลน์อย่างต่อเนื่องเมื่อมีความต้องการซื้อสินค้า	4.159	1.0096	มาก
ผลรวมด้านพฤติกรรมตั้งใจเลือกแพลตฟอร์ม	**4.161**	**0.8815**	**มาก**

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.21, S.D. = 0.83) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นว่าการซื้อสินค้าผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์เป็นวิธีที่สะดวก ($\bar{x}$ = 4.280, S.D. = 0.9326) และเป็นทางเลือกที่คุ้มค่า โดยเฉพาะแพลตฟอร์มที่ได้รับความนิยม เช่น Shopee, Lazada และ TikTok ($\bar{x}$ = 4.268, S.D. = 0.9960) นอกจากนี้ ผู้ตอบแบบสอบถามยังมีทัศนคติที่ดีต่อคุณภาพสินค้าโดยรวม ($\bar{x}$ = 4.172, S.D. = 0.9686) รวมถึงมีความเชื่อว่าการซื้อผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์มีความปลอดภัยในการชำระเงิน ($\bar{x}$ = 4.159, S.D. = 0.9839) และเป็นช่องทางที่ตอบโจทย์ไลฟ์สไตล์ของคนในอำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี ($\bar{x}$ = 4.197, S.D. = 0.9160)

ผลการศึกษาด้านบรรทัดฐานและเชิงอัตวิสัยมีอิทธิพลทางสังคมและแรงผลักดันในผู้บริโภคตัดสินใจเลือกแพลตฟอร์ม พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.094, S.D. = 0.9125) โดยเห็นว่าคำแนะนำจากเพื่อนหรือคนในครอบครัวมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจ

ซื้อสินค้าออนไลน์ ($\bar{X}$ = 4.102, S.D. = 1.0139) รวมถึงการรับรู้ว่าคนรอบข้างในพื้นที่มีแนวโน้มสนับสนุนการซื้อสินค้าผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์ ($\bar{X}$ = 4.115, S.D. = 1.0139) อีกทั้งเมื่อเห็นว่าผู้อื่นในพื้นที่เลือกซื้อสินค้าผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์ ยังส่งผลให้เกิดแรงกระตุ้นในการเลือกใช้วิธีเดียวกัน ($\bar{X}$ = 4.159, S.D. = 1.0592)

ผลการวิเคราะห์ด้านการรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรม พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.157, S.D. = 0.8563) โดยผู้ตอบแบบสอบถามมีความมั่นใจว่าตนเองมีทักษะเพียงพอในการเลือกใช้แพลตฟอร์มออนไลน์ ($\bar{X}$ = 4.172, S.D. = 0.9141) สามารถจัดการขั้นตอนการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์ได้ ($\bar{X}$ = 4.197, S.D. = 0.9229) รวมถึงมีความสามารถในการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแพลตฟอร์มและการใช้ระบบชำระเงินออนไลน์ได้อย่างคล่องแคล่ว นอกจากนี้ ผู้ตอบแบบสอบถามยังเห็นว่าผู้คนในอุดรธานีให้ความสำคัญกับความสะดวกสบายและโปรโมชั่นในการเลือกแพลตฟอร์มออนไลน์ ซึ่งสะท้อนถึงการรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรมการซื้อสินค้าออนไลน์ของผู้บริโภคในพื้นที่

ผลการศึกษาด้านพฤติกรรมตั้งใจเลือกแพลตฟอร์ม พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.161, S.D. = 0.8815) โดยผู้ตอบแบบสอบถามมีความตั้งใจที่จะซื้อสินค้าผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์ในครั้งต่อไป ($\bar{X}$ = 4.242, S.D. = 0.9157) วางแผนใช้แพลตฟอร์มออนไลน์เป็นช่องทางหลักในการซื้อสินค้าในอนาคต ($\bar{X}$ = 4.178, S.D. = 0.9968) และมีแนวโน้มเลือกใช้แพลตฟอร์มที่มีความน่าเชื่อถือ รีวิวดี รวมถึงมีโปรโมชั่นหรือส่วนลด โดยเฉพาะความตั้งใจในการติดตามโปรโมชั่นบนแพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อใช้ในการซื้อสินค้า ($\bar{X}$ = 4.178, S.D. = 0.9773)

ตารางที่ 3 แสดงการถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) ของทัศนคติในการเลือกแพลตฟอร์ม

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.905[a]	.820	.816	.37815

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	99.334	3	33.111	231.551	.000[b]
	Residual	21.879	153	.143		
	Total	121.213	156			

a. Dependent Variable: ค่ารวมของพฤติกรรมตั้งใจเลือกแพลตฟอร์ม

b. Predictors: (Constant), ค่ารวมของการรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรม, ค่ารวมของทัศนคติ, ค่ารวมของอิทธิพลทางสังคม

* หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่า การถดถอยพหุคูณเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อ พฤติกรรมตั้งใจเลือกแพลตฟอร์ม โดยใช้ ทัศนคติ อิทธิพลทางสังคม และการรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรม เป็นตัวแปรอิสระ พบว่าแบบจำลองมีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามในระดับสูง (R = 0.905) และมีค่า R Square เท่ากับ 0.820 และ Adjusted R Square เท่ากับ 0.816 แสดงว่าตัวแปรอิสระทั้งสามสามารถอธิบายความแปรปรวนของพฤติกรรมตั้งใจเลือกแพลตฟอร์มได้ร้อยละ 81.60

ผลการทดสอบความเหมาะสมของแบบจำลองด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) พบว่า ค่า F เท่ากับ 231.551 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (Sig. = 0.000) แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองการถดถอยมีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้ในการพยากรณ์พฤติกรรมตั้งใจเลือกแพลตฟอร์มได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่า ทัศนคติ อิทธิพลทางสังคม และการรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรม เป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลร่วมกันต่อพฤติกรรมตั้งใจเลือกใช้แพลตฟอร์มออนไลน์ของผู้บริโภคในอำเภอเมืองอุดรธานีอย่างชัดเจน

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผู้ตอบแบบสอบถามเป็นกลุ่มคนรุ่นใหม่ที่คุ้นเคยกับเทคโนโลยีดิจิทัลและการใช้อินเทอร์เน็ตในชีวิตประจำวัน ส่งผลให้การใช้แพลตฟอร์มออนไลน์ในการซื้อสินค้าเป็นพฤติกรรมที่พบได้ทั่วไป นอกจากนี้ การที่แพลตฟอร์มอย่าง Shopee และ TikTok Shop ได้รับความนิยมสูง สอดคล้องกับงานวิจัยของ บุณฑริกา นันทิพงศ์ และกิตติพันธ์ คงสวัสดิ์เกียรติ (2565) อาจเป็นผลมาจากลักษณะของแพลตฟอร์มที่เน้นโปรโมชั่น ราคา และการสื่อสารที่เข้าถึงกลุ่มคนรุ่นใหม่ได้ดี ความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อการเลือกใช้แพลตฟอร์มออนไลน์ทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ทัศนคติ บรรทัดฐานเชิงอัตวิสัย การรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรม และพฤติกรรมตั้งใจเลือกแพลตฟอร์ม อยู่ในระดับ “มาก” ทุกด้าน สอดคล้องกับงานวิจัยของ ปรีชา กาวีอิ่น (2566) แสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคในอำเภอเมืองอุดรธานีมีมุมมองเชิงบวกต่อการซื้อสินค้าออนไลน์ในภาพรวม อย่างไรก็ตาม ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในระดับสูงเกือบทุกข้อ อาจสะท้อนถึงแนวโน้มการตอบแบบสอบถามในทิศทางเดียวกัน (response bias) หรือการที่ผู้ตอบแบบสอบถามมีประสบการณ์ใช้งานแพลตฟอร์มออนไลน์เป็นประจำ จึงประเมินความคิดเห็นในระดับสูงอย่างสม่ำเสมอ สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุภาวรรณ ชัยทวีวุฒิกุล (2566) นอกจากนี้ ยังพบว่าตัวแปรอิสระทั้งสามสามารถอธิบายพฤติกรรมตั้งใจเลือกแพลตฟอร์มได้สูงถึงร้อย

ละ 81.60 ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับสูงมาก แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองมีความเหมาะสมในการอธิบายพฤติกรรมผู้บริโภคได้ดี ผลการวิจัยสะท้อนให้เห็นว่าการตัดสินใจและพฤติกรรมตั้งใจเลือกใช้แพลตฟอร์มออนไลน์ของผู้บริโภคในอำเภอเมืองอุดรธานีได้รับอิทธิพลอย่างมากจากทัศนคติ อิทธิพลทางสังคม และการรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรม

สรุปผลการวิจัย

ความคิดเห็นของผู้บริโภคในการเลือกใช้แพลตฟอร์มออนไลน์ในอำเภอเมืองจังหวัดอุดรธานี ทั้ง 4 ด้านอยู่ในระดับมาก โดยด้านที่ 1 ทัศนคติในการเลือกแพลตฟอร์ม ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับความสะดวกสบายเป็นอันดับแรก จากข้อคำถาม “ฉันคิดว่าการซื้อสินค้าผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์เป็นวิธีที่สะดวกสำหรับผู้บริโภคในอำเภอเมืองจังหวัดอุดรธานี” ที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด (4.28) แสดงให้เห็นว่าทัศนคติเชิงบวกต่อความสะดวก ประหยัดเวลา และความคุ้มค่า เป็นแรงผลักดันสำคัญต่อการเลือกใช้แพลตฟอร์ม ด้านที่ 2 บรรทัดฐานเชิงอัตวิสัยหรืออิทธิพลทางสังคม พบว่าผู้บริโภคได้รับอิทธิพลจากพฤติกรรมของคนรอบข้างอย่างชัดเจน จากข้อคำถาม “เมื่อคุณเห็นว่าคนอื่นในพื้นที่เลือกซื้อสินค้าผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์ คุณรู้สึกถูกกระตุ้นให้เลือกวิธีเดียวกัน” มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด (4.15) ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงบทบาทของสังคมและกระแสนิยมในการกำหนดพฤติกรรมการซื้อ ด้านที่ 3 การรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรม พบว่าผู้บริโภคมีความมั่นใจในทักษะการใช้งานแพลตฟอร์มออนไลน์ จากข้อคำถาม “คุณมีความมั่นใจว่าสามารถใช้ฟีเจอร์หรือฟังก์ชันต่าง ๆ ของแพลตฟอร์มออนไลน์ เช่น คูปอง ส่วนลด หรือตัวกรองสินค้าได้อย่างถูกต้อง” มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด (4.23) แสดงถึงความพร้อมด้านทักษะและประสบการณ์ที่เอื้อต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าออนไลน์ และด้านที่ 4 พฤติกรรมตั้งใจเลือกแพลตฟอร์ม พบว่าผู้บริโภคมีแนวโน้มที่จะใช้แพลตฟอร์มออนไลน์อย่างต่อเนื่อง จากข้อคำถาม “ฉันมีความตั้งใจที่จะซื้อสินค้าผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์ในครั้งต่อไปที่ต้องการสินค้า” มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด (4.24) ซึ่งสะท้อนถึงความตั้งใจเชิงพฤติกรรมในอนาคต และสนับสนุนว่าปัจจัยทั้งสามด้านก่อนหน้าเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้แพลตฟอร์มออนไลน์ของผู้บริโภคในอำเภอเมืองจังหวัดอุดรธานีอย่างชัดเจน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความร่วมมือและการสนับสนุนจากคณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ให้คำแนะนำ สนับสนุน และอำนวยความสะดวกในการดำเนินการวิจัยจนประสบผลสำเร็จ ขอขอบพระคุณหน่วยงานและผู้ให้ข้อมูลทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์และความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัยครั้งนี้ ตลอดจนผู้ที่มีส่วนช่วยเหลือในการดำเนินงานวิจัยในด้านต่าง ๆ

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยหวังว่าจะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษา การพัฒนาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

กัลยา วานิชย์บัญชา. 2563. สถิติและ*การวิจัย*. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ.

บุณฑริกา นันทิพงศ์ และ กิตติพันธ์ คงสวัสดิ์เกียรติ. 2565. พฤติกรรมผู้บริโภคกับการตัดสินใจซื้อสินค้าผ่านระบบอินเทอร์เน็ตในเขตกรุงเทพมหานคร. *วารสารการเงิน การลงทุน การตลาดและการบริหารธุรกิจ*, *2*(2): 65–88.

ปณิชา นิติพรมงคล. 2565. *พฤติกรรมการใช้เครือข่ายสังคมออนไลน์ของคนวัยทำงานในเขตกรุงเทพมหานคร*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีปทุม. กรุงเทพฯ.

ปรีชา กาวีอิ่น. 2566. *พฤติกรรมการซื้อสินค้าและบริการผ่านระบบอินเทอร์เน็ตของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย.

สุภาวรรณ ชัยทวีวุฒิกุล. 2566. *พฤติกรรมการซื้อสินค้าและบริการออนไลน์แบบร่วมกลุ่มกันซื้อบนเว็บไซต์ ENSOGO ของลูกค้าในเขตกรุงเทพมหานคร*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. กรุงเทพฯ.

สำนักงานคณะกรรมการดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2567. *ผู้บริโภคแพลตฟอร์มออนไลน์*. แหล่งข้อมูล: https://www.etda.or.th. ค้นเมื่อ 28 ธันวาคม 2568.

Ajzen, I. (1991). *The theory of planned behavior. Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2): 179–211.

Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. Psychometrika, 16(3): 297–334.

IBM Corp. (2021). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 28.0. Armonk, NY: IBM Corp.

ปัจจัยที่มีอิทธิต่อพฤติกรรมผู้บริโภคอาหารที่มีส่วนผสมหมาล่าของผู้บริโภค ในจังหวัดอุดรธานี

Factors influencing consumer behavior of food containing mala ingredients in Udon Thani Province

อรวรรยา คาระบุตร[1] ,มนัสนันท์ จันทรสีนวน[1], สุภัทรตรา โคตรรสขึง[1] , และ ชนาภา แบสท์[1*]

Ms.Onwanya Kharabut[1] , Ms.Manatsanan Jantarasinun[1] , Ms.Suphatta Khotsakhueng[1] ,and Chanapha Bast[1*]

คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี, 64 ถ.ทหาร อ.เมือง จ.อุดรธานี, 41000

Management Science, UdonThani Rajabhat University, 64 Tahan Rd., Muang, UdonThani, 41000)

[*]Corresponding author E-mail: chanapha.b@udru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงปัจจัยการเลือกบริโภคอาหารที่มีส่วนผสมหมาล่าของผู้บริโภคในจังหวัดอุดรธานี โดยใช้แบบสำรวจเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการเลือกบริโภคอาหารที่มีส่วนผสมหมาล่า กรอบแนวคิดในการวิจัยประกอบด้วย เจตคติต่อการปรับตัวในการเรียนรู้ (Attitude) , บรรทัดฐานทางสังคม (Subjective Norms) , และการควบคุมพฤติกรรมรับรู้ (Perceived Behavioral Control) เพื่อวิเคราะห์ความตั้งใจเชิงพฤติกรรม (Behavioral Intention) ข้อมูลที่ได้จะนำมาใช้เพื่อการวิเคราะห์ทางสถิติและเป็นวิทยาทานสำหรับการทำวิจัยในอนาคต

คำสำคัญ : พฤติกรรมผู้บริโภค, ส่วนผสมของหม่าล่า, อุดรธานี

Abstract

This research aims to investigate the factors influencing the consumption of Mala-infused food among consumers in Udon Thani Province. A survey method was employed to collect data regarding consumption behavior. The conceptual framework incorporates Attitude (specifically regarding learning adaptation), Subjective Norms, and Perceived Behavioral Control to analyze Behavioral Intention. The gathered data will undergo statistical analysis and serve as a scholarly contribution for future research.

Keywords : Consumer Behavior, Mala Recipe, Udon Thani

บทนำ

ในปัจจุบันการบริโภคของผู้คนส่วนใหญ่มักรับประทานอาหารนอกบ้านกันเป็นจำนวนมาก ในการรับประทานอาหารนอกบ้านก็มีหลายปัจจัย และปัจจุบันผู้บริโภคมีความสนใจในการรับประทานอาหารนอกบ้านมากขึ้น ทำให้

ผู้บริโภคมีความสนใจในการรับประทานอาหารนอกบ้านมากขึ้นในการรับประทานอาการนอกบ้านจะมีในรูปแบบของครอบครัว เพื่อน เพื่อนร่วมงาน คู่รัก หรือคนเดียว เป็นต้น ดังนั้นผู้บริโภคก็สามารถเลือกประเภทอาหารได้ อย่างหลากหลายตามความต้องการได้ และปัจจุบันอาหารที่ได้รับความนิยมในประเทศไทย ก็คงจะไม่พูดถึงไม่ได้ คือ อาหารมี่มีส่วนผสมของหมาล่าโดยเฉพาะเมนูชาบูหมาล่า ปิ้งย่างหมาล่า หรือต้มยำหมาล่า ที่กำลังเป็นที่นิยมอย่างมากในประเทศไทยสังเกตได้จากการเปิดธุรกิจหรือกิจการมากขึ้นเรื่อย ๆ (กรุงเทพธุรกิจ, 2566). ที่สามารถเห็นได้จากการเปิดร้านอาหารทั่วไปทุกที่ ทุกจังหวัดในประเทศไทย และศูนย์การค้าห้างสรรพสินค้าชื่อดังมากมาย ความนิยมของอาหารที่มีส่วนผสมของหมาล่าได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในประเทศไทย รวมถึงในจังหวัดอุดรธานี ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมผู้บริโภค เพื่อสำรวจความคิดเห็นและความพึงพอใจในด้านต่าง ๆ เช่น รสชาติ ความคุ้มค่า และการเข้าสังคม การศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นไปที่กลุ่มผู้บริโภคในพื้นที่จังหวัดอุดรธานีเป็นหลัก เมนูอาหารหมาล่าที่คนไทย Search หามากที่สุดแบบคิดเป็นเปอร์เซนต์และจำนวน Search ในช่วงเดือนสิงหาคมปี 2566 ที่ผ่านมา แสดงให้เห็นว่าคนไทยนิยมรับประทานหมาล่าชาบูหม้อไฟมากที่สุด โดยมีจำนวน Search สูงสุดถึง 360,000 ครั้ง รองลงมาคือสุกี้หมาล่า โดยมีจำนวน Search 180,000 ครั้ง โดยภาพรวมแล้ว เมนูอาหารหมาล่าที่คนไทย Search หามากที่สุดในเดือนสิงหาคมปี 2566 ยังคงเป็นเมนูหมาล่าชาบูหม้อไฟและสุกี้หมาล่า ซึ่งยังคงได้รับความนิยมอย่างต่อเนื่อง โดยหมาล่าสายพานก็ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นเช่นกัน แสดงให้เห็นว่าคนไทยเริ่มหันมาสนใจอาหารหมาล่าในรูปแบบใหม่ๆ มากขึ้น นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยด้านพฤติกรรมการบริโภคอาหารหมาล่าส่วนใหญ่มักให้ความสำคัญกับปัจจัยภายนอกอย่างส่วนประสมทางการตลาด (Marketing Mix) เป็นหลัก (Kotler, 1997). งานวิจัยฉบับนี้ต้องการมุ่งเน้นไปที่ปัจจัยเชิงจิตวิทยาผ่าน กรอบแนวคิดทฤษฎีพฤติกรรมตามแผน (Theory of Planned Behavior: TPB) เพื่อทำความเข้าใจถึงแรงขับเคลื่อนภายใน ทั้งในด้านทัศนคติส่วนบุคคล อิทธิพลจากคนรอบข้าง และความสะดวกในการเข้าถึงบริการ ซึ่งจะช่วยให้เห็นภาพรวมของการตัดสินใจเลือกบริโภคหมาล่าในมิติที่ลึกซึ้งกว่าเพียงเรื่องของราคาหรือตัวผลิตภัณฑ์

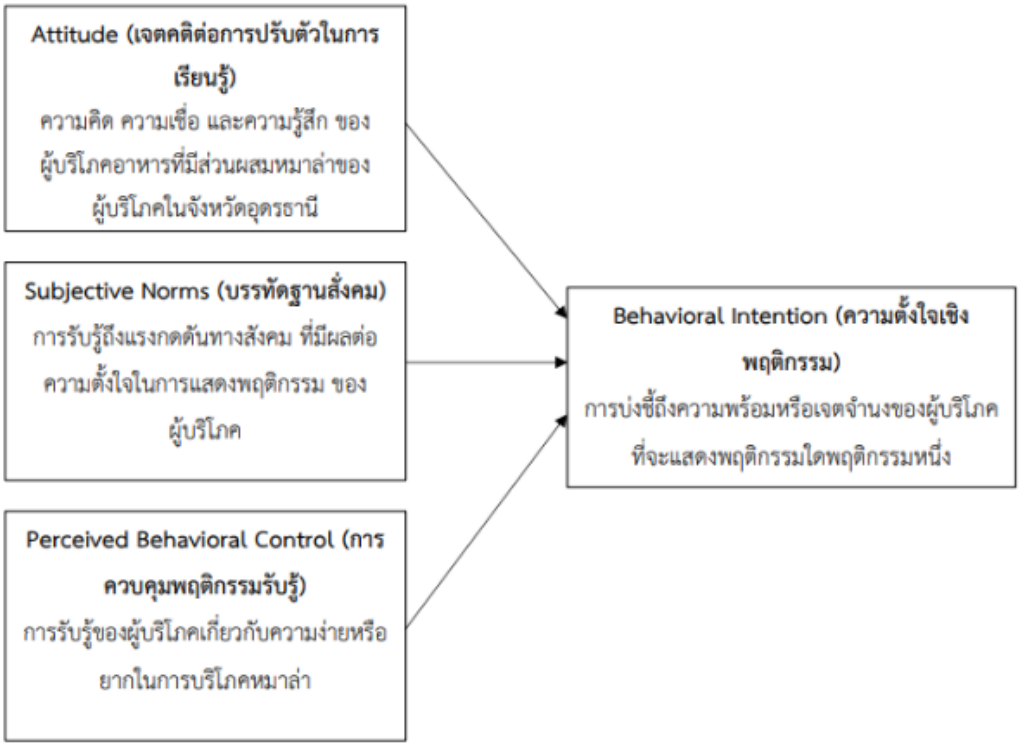
วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภคที่มีอิทธิพลต่อการเลือกบริโภคอาหารที่มีส่วนผสมของหม่าล่าของผู้บริโภคในจังหวัดอุดรธานี

2. เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยตามทฤษฎีพฤติกรรมตามแผน (Theory of Planned Behavior : TPB) ที่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจและพฤติกรรมการบริโภคอาหารหมาล่าของผู้บริโภคในจังหวัดอุดรธานี

กรอบแนวคิด

งานวิจัย “ปัจจัยที่มีอิทธิต่อพฤติกรรมผู้บริโภคอาหารที่มีส่วนผสมหมาล่าของผู้บริโภคในจังหวัดอุดรธานี ” ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีพฤติกรรมตามแผน (Theory of Planned Behavior : TPB) (Ajzen}1991) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องสามารถสรุปเป็นกรอบแนวคิด โดยจำแนกเป็นตัวแปรอิสระ (Independent Variable) ได้แก่ เจตคติต่อการปรับตัวในการเรียนรู้ (Attitude) บรรทัดฐานสังคม (Subjective Norm) การควบคุมพฤติพรรมรับรู้ (Perceived Behavior al Control) ตัวแปรตาม (Dependent Variable) ได้แก่ ความตั้งใจเชิงพฤติกรรม (Behavioral intention) ตัวแปรต้น/ตัวแปรอิสระ ส่วนที่ 1 ได้แก่ เพศ,อายุ,ระดับการศึกษา,อาชีพ,รายได้เฉลี่ยต่อเดือน,ระดับความเผ็ดที่เลือกบริโภค ส่วนที่ 2 ได้แก่ ทัศคติต่อการบริโภค,บรรทัดฐานสังคม,การควบคุมพฤติพรรมรับรู้ ตัวแปรตาม ได้แก่ ความตั้งใจในการบริโภคอาหารที่มีส่วนผสมของหมาล่า,พฤติกรรมที่มีส่วนผสมของหมาล่า



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิด

วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาเรื่อง “ปัจจัยที่มีอิทธิต่อพฤติกรรมผู้บริโภคอาหารที่มีส่วนผสมหมาล่าของผู้บริโภคในจังหวัดอุดรธานี” ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตการวิจัย โดยเป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) โดยใช้แบบสอบถามออนไลน์ (Screening Question)

ประชากรกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาวิจัยนี้ คือ ประชากรในจังหวัดอุดรธานีทั้งเพศชายและเพศหญิง ที่มีอายุน้อยกว่า 18 ปีขึ้นไป โดยกำหนดค่าความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และสัดส่วนความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.05 ได้กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้บริโภคที่ชื่นชอบอาหารที่มีส่วนผสมของหมาล่า ในอำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี จำนวน 152 คน (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2566)

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษางานวิจัยครั้งนี้ คือ แบบสอบถามออนไลน์ (Screening Question) เพื่อคัดกรองผู้ตอบแบบสอบถามตั้งแต่ อายุน้อยกว่า 18 ปีขึ้นไป โดยสร้างเนื้อหาของแบบสอบถามออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลผู้ตอบแบบสอบถามด้านประชากรศาสตร์ ส่วนที่ 2 เป็นระดับความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถาม ในส่วนที่ 2 ใช้การสร้างคำถามแบบมาตราส่วน เช่น มากที่สุด, มาก, ปานกลาง, น้อย, น้อยที่สุด (บุญชม ศรีสะอาด, 2560). ครอบคลุม 4 ด้าน ได้แก่ 1.ทัศนคติ (Attitude) เช่น ความสะดวกในการซื้อ, ความชอบในรสชาติ และความคุ้มค่า 2.บรรทัดฐานทางสังคม (Subjective Norm)อิทธิพลจากเพื่อน, ครอบครัว และสื่อโซเชียล 3.การรับรู้การควบคุมพฤติกรรม (Perceived Behavioral Control) ความสามารถในการจัดสรรเวลาและงบประมาณ 4.ความตั้งใจเชิงพฤติกรรม (Behavioral Intention) ความต้องการลองร้านใหม่ ๆ และการบริโภคในอนาคต

ผู้วิจัยได้ออกแบบเครื่องมอที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบสอบถาม (Questionnaire) ในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยใช้เครื่องมือในการวิจัยผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ (Expert judgment) ไม่น้อยกว่า 3 คน เพื่อหาค่า (Index Item of Objective Congruence (IOC)) โดยผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ เท่ากับ 0.54 ซึ่งมากกว่า

0.50 (ธีระ รุญเจริญ, 2564). แสดงว่าแบบสอบถามนี้มีความเที่ยงตรง (Validity) และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์งานวิจัย นอกจากนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ความเชื่อมั่น (Reliability) ด้วยวิธี Cronbach's Alpha มีค่าเท่ากับ 0.984 ซึ่งมากกว่า 0.70 (Cronbach, .1951) แสดงว่าแบบสอบถามนี้มีความเชื่อมั่นในระดับ มาก จากข้อคำถามทั้งหมด 46 ข้อคำถาม (Number of Item)

การเก็บรวบรวม

ทำการเก็บแบบสอบถามจำนวนทั้งหมด 152 คน โดยผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยทำแบบสอบถามรูปแบบออนไลน์และสร้าง QR code สำหรับเข้าตอบแบบสอบถามและให้ประชากรในจังหวัดอุดรธานีสแกนเพื่อตอบแบบสอบถามด้วยตนเอง

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ใช้สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลส่วนที่ 1 ด้านประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถาม และใช้สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลส่วนที่ 2 เพื่อหาค่าคะแนนเฉลี่ยจากเกณฑ์การประเมิน 5 ระดับ (Rating Scale) ในด้านทัศนคติ, บรรทัดฐานทางสังคม, การรับรู้การควบคุมพฤติกรรม และความตั้งใจเชิงพฤติกรรม ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (Statistical Package for the Social Sciences for Window : SPSS) ในการวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยที่มีอิทธิต่อพฤติกรรมผู้บริโภคอาหารที่มีส่วนผสมหมาล่าของผู้บริโภคในจังหวัดอุดรธานี (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2566) โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เพื่อหาค่าความถี่ (Frequency), หาค่าร้อยละ (Percentage) หาค่าเฉลี่ย (Mean) และหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA) การบ่งชี้ความพร้อมหรือเจตจำนงของผู้บริโภคที่จะแสดงพฤติกรรมใดพฤติกรรมหนึ่ง (Behavioral Intention)

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (Statistical Package for the Social Sciences for Window : SPSS) ผู้วิจัยได้ใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เพื่อหาค่าความถี่ (Frequency), หาค่าร้อยละ(Percentage) หาค่าเฉลี่ย(Mean) และหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ด้านประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถาม แสดงได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

รายการ	ค่าความถี่ (Frequency)	ค่าร้อยละ (Percentage)
เพศ		
หญิง	109	71.7
ชาย	36	23.7
ไม่ต้องการระบุ	7	4.6
อายุ		
ต่ำกว่า18 ปี	22	14.5
18-23 ปี	122	80.3
24-29 ปี	3	2.0
30-35 ปี	1	0.7
36-41 ปี	4	2.6
41 ปีขึ้นไป	0	0
รวม	**152**	**100**

จากตารางที่ 1 แสดงภาพรวมของผู้ตอบแบบสอบถามจำนวนทั้งสิ้น 152 คน พบว่า กลุ่มตัวอย่างขอบผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็น เพศหญิง จำนวน 109 คน คิดเป็น ร้อยละ 71.7 และเพศชายมี 36 คน คิดเป็น 23.7% ด้านช่วงอายุกลุ่มตัวอย่างมีจำนวนมากที่สุดได้แก้ อายุ 18-23 ปี จำนวน 122 คน คิดเป็นร้อยละ80.3 รองลงมาคือกลุ่มอายุต่ำกว่า 18 ปี จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 14.5 ช่วงอายุ 36-41 ปี จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ2.6 ช่วงอายุ24-29 ปี จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 2.0 ช่วงอายุ 30-35 ปี จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 0.7

ตารางที่ 2 ระดับปัจจัยที่มีอิทธิต่อพฤติกรรมผู้บริโภคอาหารที่มีส่วนผสมหมาล่าของผู้บริโภคในจังหวัดอุดรธานี

รายการ	$\bar{x}$	S.D.	การแปรผล
1.Attitude (ทัศนคติ)			
1.1 คุณรู้สึกว่าการบริโภคหมาล่าในจังหวัดอุดรธานีเป็นประสบการณ์ที่น่าพึงพอใจ	3.67	1.25	ปานกลาง
1.2 คุณรู้สึกว่าการบริโภคหมาล่าเป็นพฤติกรรมที่ดีสำหรับการรับประทานอาหาร	3.96	1.07	ปานกลาง
1.3 คุณรู้สึกว่าการบริโภคหมาล่าในจังหวัดอุดรธานีมีประโยชน์ในเรื่องของการสังสรรค์	3.73	1.11	ปานกลาง
1.4 คุณรู้สึกว่ารสชาติและกลิ่นของหมาล่าอร่อยถูกปาก	3.86	1.09	ปานกลาง
1.5 คุณเชื่อว่าการบริโภคหมาล่าให้ความรู้สึกอยากอาหาร	3.80	1.15	ปานกลาง
1.6 คุณมองว่าอาหารที่มีส่วนผสมหม่าล่าเป็นอาหารที่น่าสนใจให้เลือกทานกับเพื่อน	3.91	1.05	ปานกลาง

รายการ	$\bar{x}$	S.D.	การแปรผล
1.7 คุณเชื่อว่าอาหารที่มีส่วนผสมหม่าล่ามีปริมาณคุ้มค่ากับราคาที่จ่าย	3.87	1.06	ปานกลาง
1.8 คุณคิดว่าการทานอาหารหม่าล่าเป็นวิธีที่ดีในการลองรสชาติใหม่ ๆ และเพิ่มประสบการณ์ในการรับประทานอาหาร	4.01	1.06	มาก
1.9 คุณรู้สึกว่าการบริโภคหมาล่าในจังหวัดอุดรธานีอร่อยที่สุด	3.90	1.01	ปานกลาง
1.10 โดยรวมแล้ว คุณรู้สึกพึงพอใจและมีทัศนคติที่ดีต่อการบริโภคอาหารที่มีส่วนผสมหม่าล่า	3.89	1.06	ปานกลาง
2.Subjective Norm (บรรทัดฐานทางสังคม)			
2.1 การเลือกทานอาหารหม่าล่าเป็นสิ่งที่ได้รับความนิยมในกลุ่มเพื่อนของคุณ	3.78	1.11	ปานกลาง
2.2 เพื่อนของคุณมักจะแนะนำให้ลองทานอาหารที่มีส่วนผสมหม่าล่า	3.94	1.01	ปานกลาง
2.3 ครอบครัวของคุณมักจะแนะนำให้ทานอาหารที่มีส่วนผสมหม่าล่า	3.75	1.16	ปานกลาง
2.4 การทานอาหารที่มีส่วนผสมหม่าล่าถือเป็นสิ่งที่ได้รับความนิยมในกลุ่มสังคมของคุณ	3.59	1.34	ปานกลาง
2.5 คุณรู้สึกว่าการบริโภคหมาล่าในจังหวัดอุดรธานีเป็นประสบการณ์ที่น่าพึงพอใจ	4.00	1.07	ปานกลาง
2.6 คุณรู้สึกว่าการบริโภคหมาล่าเป็นพฤติกรรมที่คนมักจะทานกันเป็นกลุ่ม	3.88	1.14	ปานกลาง
2.7 คุณรู้สึกว่าการบริโภคหมาล่าในจังหวัดอุดรธานีมีประโยชน์ต่อการเข้าสังคมหรือสังสรรค์	3.75	1.15	ปานกลาง
2.8 คุณคิดว่าการบริโภคหมาล่าเป็นพฤติกรรมที่ เหมาะสม กับคุณ	3.86	1.10	ปานกลาง
2.9 คุณรู้สึกว่ารสชาติและกลิ่นของหมาล่าเป็นสิ่งที่คุณ ชื่นชอบ เป็นอย่างยิ่ง	3.94	1.04	ปานกลาง
2.10 คุณเชื่อว่าการบริโภคหมาล่าให้ความรู้สึกกระปรี้กระเปร่าจากความเผ็ดชา	3.75	1.21	ปานกลาง
3.Perceived Behavior al Control (พฤติกรรมผู้บริโภค)			
3.1 คุณเชื่อว่าคุณสามารถทานอาหารหม่าล่าในทุก ๆ วันถ้าคุณต้องการ	3.78	1.13	ปานกลาง
3.2 คุณสามารถหาซื้ออาหารหม่าล่าได้ง่ายในอุดรธานี	3.84	1.12	ปานกลาง
3.3 คุณมีตัวเลือกในการบริโภคหมาล่าในรูปแบบต่าง ๆ (เช่น หม้อไฟ/ผัด/ย่าง) ได้อย่างหลากหลาย	3.79	1.09	ปานกลาง
3.4 คุณมีความเชื่อมั่นในการควบคุมระดับความเผ็ดและรสชาติของหมาล่าได้ตามที่ต้องการ	3.80	1.17	ปานกลาง
3.5 คุณสามารถจัดสรรเวลาและงบประมาณเพื่อการบริโภคหมาล่าได้ตามที่ต้องการ	3.86	1.11	ปานกลาง
3.6 อุปสรรคในการบริโภคหมาล่า (เช่น การรอคิว, อากาศร้อน) ไม่ได้เป็นปัญหาสำหรับคุณ	3.90	1.11	ปานกลาง
3.7 คุณสามารถค้นหาร้านหมาล่าในจังหวัดอุดรธานีที่ถูกใจได้อย่างง่ายดาย	3.94	1.07	ปานกลาง
3.8 คุณสามารถจัดสรรเวลาเพื่อไปบริโภคหมาล่าได้ตามที่ต้องการ	3.84	1.11	ปานกลาง
3.9 คุณมีความรู้เพียงพอในการเลือกร้านและเลือกเมนูหมาล่าที่เหมาะสม	3.84	1.16	ปานกลาง
3.10 ร้านหมาล่าในจังหวัดอุดรธานีมีความสะดวกในการเข้าถึง/เดินทางไป	3.92	1.09	ปานกลาง
4. Behavioral intention (ความตั้งใจเชิงพฤติกรรม)			

รายการ	$\bar{x}$	S.D.	การแปรผล
4.1 คุณมีความตั้งใจที่จะทานอาหารหม่าล่ามากขึ้นในปีหน้า	3.73	1.11	ปานกลาง
4.2 ในหนึ่งสัปดาห์ข้างหน้าคุณมีความตั้งใจที่จะเลือกซื้อหรือบริโภคอาหารที่มีส่วนผสมหม่าล่า	3.76	1.11	ปานกลาง
4.3 คุณต้องการที่จะลองไปบริโภคหม่าล่าร้านใหม่ ๆ มากกว่าไปทานร้านเดิม ๆ	3.76	1.15	ปานกลาง
4.4 คุณมีแผนที่จะชักชวนผู้อื่นไปบริโภคอาหารที่มีส่วนผสมหม่าล่าในวันพรุ่งนี้	3.76	1.25	ปานกลาง
4.5คุณมีความตั้งใจที่จะบริโภคอาหารหม่าล่า แม้จะต้องจ่ายแพงกว่าอาหารประเภทอื่น ๆ	3.75	1.18	ปานกลาง
4.6 คุณจะเลือกซื้ออาหารหม่าล่าแม้จะต้องรอคิวนานกว่าปกติ	3.76	1.14	ปานกลาง
4.7 โดยรวมแล้วคุณมีความตั้งใจที่จะบริโภคอาหารที่มีส่วนผสมหม่าล่าในอนาคต	3.82	1.19	ปานกลาง
4.8 ถ้ามีโอกาสคุณจะเลือกทานอาหารที่มีส่วนผสมหม่าล่าอย่างแน่นอน	3.86	1.11	ปานกลาง
4.9 เมื่อมีโอกาสคุณจะพยายามเลือกบริโภคอาหารที่มีส่วนผสมหม่าล่า	3.76	1.24	ปานกลาง
4.10 คุณจะเลือกทานอาหารที่มีส่วนผสมหม่าล่ามากกว่าการทานอาหารอื่น ๆ	3.88	1.19	ปานกลาง
ผลรวมด้าน (System Quality)			
ผลรวมด้านทัศนคติต่อการบริโภคอาหารหมาล่า	3.86	0.92	ปานกลาง
ผลรวมด้านบรรทัดฐานทางสังคมที่มีอิทธิพลต่อการบริโภคอาหารหมาล่า	3.82	0.97	ปานกลาง
ผลรวมด้านการรับรู้ของผู้บริโภคเกี่ยวกับการบริโภคอาหารหมาล่า	3.85	0.97	ปานกลาง
ผลรวมด้านความตั้งใจของผู้บริโภคที่มีต่ออาหารหมาล่า	3.79	1.04	ปานกลาง

จากตารางที่ 2 แสดงข้อมูลข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นในปัจจัยที่มีอิทธิต่อพฤติกรรมผู้บริโภคอาหารที่มีส่วนผสมหมาล่าของผู้บริโภคในจังหวัดอุดรธานี ผลการวิเคราะห์ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยด้าน Attitude (ทัศนคติ) พบว่าในภาพรวมผู้บริโภคมีทัศนคติอยู่ในระดับ ปานกลาง โดยเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ คือการทานอาหารหมาล่าเป็นวิธีที่ดีในการลองรสชาติใหม่ ๆ และเพิ่มประสบการณ์ในการรับประทานอาหาร มีผลต่อทัศนคติในการเลือกบริโภคอาหารที่มีส่วนผสมหมาล่า มาก โดยมีเฉลี่ยเท่ากับ 4.01 รองลงมาคือ การบริโภคหมาล่าเป็นพฤติกรรมที่ดีสำหรับการรับประทานอาหาร มีผลต่อระดับการตัดสินใจ ปานกลาง โดยมีเท่ากับค่าเฉลี่ย 3.96

ผลการวิเคราะห์ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยด้าน Subjective Norm (บรรทัดฐานทางสังคม) พบว่าในภาพรวมผู้บริโภคมีความเห็นอยู่ในระดับ ปานกลาง โดยเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ คือการบริโภคหมาล่าในจังหวัดอุดรธานีเป็นประสบการณ์ที่น่าพึงพอใจ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.00 และรองลงมาคือเพื่อนมักจะแนะนำให้ลองรับประทานอาหารที่มีส่วนผสมหม่าล่า รวมถึงความชื่นชอบในรสชาติและกลิ่นของหม่าล่าเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากันที่ 3.94

ผลการวิเคราะห์ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยด้าน Perceived Behavior al Control (การควบคุมพฤติกรรมผู้บริโภค) พบว่าในภาพรวมของผู้บริโภคมีความเห็นอยู่ในระดับ ปานกลาง โดยเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ร้านหมาล่าในจังหวัดอุดรธานีมีความสะดวกในการเข้าถึง/เดินทางไป โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.94 และรองลงมาคืออุปสรรคภายนอก เช่น การรอคิว หรือสภาพอากาศร้อน ไม่ได้เป็นปัญหาสำคัญสำหรับการบริโภค โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.90

ผลการวิเคราะห์ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยด้าน Behavioral intention (ความตั้งใจเชิงพฤติกรรม) พบว่าในภาพรวมของผู้บริโภคมีความเห็นอยู่ในระดับ ปานกลาง โดยเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ คือจะเลือกทานอาหารที่มี

ส่วนผสมหม่าล่ามากกว่าการทานอาหารอื่น ๆ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.88 และรองลงมาคือถ้ามีโอกาสจะเลือกทานอาหารที่มีส่วนผสมหม่าล่าอย่างแน่นอน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.86

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ของการบ่งชี้ความพร้อมหรือเจตจำนงของผู้บริโภคที่จะแสดงพฤติกรรมใดพฤติกรรมหนึ่ง

	ANOVA					
	คุณรู้สึกว่าการบริโภคหมาล่าในจังหวัดอุดรธานีเป็นประสบการณ์ที่น่าพึงพอใจ					
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ความแตกต่างที่เกิดจาก ปัจจัย	Between Groups	106.861	4	26.715	29.674	.000
ความแตกต่างที่เกิดจาก บุคคล	Within Groups	132.343	47	.900		
	Total	239.204	151			

จากตารางที่ 3 ผู้วิจัยได้กำหนดสมมติฐานเพื่อให้สอดคล้องกับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามของสมการถอถอยระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามโดยใช้หลักการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA) พบว่า ค่า Sig. ของค่าสถิติ F-test พบว่ามีค่าน้อยกว่า 0.05 ซึ่งน้อยกว่าที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ผู้บริโภคมีความรู้สึกพึงพอใจในการบริโภคหม่าล่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ของการบ่งชี้ความพร้อมหรือเจตจำนงของผู้บริโภคที่จะแสดงพฤติกรรมใดพฤติกรรมหนึ่ง

	ANOVA					
	การเลือกทานอาหารหม่าล่าเป็นสิ่งที่ได้รับความนิยมในกลุ่มเพื่อนของคุณ					
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ความแตกต่างที่เกิดจาก ปัจจัย	Between Groups	90.419	4	22.605	33.618	.000
ความแตกต่างที่เกิดจาก บุคคล	Within Groups	98.844	147	.672		
	Total	189.263	151			

มีนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.05 (2-tailed)

จากตารางที่ 4 ผู้วิจัยได้กำหนดสมมติฐานเพื่อให้สอดคล้องกับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามของสมการถอถอยระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามโดยใช้หลักการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA) พบว่า ค่า Sig. ของค่าสถิติ F-test พบว่ามีค่าน้อยกว่า 0.05 ซึ่งน้อยกว่าที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ผู้บริโภคมีความรู้สึกพึงพอใจในการบริโภคหม่าล่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ของการบ่งชี้ความพร้อมหรือเจตจำนงของผู้บริโภคที่จะแสดงพฤติกรรมใดพฤติกรรมหนึ่ง

	ANOVA					
	3.1 คุณเชื่อว่าคุณสามารถทานอาหารหม่าล่าในทุก ๆ วันถ้าคุณต้องการ					
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ความแตกต่างที่เกิดจาก ปัจจัย	Between Groups	108.314	4	27.078	45.480	.000
ความแตกต่างที่เกิดจาก บุคคล	Within Groups	87.522	147	.595		
	Total	195.836	151			

มีนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.05 (2-tailed)

จากตารางที่ 5 ผู้วิจัยได้กำหนดสมมติฐานเพื่อให้สอดคล้องกับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามของสมการถอถอยระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามโดยใช้หลักการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA) พบว่า ค่า Sig. ของค่าสถิติ F-test พบว่ามีค่าน้อยกว่า 0.05 ซึ่งน้อยกว่าที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ผู้บริโภคมีความรู้สึกพึงพอใจในการบริโภคหม่าล่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการสำรวจพบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความพึงพอใจต่อรสชาติและกลิ่นของหมาล่า และมองว่าการบริโภคหมาล่าในจังหวัดอุดรธานีเป็นประสบการณ์ที่น่าพึงพอใจ นอกจากนี้ สื่อโซเชียลและการชักชวนจากกลุ่มเพื่อนมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งในการกระตุ้นความตั้งใจในการบริโภค ในด้านการควบคุมพฤติกรรม ผู้บริโภคสามารถค้นหาร้านหมาล่าในจังหวัดอุดรธานีได้ง่ายและสามารถเลือกรูปแบบการบริโภคที่หลากหลายได้ตามความต้องการ

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาเรื่อง “ปัจจัยที่มีอิทธิต่อพฤติกรรมผู้บริโภคอาหารที่มีส่วนผสมหมาล่าของผู้บริโภคในจังหวัดอุดรธานี” สามารถวิจารณ์ ผลการวิจัยได้ดังนี้กระแส "หมาล่า" หรืออาหารจีนรสเผ็ดจัดจ้านไม่ได้เป็นเพียงแฟชั่นการกินที่ผ่านมาแล้วผ่านไป แต่ได้กลายเป็นส่วนหนึ่งของไลฟ์สไตล์การกินคนไทยยุคใหม่ โดยเฉพาะในจังหวัดอุดรธานี ซึ่งเป็นหัวเมืองใหญ่และศูนย์กลางเศรษฐกิจที่สำคัญของภาคอีสานตอนบน ที่มองว่ารสชาติที่แปลกใหม่และการมอบประสบการณ์ที่แตกต่างคือแรงดึงดูดสำคัญของผู้บริโภคในปัจจุบัน เมื่อพิจารณาผ่านกรอบ ทฤษฎีพฤติกรรมตามแผน (Theory of Planned Behavior :TPB) จะเห็นได้ว่าการตัดสินใจของคนอุดรธานีไม่ได้เกิดจากความหิวเพียงอย่างเดียว แต่ถูกหล่อหลอมมาจากทัศนคติที่มีต่อความคุ้มค่าและรสชาติเฉพาะตัว (Ajzen, 1991). ที่ระบุว่าการกระทำของมนุษย์ล้วนมีรากฐานมาจากกระบวนการทางความคิดและการประเมินผลภายในใจเป็นสำคัญ ขณะเดียวกัน แรงกดดันหรือการคล้อยตามกลุ่มคนรอบข้าง (Subjective Norm) ก็เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ทำให้หมาล่าได้รับความนิยมอย่างรวดเร็วในพื้นที่อุดรธานี ไม่ว่าจะเป็นการบอกต่อในกลุ่มเพื่อน ครอบครัว หรือกระแสรีวิวในโลกโซซียล ผู้บริโภคในต่างจังหวัดมักเลือกรับประทานอาหารเพื่อผลทางสังคมหรือการสังสรรค์มากกว่าแค่เรื่องโภชนาการ นอกจากนี้ ปัจจัยเรื่องความสะดวกในการเข้าถึงร้านค้า (Perceived Behavioral Control) เช่น การมีร้านหมาล่าจำนวนมากตามแหล่งเช็คอินยอดนิยมอย่าง UD Town หรือห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัล ยิ่งช่วยตอกย้ำให้ความตั้งใจนั้นกลายเป็นพฤติกรรมการซื้อจริงได้ง่ายขึ้น การศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งเจาะลึกว่าท่ามกลางสมรภูมิธุรกิจอาหารที่แข่งขันกันสูง ปัจจัยภายในและภายนอกเหล่านี้มีอิทธิพลต่อผู้บริโภคในอุดรธานีอย่างไร

สรุปผลการวิจัย

การวิเคราะห์พฤติกรรมผู้บริโภคที่มีอิทธิพลต่อการเลือกบริโภคอาหารที่มีส่วนผสมของหม่าล่าของผู้บริโภคในจังหวัดอุดรธานี 1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภคที่มีอิทธิพลต่อการเลือกบริโภคอาหารที่มีส่วนผสมของหม่าล่าของผู้บริโภคใน จังหวัดอุดรธานี 2. เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยตามทฤษฎีพฤติกรรมตามแผน (Theory of Planned Behavior : TPB) ที่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจและพฤติกรรมการบริโภคอาหารหมาล่าของผู้บริโภคในจังหวัดอุดรธานี

ด้าน Attitude (ทัศนคติ) โดยค่าเฉลี่ยโดยรวม เท่ากับ 4.01 อยู่ในระดับ มาก เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถาม มีความคิดเห็นมากที่สุดในเรื่อง คุณคิดว่าการทานอาหารหม่าล่าเป็นวิธีที่ดีในการลองรสชาติใหม่ ๆ และเพิ่มประสบการณ์ในการรับประทานอาหาร ด้าน Subjective Norm (บรรทัดฐานสังคม) โดยค่าเฉลี่ยโดยรวม เท่ากับ 4.00 อยู่ในระดับ มาก เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถาม มีความคิดเห็นมากที่สุดในเรื่อง คุณรู้สึกว่าการบริโภคหมาล่าในจังหวัดอุดรธานีเป็นประสบการณ์ที่น่าพึงพอใจ ด้าน Perceived Behavior al Control (พฤติกรรมผู้บริโภค) โดยค่าเฉลี่ยโดยรวม เท่ากับ 3.94 อยู่ในระดับ ปานกลาง เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถาม มีความคิดเห็นมากที่สุดในเรื่อง คุณสามารถค้นหาร้านหมาล่าในจังหวัดอุดรธานีที่ถูกใจได้อย่างง่ายดาย ด้าน Behavioral intention (ความตั้งใจเชิงพฤติกรรม) โดยค่าเฉลี่ยโดยรวม เท่ากับ 3.88 อยู่ในระดับ ปานกลาง เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถาม มีความคิดเห็นมากที่สุดในเรื่องคุณจะเลือกทานอาหารที่มีส่วนผสมหม่าล่ามากกว่าการทานอาหารอื่น ๆ

จากการอภิปรายผลการวิจัยข้างต้น แสดงให้เห็นว่าพฤติกรรมการบริโภคหมาล่าของผู้บริโภคในจังหวัดอุดรธานี ถูกขับเคลื่อนด้วยแรงจูงใจด้านประสาทสัมผัสควบคู่ไปกับแรงกดดันทางสังคมผ่านสื่อออนไลน์ โดยมีความสะดวกในการเข้าถึงบริการเป็นปัจจัยสนับสนุนสำคัญ ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับทฤษฎีพฤติกรรมตามแผน (TPB) ที่ว่า ทัศนคติ บรรทัดฐานทางสังคม และการรับรู้ความสามารถในการควบคุม ล้วนเป็นปัจจัยร่วมที่ส่งผลต่อความตั้งใจเชิงพฤติกรรมอย่างมีนัยสำคัญ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความกรุณาจาก อาจารย์ชนาภา แบสท์ ที่ให้เกียรติเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา คอยชี้แนะแนวทาง ตรวจทาน และช่วยแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่เสมอมา จนทำให้งานวิจัยเล่มนี้มีความสมบูรณ์และถูกต้องตามหลักวิชาการ คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ ขอขอบคุณคณะวิทยาการจัดการที่สนับสนุนทั้งในด้านองค์ความรู้และสถานที่ในการทำวิจัย ตลอดจนผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่สละเวลามาตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือวิจัยตามหลักการของ ธีระ รุญเจริญ และที่สำคัญที่สุดคือความร่วมมือจากกลุ่มผู้บริโภคหมาล่าในจังหวัดอุดรธานีทุกท่านที่ช่วยตอบแบบสอบถาม ข้อมูลที่ได้รับถือเป็นหัวใจสำคัญที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จได้จริง นอกจากนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณในความมุ่งมั่นและความร่วมมือของสมาชิกในทีม ได้แก่ คุณอรวรรยา คาระบุตร, คุณมนัสนัน จันทรสีนวน และคุณสุภัทรตา โคตรสขึง ที่ทุ่มเทแรงกายแรงใจทำงานทุกขั้นตอนด้วยกันมาตลอด รวมถึงขอขอบคุณครอบครัวที่คอยสนับสนุนและเป็นกำลังใจสำคัญอยู่เบื้องหลังเสมอ คณะผู้วิจัยหวังว่าผลการศึกษาครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการร้านอาหารในจังหวัดอุดรธานี รวมถึงผู้ที่สนใจนำไปต่อยอดเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจในพื้นที่ต่อไป หากมีข้อผิดพลาดประการใด คณะผู้วิจัยต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

กัลยา วานิชย์บัญชา. (2566). *การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล*. ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กรุงเทพธุรกิจ. (2566, 25 พฤษภาคม). *หมาล่า' มาจากไหน ทำไมหมาล่าสายพานจึงได้รับความนิยม?*. สืบค้นได้จาก https://www.bangkokbiznews.com/business/business/1079814

บุญชม ศรีสะอาด. (2560). *การวิจัยเบื้องต้น* (พิมพ์ครั้งที่ 10). สุวีริยาสาส์น.

Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, *50*(2), 179-211.

Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, *16*(3), 297–334.

Kotler, P. (1997). *Marketing management: Analysis, planning implementation and control* (9th ed.).

การพัฒนาเว็บไซต์ลงทะเบียนอบรม และเข้าร่วมกิจกรรม ของสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

Development of a website for registration of training and participation in activities of the Information Technology Department, Pibulsongkram Rajabhat University

ภควัต อิ่มอินทร์[1]* วรมันต์ บุญเพ็ง[1] และ ภวัต ฉิมเล็ก[1]

Pakawat Imin[1]* Woraman Boonpeng[1] and Pawat Chimlek[1]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก 65000

[1]Information Technology Department, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok 65000

*Corresponding author E-mail: pakawat.imin@gmail.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบันสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม มุ่งเน้นการจัดกิจกรรมและการอบรมที่หลากหลายเพื่อพัฒนาทักษะให้นักศึกษา แต่ทว่าช่องทางการสื่อสารหลักยังคงพึ่งพา Facebook หรือ Line ซึ่งส่งผลให้ข้อมูลข่าวสารมักตกหล่นหรือถูกมองข้าม จนทำให้นักศึกษาพลาดโอกาสสำคัญ นอกจากนี้ กระบวนการลงทะเบียนรูปแบบเดิมยังมีความเสี่ยงต่อความผิดพลาดในการจัดเก็บข้อมูล และยากต่อการติดตามประเมินผล ส่งผลให้ภาพรวมการบริหารจัดการกิจกรรมขาดประสิทธิภาพ เพื่อแก้ปัญหานี้ คณะผู้วิจัยจึงได้พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเพื่อยกระดับระบบการลงทะเบียนและติดตามกิจกรรมให้ทันสมัย โดยออกแบบให้รองรับการใช้งานผ่านอุปกรณ์พกพา (Responsive Web Design) พัฒนาส่วนติดต่อผู้ใช้งานด้วย HTML, CSS และ Bootstrap ขับเคลื่อนด้วยภาษา PHP และฐานข้อมูล MySQL จุดเด่นสำคัญคือการเชื่อมต่อ Google Calendar เพื่อแจ้งเตือนกำหนดการอัตโนมัติ ผลการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างนักศึกษา 30 คน พบว่าระบบช่วยแก้ปัญหาเดิมได้ครอบคลุม ตั้งแต่การลงทะเบียนออนไลน์ การติดตามสถานะการเข้าร่วม ไปจนถึงการออกเกียรติบัตร โดยมีผลประเมินความพึงพอใจในระดับมาก ซึ่งยืนยันได้ว่าระบบช่วยลดความซ้ำซ้อนและเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการได้อย่างเป็นรูปธรรม

คำสำคัญ: ระบบลงทะเบียนกิจกรรม, เทคโนโลยีสารสนเทศ, เว็บไซต์

Abstract

The Information Technology Program at Pibulsongkram Rajabhat University consistently hosts a diverse array of programs designed to cultivate essential expertise among students. Yet, the continued reliance on platforms like Facebook and Line has created a communication gap, where vital information frequently gets lost, causing students to miss opportunities. Furthermore, manual registration methods are susceptible to data errors and make tracking participation difficult, leading to inefficiencies in overall management.

To tackle these challenges, this research introduces a web application designed to streamline the registration and tracking workflow. Prioritizing accessibility, the system utilizes Responsive Web Design with an interface built on HTML, CSS, and Bootstrap, supported by a PHP and MySQL backend. A crucial element is the integration of the Google Calendar API, which automates schedule notifications. Field tests with 30 students demonstrated that the platform successfully resolved these issues, covering everything from online registration to certificate issuance. With a high satisfaction rating, the study proves that adopting this digital solution significantly reduces redundancy and tangibly improves administrative efficiency.

Keywords: Registration System, Information Technology, Website

บทนำ

ในปัจจุบัน ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีดิจิทัลได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์ขององค์กรการศึกษา ส่งผลให้สถาบันอุดมศึกษาต่างตระหนักถึงความจำเป็นในการปรับเปลี่ยนกระบวนการบริหารจัดการให้มีความทันสมัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของงานกิจการนักศึกษา ซึ่งถือเป็นกลไกหลักในการส่งเสริมทักษะชีวิตและประสบการณ์การเรียนรู้นอกห้องเรียน (Soft Skills) ให้แก่ผู้เรียน การเปลี่ยนผ่านรูปแบบการทำงานจากระบบเอกสารหรือการบันทึกด้วยมือ (Manual) มาสู่การใช้ระบบสารสนเทศดิจิทัล จึงเป็นแนวทางสำคัญที่ช่วยลดความผิดพลาด ลดขั้นตอนที่ซับซ้อน และเพิ่มประสิทธิภาพในการสื่อสารระหว่างมหาวิทยาลัยกับนักศึกษา สอดคล้องกับผลการศึกษาของ เจษฎา ฝ้ายพรม และคณะ (2567) ที่พบว่า การนำเทคโนโลยีแอปพลิเคชันมาประยุกต์ใช้ในงานบริการนักศึกษา ไม่เพียงแต่ช่วยให้การเข้าถึงข้อมูลข่าวสารมีความรวดเร็วและแม่นยำ แต่ยังสามารถสร้างความพึงพอใจและทัศนคติที่ดีในการใช้บริการให้แก่ผู้ใช้งานได้อย่างมีนัยสำคัญ

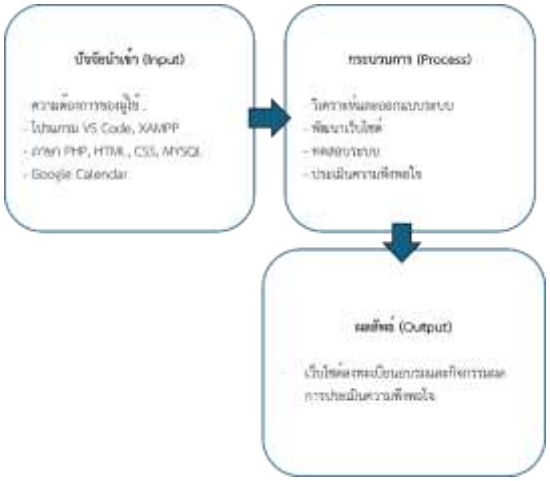
อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาถึงบริบทการดำเนินงานของสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พบว่ายังคงประสบปัญหาอุปสรรคในการบริหารจัดการโครงการและการอบรมต่างๆ เนื่องจากรูปแบบการดำเนินงานเดิมยังขาดระบบศูนย์กลางข้อมูล (Centralized Database) โดยอาศัยการประชาสัมพันธ์และการลงทะเบียนผ่านสื่อสังคมออนไลน์อย่าง Facebook หรือ Line เป็นช่องทางหลัก ซึ่งแม้จะมีความสะดวกในการเข้าถึง แต่กลับพบปัญหาข้อมูลข่าวสารตกหล่นสูญหายไปตามกาลเวลา (Data Fragmentation) ทำให้นักศึกษาพลาดโอกาสในการเข้าร่วมกิจกรรมที่สำคัญ อีกทั้งยังยากต่อการตรวจสอบประวัติการเข้าร่วมย้อนหลัง สภาพปัญหานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ วุฒิภัทร พงษ์เพชร และคณะ (2566) ที่ระบุว่า กระบวนการรับสมัครหรือลงทะเบียนแบบดั้งเดิมที่ขาดระบบรองรับ มักก่อให้เกิดความผิดพลาดในการจัดเก็บข้อมูล เกิดความล่าช้าในการตรวจสอบ และสร้างภาระงานที่ซ้ำซ้อนให้แก่บุคลากรผู้ปฏิบัติหน้าที่ ส่งผลให้ภาพรวมการบริหารจัดการกิจกรรมขาดประสิทธิภาพเท่าที่ควร

จากสภาพปัญหาและความจำเป็นดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนา "เว็บไซต์ลงทะเบียนอบรม และเข้าร่วมกิจกรรม ของสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม" ขึ้น เพื่อยกระดับกระบวนการทำงานให้เป็นระบบดิจิทัลอย่างเต็มรูปแบบ โดยระบบถูกออกแบบให้รองรับการใช้งานผ่านอุปกรณ์พกพา (Responsive Web Design) เพื่ออำนวยความสะดวกให้นักศึกษาสามารถลงทะเบียนและติดตามสถานะได้ทุกที่ทุกเวลา พร้อมทั้งบูรณาการระบบแจ้งเตือนผ่าน Google Calendar API เพื่อแก้ปัญหาการลืมนัดหมายกิจกรรม ซึ่งแนวทางการพัฒนานี้สอดรับกับผลการศึกษาของ จารุกิตติ์ สายสิงห์ (2566) ที่ยืนยันว่า การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อบริหารจัดการกิจกรรมนักศึกษาผ่านเว็บแอปพลิเคชัน เป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยให้การจัดเก็บข้อมูลเป็นระบบระเบียบ เพิ่มความถูกต้องแม่นยำในการประมวลผล และอำนวยความสะดวกให้แก่นักศึกษาในการติดตามผลการดำเนินงานได้อย่างเป็นรูปธรรม โดยมีวัตถุประสงค์ของงานวิจัยดังนี้

1) เพื่อพัฒนาเว็บไซต์สำหรับลงทะเบียนเข้าร่วมอบรม และกิจกรรมของสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

2) ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานเว็บไซต์ลงทะเบียนอบรม และเข้าร่วมกิจกรรมของสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

วิธีการดำเนินการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

ภาพที่ 1 แสดง กรอบแนวคิดในการวิจัย เป็นแผนผังที่สรุป ปัจจัยนำเข้า (Input), กระบวนการ (Process), และ ผลลัพธ์ (Output) ที่เชื่อมโยงกันของงานวิจัยทั้งหมด โดยมีเป้าหมายหลักคือการพัฒนาเว็บไซต์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการกิจกรรมของสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศและอำนวยความสะดวกแก่นักศึกษา เริ่มต้นจาก ปัจจัยนำเข้า ได้แก่ ข้อมูลความต้องการของผู้ใช้งาน , เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา (Visual Studio Code, XAMPP), ภาษาโปรแกรมที่ใช้ (PHP, HTML, CSS, JavaScript) และ Google Calendar API จากนั้นจึงเข้าสู่ กระบวนการ ซึ่งเน้นการพัฒนาตามวงจรการพัฒนาระบบ (SDLC) ตั้งแต่การวิเคราะห์และออกแบบฐานข้อมูล, การเขียนโปรแกรมเพื่อสร้างระบบลงทะเบียนและออกเกียรติบัตรออนไลน์, รวมถึงการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบ เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง และนำไปสู่ ผลลัพธ์ คือ เว็บไซต์ลงทะเบียนอบรมและเข้าร่วมกิจกรรมที่สามารถใช้งานได้จริงบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบที่พัฒนาขึ้น

งานวิจัยเรื่องการพัฒนาเว็บไซต์ลงทะเบียนอบรมและเข้าร่วมกิจกรรมของสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการตามวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC) แบบ Waterfall Model ซึ่งเป็นแบบจำลองการพัฒนาที่มีโครงสร้างการทำงานเป็นลำดับขั้นที่ชัดเจน โดยแต่ละขั้นตอนจะดำเนินการต่อเนื่องกัน ทำให้สามารถตรวจสอบความถูกต้องและควบคุมการดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ (GeeksforGeeks, 2024)



ภาพที่ 2 แผนภาพ SDLC แบบ Waterfall Model

1. การศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล

1.1 ศึกษาแนวทางการพัฒนาเว็บไซต์สำหรับการลงทะเบียนอบรมจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและเอกสารวิชาการ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบระบบ

1.2 วิเคราะห์สภาพปัญหาจากกระบวนการทำงานเดิม และสำรวจความต้องการของผู้ใช้งาน เพื่อกำหนดฟังก์ชันการทำงานที่เหมาะสม

1.3 ศึกษาเทคนิคการพัฒนาเว็บไซต์ด้วยแนวคิด Responsive Web Design เพื่อให้ระบบสามารถแสดงผลได้อย่างสมบูรณ์บนทุกขนาดหน้าจอ

2. การออกแบบระบบ

2.1 การออกแบบฐานข้อมูล



ภาพที่ 3 โครงสร้างฐานข้อมูล (Database Schema)

2.2 การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (UI/UX Design) ออกแบบโครงร่างหน้าจอ (Wireframe) และส่วนประสานงานผู้ใช้โดยเน้นความสะดวกในการใช้งานและตอบโจทย์ความต้องการของผู้ใช้เป็นหลัก

2.3 การออกแบบการแสดงผล (Layout Design) ออกแบบโครงสร้างหน้าเว็บไซต์ให้รองรับการแสดงผลแบบ Responsive Web Design เพื่อให้สามารถใช้งานได้ดีทั้งบนคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์พกพา

3. การพัฒนาระบบ

3.1 การพัฒนาส่วนติดต่อผู้ใช้งาน พัฒนาส่วนแสดงผลด้วยภาษา HTML, CSS และ JavaScript เพื่อให้ผู้ใช้สามารถโต้ตอบกับระบบได้

3.2 การพัฒนาส่วนประมวลผลข้อมูล พัฒนาส่วนประมวลผลด้วยภาษา PHP และจัดการฐานข้อมูลด้วย MySQL สำหรับจัดเก็บและเรียกดูข้อมูล

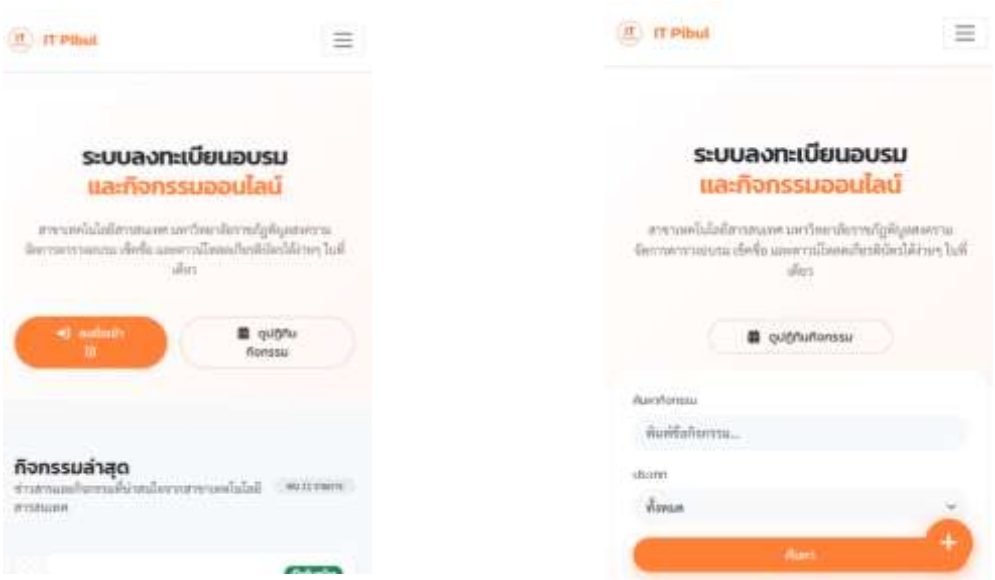
3.3 การเชื่อมต่อระบบภายนอก ประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Google Calendar เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการแจ้งเตือนและบริหารจัดการตารางกิจกรรม

4. การทดสอบระบบ

การทดสอบฟังก์ชัน ทั้งในมุมมองของผู้ใช้งาน และผู้ดูแลระบบ เพื่อให้มั่นใจว่าระบบทำงานถูกต้อง ทดสอบความเข้ากันได้ ตรวจสอบประสิทธิภาพการแสดงผลบนอุปกรณ์ที่แตกต่างกัน ปรับปรุงแก้ไข ดำเนินการแก้ไขข้อผิดพลาด ที่พบจากการทดสอบ และปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานให้มีความเสถียร

ผลการวิจัย

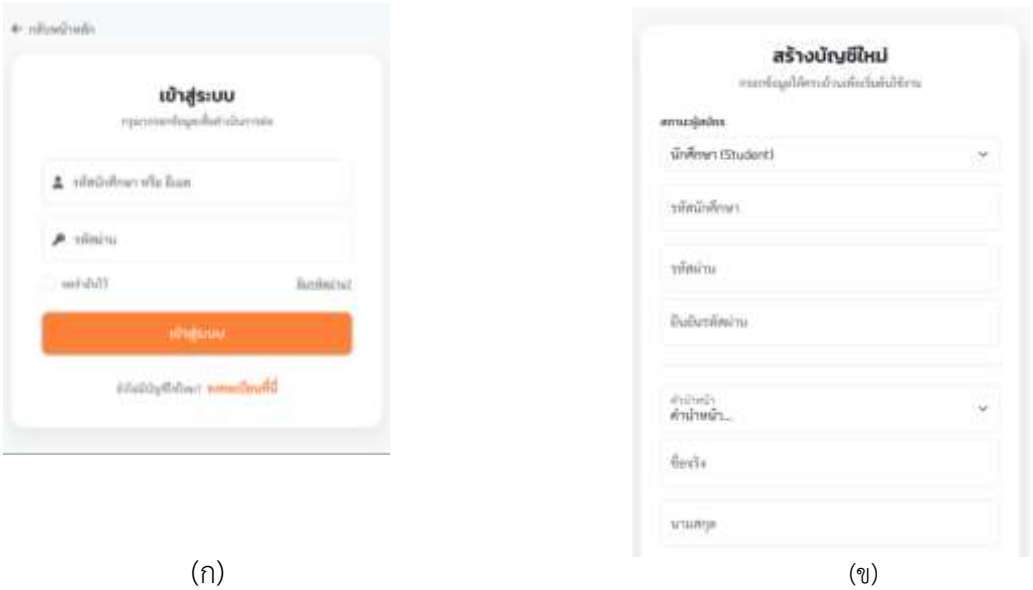
คณะผู้วิจัยได้พัฒนาเว็บไซต์ลงทะเบียนอบรมและเข้าร่วมกิจกรรม ให้สามารถ รองรับการแสดงผลบนอุปกรณ์พกพา (Responsive Web Design) และมีฟังก์ชันการทำงานที่สำคัญครอบคลุมตามขอบเขตงานวิจัย



(ก) (ข)

ภาพที่ 4 หน้าแรก(Home Page)

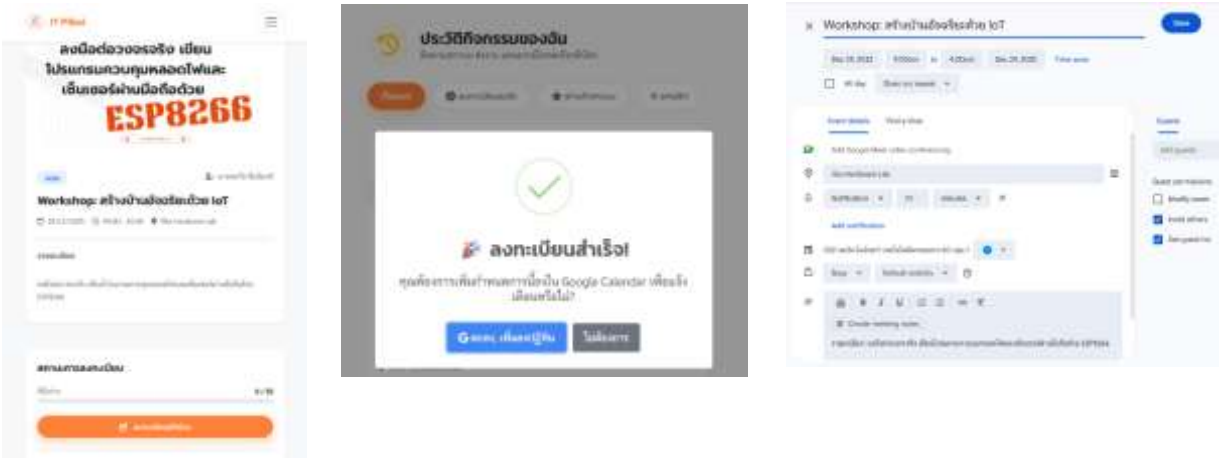
จากภาพที่ 4 เป็นการแสดงผลของหน้าแรกสำหรับผู้ที่ยังไม่ได้เข้าสู่ระบบสมาชิก(ก) ส่วนในภาพ(ข) เป็นการแสดงของผู้ที่เข้าสู่ระบบสมาชิกแล้วจะมีแถบค้นหากิจกรรมและสามารถดูรายละเอียดกิจกรรมได้



(ก) (ข)

ภาพที่ 5 หน้าเข้าสู่ระบบ (Login) และ สร้างบัญชีใหม่ (Register)

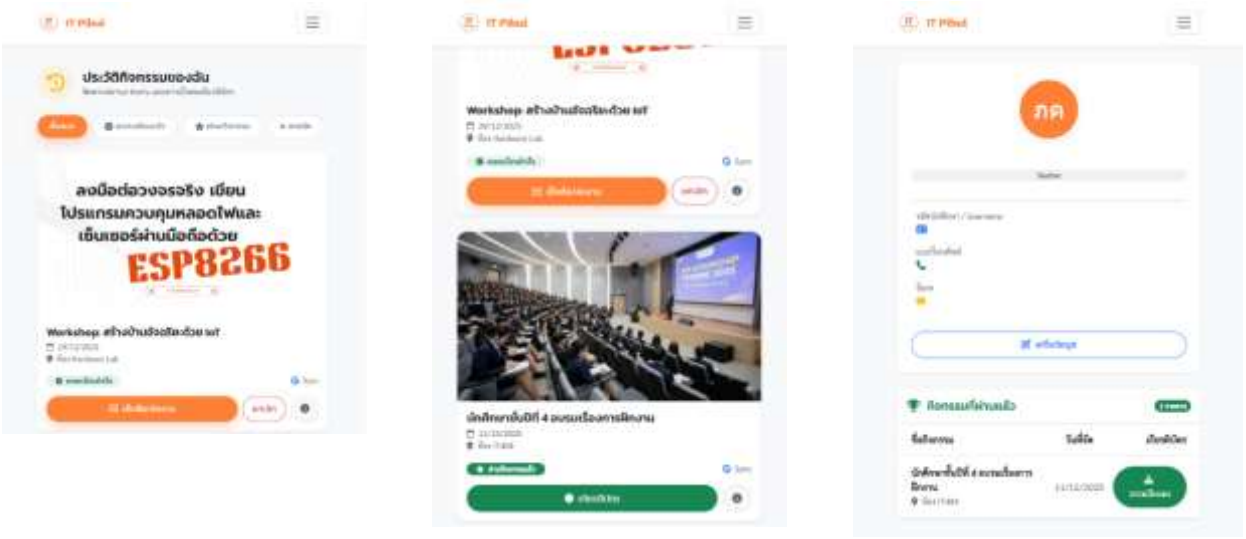
จากภาพที่ 5 แสดงหน้าจอการใช้งานที่หน้าเข้าสู่ระบบ (ก) ซึ่งมีช่องให้ระบุรหัสนักศึกษาหรืออีเมลและรหัสผ่านเพื่อล็อกอินเข้าใช้งาน และหน้าสร้างบัญชีใหม่ (ข) ซึ่งเป็นแบบฟอร์มสำหรับลงทะเบียนที่กำหนดให้ผู้ใช้กรอกข้อมูลต่างๆ เช่น สถานะผู้สมัคร รหัสนักศึกษา รหัสผ่าน และข้อมูลส่วนตัวเพื่อเริ่มต้นใช้งานระบบ



(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 6 หน้าลงทะเบียนกิจกรรม

จากภาพที่ 6 แสดงหน้าลงทะเบียนกิจกรรม (ก) ที่มีชื่อกิจกรรมหรืออบรม กำหนดเวลา สถานที่ รายละเอียด และเมื่อเลือกยันยันการลงทะเบียนสำเร็จจะขึ้นดั่งภาพ (ข) เป็นแบบข้อความแจ้งเตือนการลงทะเบียนสำเร็จ และมีตัวเลือกให้สำหรับเพิ่มกำหนดการกิจกรรมลงใน Google Calendar เมื่อกดตกลงจะเข้าสู่การเพิ่มกำหนดการดั่ง (ค) กดปุ่ม save เพื่อบันทึกกำหนดการ



(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 7 การเช็คชื่อ/ส่งงาน และการรับเกียรติบัตร

เป็นหน้าแสดงกิจกรรมที่ลงทะเบียนแล้ว หรือหน้าประวัติกิจกรรม จะมีปุ่มการเช็คชื่อ/ส่งงาน และเมื่อผ่านเงื่อนไขของกิจกรรมหรืออบรม จะแสดงสถานะผ่านกิจกรรมและปุ่มเกียรติบัตรจะแสดงขึ้นมาให้ดาวน์โหลด อีกหนึ่งวิธีการดาวน์โหลดคือเข้าหน้าข้อมูลส่วนตัว จะมีรายการกิจกรรมที่ผ่านแล้วแสดงอยู่สามารถกดปุ่มดาวน์โหลดเพื่อรับเกียรติบัตร

5.การประเมินผลและสรุปผลการวิจัย

คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบระบบกับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 30 คน โดยให้ทดลองใช้งานเว็บไซต์ลงทะเบียนอบรม และประเมินความพึงพอใจผ่านแบบสอบถามออนไลน์ ซึ่งเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (5-Point Likert Scale) สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) โดยการหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เพื่อแปลผลระดับความพึงพอใจตามเกณฑ์คุณภาพ ดังนี้

4.50 - 5.00 หมายถึง ระดับมากสุด

3.50 - 4.49 หมายถึง ระดับมาก

2.50 - 3.49 หมายถึง ระดับปานกลาง

1.50 - 2.49 หมายถึง ระดับน้อย

1.00 - 1.49 หมายถึง ระดับน้อยที่สุด

ตารางที่ 1 ด้านการทำงานของระบบ (Functional Requirement)

รายการ	$\bar{X}$	**SD**	**ผลการประเมิน**
1.1 ระบบสามารถลงทะเบียนและบันทึกข้อมูลได้ถูกต้องแม่นยำ	4.15	0.80	มาก
1.2 สามารถตรวจสอบสถานะการลงทะเบียนและรายชื่อผู้เข้าร่วมได้ถูกต้อง	4.38	0.65	มาก
1.3 ระบบมีการแจ้งเตือนหรือแสดงผลข้อมูลกิจกรรมครบถ้วน	4.15	0.69	มาก
1.4 ระบบมีความเสถียร ไม่เกิดข้อผิดพลาด (Error) ระหว่างการใช้งาน	4.38	0.65	มาก
ค่าเฉลี่ยด้านการทำงานของระบบ	4.27	0.67	มาก

จากตารางที่ 1 ผลการด้านการทำงานของระบบ พบว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$= 4.27) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่าหัวข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ 1.2 สามารถตรวจสอบสถานะการลงทะเบียนและรายชื่อผู้เข้าร่วมได้ถูกต้อง และ 1.4 ระบบมีความเสถียร ไม่เกิดข้อผิดพลาด (Error) ระหว่างการใช้งาน ($\bar{X}$= 4.38) รองลงมาหัวข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยสุดคือ 1.1 ระบบสามารถลงทะเบียนและบันทึกข้อมูลได้ถูกต้องแม่นยำ และ 1.3 ระบบมีการแจ้งเตือนหรือแสดงผลข้อมูลกิจกรรมครบถ้วน ($\bar{X}$= 4.15) ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ด้านการออกแบบ และการใช้งาน (Usability Design)

รายการ	$\bar{x}$	SD	ผลการประเมิน
2.1 ความสวยงามและความทันสมัยของหน้าเว็บไซต์	4.23	0.60	มาก
2.2 การจัดวางเมนูและขั้นตอนการใช้งานเข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน	4.08	0.64	มาก
2.3 ขนาดตัวอักษรและสีที่ใช้มีความเหมาะสม อ่านง่าย สบายตา	4.23	0.73	มาก
2.4 การแสดงผลบนอุปกรณ์พกพา/มือถือ มีความเหมาะสม (Responsive)	4.15	0.80	มาก
ค่าเฉลี่ยด้านการออกแบบและการใช้งาน	4.17	0.66	มาก

จากตารางที่ 2 พบว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจด้านการออกแบบ และการใช้งาน ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.17, S.D. = 0.66) เมื่อพิจารณารายข้อพบว่า หัวข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ 2.3 ขนาดตัวอักษรและสีที่ใช้มีความเหมาะสม อ่านง่าย สบายตา($\bar{x}$= 4.23, S.D. = 0.73) และ 2.1 ความสวยงามและความทันสมัยของหน้าเว็บไซต์ ($\bar{x}$= 4.23, S.D. = 0.60) รองลงมาหัวข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 2.2 การจัดวางเมนูและขั้นตอนการใช้งานเข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน ($\bar{x}$= 4.08, S.D. =0.64) ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ด้านประสิทธิภาพและประโยชน์ (Efficiency & Value)

รายการ	$\bar{x}$	SD	ผลการประเมิน
3.1 ความรวดเร็วในการประมวลผล (การโหลดหน้าเว็บ/การบันทึก)	4.08	0.64	มาก
3.2 ระบบช่วยให้การลงทะเบียนสะดวกรวดเร็วกว่ารูปแบบเดิม	4.46	0.66	มาก
3.3 ระบบช่วยลดปัญหาข้อมูลสูญหายหรือการตกหล่นของข้อมูล	4.31	0.75	มาก
3.4 ภาพรวมความพึงพอใจที่มีต่อเว็บไซต์นี้	4.46	0.66	มาก
ค่าเฉลี่ยด้านประสิทธิภาพ และประโยชน์	4.33	0.64	มาก

จากตารางที่ 3 พบว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจด้านประสิทธิภาพและประโยชน์ ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.33, S.D. = 0.64) เมื่อพิจารณารายข้อพบว่า หัวข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ 3.2 ระบบช่วยให้การลงทะเบียนสะดวกรวดเร็วกว่ารูปแบบเดิม($\bar{X}$= 4.46, S.D. = 0.66) และ 3.4 ภาพรวมความพึงพอใจที่มีต่อเว็บไซต์นี้ ($\bar{X}$= 4.46, S.D. = 0.66)รองลงมาหัวข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 3.1 ความรวดเร็วในการประมวลผล (การโหลดหน้าเว็บ/การบันทึก) ($\bar{X}$= 4.08, S.D. =0.64) ตามลำดับ

สรุปผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบ ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อระบบในภาพรวมอยู่ในระดับ มาก ($\bar{X}$ = 4.26, S.D. = 0.60) เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ด้านประสิทธิภาพและประโยชน์ มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{X}$= 4.33) รองลงมาคือ ด้านการทำงานของระบบ ($\bar{X}$= 4.27) และ ด้านการออกแบบและการใช้งาน ($\bar{X}$= *4.*17) ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานและช่วยอำนวยความสะดวกในการบริหารจัดการกิจกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วิจารณ์ผล

ในการพัฒนาระบบนี้ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการกิจกรรมนักศึกษาผ่านระบบเครือข่าย ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ เอก บำรุงศรี, วรวิทย์ สังฆทิพย์ และ ณัฐพงศ์ แก้วบุญมา (2566) เรื่อง การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันจัดการกิจกรรมนักศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นการนำเทคโนโลยีเว็บแอปพลิเคชันเข้ามาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการข้อมูลกิจกรรม โดยมุ่งเน้นการลดขั้นตอนการดำเนินงานที่ซับซ้อนของระบบเอกสารเดิมและช่วยให้การจัดเก็บข้อมูลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษาเป็นไปอย่างถูกต้องแม่นยำ เมื่อนำแนวคิดดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ร่วมกับการพัฒนาเว็บไซต์ลงทะเบียนอบรมและเข้าร่วมกิจกรรมของสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ จะช่วยแก้ปัญหาความล่าช้าและการตกหล่นของข้อมูลข่าวสารได้เป็นอย่างดี ระบบนี้ช่วยให้นักศึกษาสามารถลงทะเบียนและตรวจสอบข้อมูลกิจกรรมได้ด้วยตนเองผ่านระบบออนไลน์ ซึ่งระบบที่พัฒนาขึ้นใช้เทคโนโลยีเว็บแอปพลิเคชันในการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างผู้จัดกิจกรรมและผู้เข้าร่วมกิจกรรม จะสามารถเพิ่มความรวดเร็วในการให้บริการและช่วยให้การติดตามผลการดำเนินโครงการต่างๆ มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งทั้งสองงานวิจัยยืนยันได้ว่าการประยุกต์ใช้เว็บแอปพลิเคชันในการจัดการกิจกรรมนักศึกษา เป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยยกระดับการบริหารงานและอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งานได้จริง

สรุปผล

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาเว็บไซต์ลงทะเบียนอบรมและเข้าร่วมกิจกรรม ของสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับบริหารจัดการกิจกรรมและเพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ผลการดำเนินงานพบว่าคณะผู้วิจัยสามารถพัฒนาระบบได้สำเร็จตามขอบเขตที่กำหนด โดยระบบมีลักษณะเป็นเว็บแอปพลิเคชันที่รองรับการแสดงผลบนอุปกรณ์พกพา (Responsive Web Design) มีฟังก์ชันสำคัญได้แก่ ระบบปฏิทินกิจกรรมที่แสดงข้อมูลแบบเรียลไทม์ ระบบลงทะเบียนที่เชื่อมต่อการแจ้งเตือนผ่าน Google Calendar และระบบออกเกียรติบัตรอิเล็กทรอนิกส์ (E-Certificate) ซึ่งช่วยอำนวยความสะดวกในการบริหารจัดการข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพสำหรับผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่าง นักศึกษาสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 30 คน พบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อระบบในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.26, S.D. = 0.60) โดยเมื่อพิจารณารายละเอียดพบว่าด้านที่มีความพึงพอใจสูงสุดคือด้านประสิทธิภาพและประโยชน์ของระบบ รองลงมาคือด้านการทำงานของระบบ และด้านการออกแบบและการใช้งาน ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้เป็นอย่างดี

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณาจารย์ และผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษาและประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ด้วยความกรุณามาโดยตลอด คุณความดีอันเกิดจากประโยชน์ของงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่านด้วยความซาบซึ้งใจ มา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

จารุกิตติ์ สายสิงห์. 2566. การพัฒนาระบบสารสนเทศกิจกรรมนักศึกษาผ่านเว็บแอปพลิเคชัน: กรณีศึกษามหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. วารสารการพัฒนาการเรียนรู้สมัยใหม่ 8: 160–173.

เจษฎา ฝ้ายพรม, ธนกร เขตรัมย์, ชูศักดิ์ ยาทองไชย และวิไลรัตน์ ยาทองไชย. 2567. การพัฒนาแอปพลิเคชันแชตบอตสำหรับงานบริการนักศึกษา กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์. วารสารวิชาการเพื่อการพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่ 5: 45–56.

วุฒิภัทร พงษ์เพชร, อภิชาติ จำปา และอัจฉริยา ทุมพานิชย์. 2566. การประยุกต์ใช้แนวคิดแบบอไจล์เพื่อพัฒนาระบบรับสมัครนักศึกษาออนไลน์ มหาวิทยาลัยนครพนม. วารสารศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 11: 118–128.

เอก บำรุงศรี, วรวิทย์ สังฆทิพย์ และณัฐพงศ์ แก้วบุญมา. 2566. การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันจัดการกิจกรรมนักศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. น. 150–158. ใน: การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ครั้งที่ 19 (NCIT2023).

GeeksforGeeks. 2024. Software engineering | Waterfall model. Available: https://www.geeksforgeeks.org/software-engineering/waterfall-model/. Accessed Dec. 28, 2025.

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการประเมินความสำเร็จและความพึงพอใจของผู้ใช้งานเว็บไซต์ กรณีศึกษาร้านรองเท้ากีฬา Prosport อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี

Factors Influencing User Success and Satisfaction with a Website: A Case Study of Prosport, a Sports Shoe Store in Mueang District, Udon Thani

ณภัทร พรหมชะอ้อน[1*] พงศกร บุญประเสริฐ[2] สุทิน สวนศิริ[3] จารุวรรณ จันทร์โสภา[4] สุดารัตน์ หนองหารพิทักษ์[5] และ ชนาภา แบสท์[6]

Napat Phromchaon[1*] Pongsagon Bunprasert[2] Sutin Suansiri[3] Jaruwan Jansopha[4] Sudarat Nonghanpitak[5] and Chanapha Bast[5]

[1] คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี, 64 ถ.ทหาร อ.เมือง จ.อุดรธานี, 41000

[1] Management Science, UdonThani Rajabhat University, 64 Tahan Rd., Muang, UdonThani, 41000

* Corresponding author E-mail: chanapha.b@udru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่อง การประเมินความสำเร็จและความพึงพอใจของผู้ใช้งานเว็บไซต์ ProSport มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความสำเร็จและความพึงพอใจของผู้ใช้งานเว็บไซต์ระบบบริหารจัดการร้านรองเท้ากีฬา ProSport โดยใช้กรอบแนวคิดแบบจำลองความสำเร็จของระบบสารสนเทศ (Information Systems Success Model) ซึ่งประกอบด้วยคุณภาพข้อมูล คุณภาพระบบ คุณภาพการบริการ และความพึงพอใจของผู้ใช้งาน การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ กลุ่มตัวอย่างคือผู้ที่มีประสบการณ์ในการใช้งานเว็บไซต์ ProSport โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตามแนวคิดการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ SPSS ผลการวิจัยพบว่า ผู้ใช้งานเว็บไซต์ ProSport มีความคิดเห็นต่อการใช้งานระบบโดยรวมอยู่ในระดับมาก ทั้งในด้านคุณภาพข้อมูล คุณภาพระบบ และคุณภาพการบริการ ซึ่งส่งผลให้เกิดความพึงพอใจในการใช้งานเว็บไซต์ โดยผู้ใช้งานเห็นว่าเว็บไซต์ช่วยอำนวยความสะดวกในการทำงาน ลดความผิดพลาด และเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการร้านรองเท้ากีฬา ทั้งนี้ผลการวิจัยสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุง และพัฒนาเว็บไซต์ ProSport ให้มีประสิทธิภาพและตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานได้ดียิ่งขึ้น

คำสำคัญ: การประเมินความสำเร็จ, ความพึงพอใจ, Prosport

Abstract

This research, entitled “Evaluating the Success and Satisfaction of Users of the ProSport Website,” was conducted in Mueang District, Udon Thani Province. The objective of this study was to evaluate the success and user satisfaction of the ProSport website for managing the sports shoe store by applying the Information Systems Success Model, which consists of information quality, system quality, service quality, and user satisfaction. This study employed a quantitative research approach. The sample consisted of users who had experience using the ProSport website. A questionnaire was used as the data collection instrument, and the data were analyzed using descriptive statistics, including frequency, percentage, mean, and standard deviation, based on statistical data analysis using SPSS and attitude measurement. The research results revealed that users’ overall opinions toward the ProSport website were at a high level in terms of information quality, system quality, and service quality, which led to a high level of user satisfaction. Users perceived that the website facilitated their work, reduced errors, and enhanced the efficiency of managing a sports shoe store. The findings of this study can be used as guidelines for improving and further developing the ProSport website to increase its effectiveness and better respond to users’ needs.

Keywords: System Success Evaluation, Satisfaction, Prosport

บทนำ

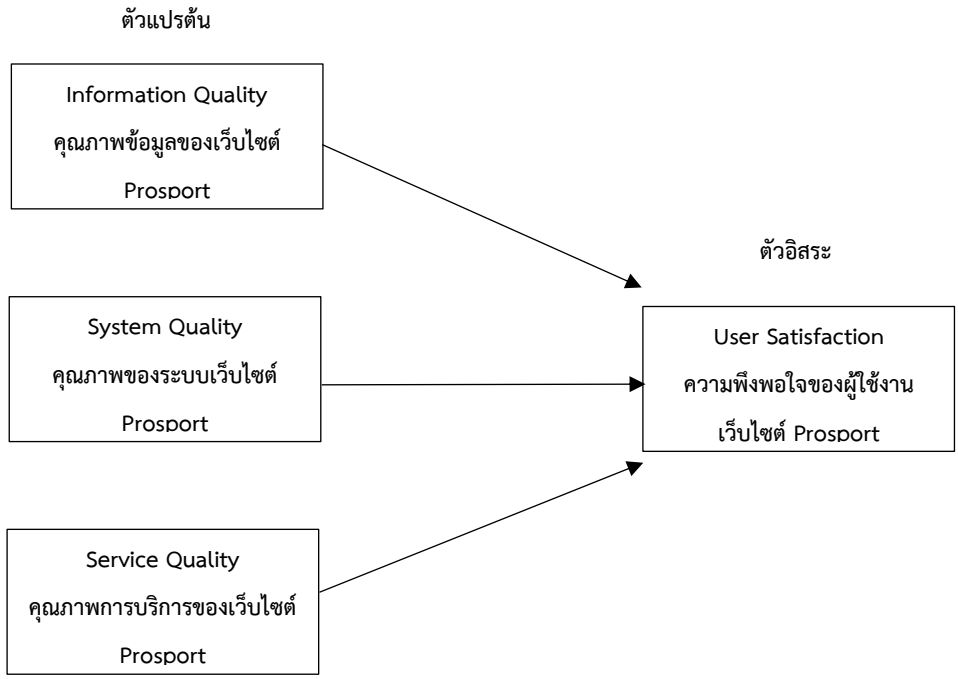
ในปัจจุบันการใช้งานบริการดิจิทัลและแพลตฟอร์มเว็บไซต์มีบทบาทสำคัญต่อการดำเนินธุรกิจและการบริหารจัดการข้อมูลขององค์กรต่าง ๆ โดยเฉพาะในธุรกิจค้าปลีกที่ต้องการความรวดเร็ว ถูกต้อง และสามารถตอบสนองต่อผู้ใช้งานได้ทันที ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 ผู้ใช้บริการระบบดิจิทัลทั้งภาครัฐและภาคประชาชนมีระดับความพึงพอใจโดยรวมอยู่ที่ 4.28 คะแนนจาก 5 คะแนน ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปี 2566 ถึง 0.03 คะแนน แสดงให้เห็นแนวโน้มที่ผู้ใช้งานให้ความสำคัญต่อประสบการณ์การใช้งานระบบดิจิทัลมากยิ่งขึ้น (สำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล, 2567) และผลการสำรวจในปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 และ 2568 ยังคงสะท้อนระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบดิจิทัลในระดับสูง นอกจากนี้ งานวิจัยด้านเว็บไซต์บริการของมหาวิทยาลัยในปี 2568 พบว่าระดับความพึงพอใจโดยรวมของผู้ใช้งานอยู่ในระดับสูง และคุณภาพของระบบมีผลต่อระดับความพึงพอใจอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Sriwan, 2025) การประเมินความสำเร็จของเว็บไซต์หรือระบบสารสนเทศในปัจจุบัน มักอาศัยกรอบแนวคิด Information Systems Success Model ของ DeLone and McLean ซึ่งเสนอว่าความสำเร็จของระบบสามารถพิจารณาได้จากปัจจัยหลัก ได้แก่ คุณภาพของระบบ คุณภาพของข้อมูล คุณภาพการบริการ และความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีความสัมพันธ์กันและส่งผลต่อความสำเร็จโดยรวม

ของระบบสารสนเทศ (DeLone & McLean, 2003) เว็บไซต์ระบบบริหารจัดการเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยให้ธุรกิจสามารถจัดการข้อมูลต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ในบริบทของร้านค้าปลีกประเภทรองเท้ากีฬา ยังขาดการศึกษาที่ชัดเจนเกี่ยวกับระดับความพึงพอใจและความสำเร็จของระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้งานจริง ตามแนวคิดด้านการวิจัยและระเบียบวิธีวิจัย (บุญชม ศรีสะอาด, 2560; สุชาติ ประสิทธิ์รัฐสินธุ์, 2559) งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาการประเมินความสำเร็จและความพึงพอใจของผู้ใช้งานเว็บไซต์ระบบบริหารจัดการร้านรองเท้ากีฬา ProSport โดยอาศัยกรอบแนวคิด Information Systems Success Model ของ DeLone and McLean (2003) เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงวิเคราะห์ที่สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาปรับปรุงระบบให้มีประสิทธิภาพและตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างแท้จริงในบริบทของธุรกิจค้าปลีก

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสำเร็จในการพัฒนาระบบบริหารจัดการกรณีศึกษาเว็บไซต์ร้านรองเท้า Prosport
2. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความพึงพอใจต่อผู้ใช้งานระบบบริหารจัดการกรณีศึกษาเว็บไซต์ร้านรองเท้า Prosport

กรอบแนวคิด



วิธีการดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ออกแบบแบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยอาศัยแนวคิดการวิจัยเชิงปริมาณ (บุญชม ศรีสะอาด, 2560) ใช้มาตราส่วนประมาณค่าแบบลิเคิร์ตในการวัดความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถาม (Likert, 1932)และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2561) โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ลูกค้าของร้านรองเท้า Prosport และผู้ใช้งานเว็บไซต์ Prosport ที่เคยเข้าชมข้อมูลหรือใช้บริการผ่านเว็บไซต์ ซึ่งเป็นผู้ที่มีประสบการณ์ตรงในการใช้งานระบบสารสนเทศของเว็บไซต์ Prosport กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ลูกค้าของร้าน Prosport และผู้ใช้งานเว็บไซต์ Prosport ในเขตอำเภอเมือง

จังหวัดอุดรธานี ที่มีประสบการณ์ใช้งานเว็บไซต์ โดยใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เพื่อให้ได้ข้อมูลจากผู้ที่สามารถประเมินคุณภาพของระบบ คุณภาพของข้อมูล คุณภาพการบริการ และความพึงพอใจของผู้ใช้งานเว็บไซต์ Prosport ได้ตรงตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้ออกแบบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบสอบถาม (Questionnaire) ในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ ไม่น้อยกว่า 3 คน เพื่อหาค่า Index of Item-Objective Congruence (IOC) โดยผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญเท่ากับ 0.62 ซึ่งมากกว่า 0.50 (Britannica Editors, 2025) แสดงให้เห็นว่า แบบสอบถามนี้มีเนื้อหาที่มีความเที่ยงตรง (Validity) และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์งานวิจัย นอกจากนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ความเชื่อมั่น (Reliability) ด้วยวิธี Cronbach’s Alpha มีค่าเท่ากับ 0.923 ซึ่งมากกว่า 0.70 (Santos, J. R. A., 2025) แสดงว่าแบบสอบถามนี้มีความเชื่อมั่นอยู่ในระดับ ความเชื่อมั่นสูงมาก จากข้อคำถามทั้งหมด 38 คำถาม

การเก็บรวบรวมข้อมูล

เป็นวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลใหม่ โดยนำลิงค์ของแบบสอบถามไปให้ใช้งานรองเท้ากีฬา และกลุ่มต่างๆที่เป็นสมาชิกของร้านรองเท้า Prosport ใช้ระยะเวลา 2 เดือนในการเก็บข้อมูล ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 164 คน โดยวิธีเจาะจงจึงได้ค่าความน่าเชื่อถือของแบบสอบถาม Cronbach’s Alpha 0.923 ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างโดยการ แจกแบบสอบถามพร้อมชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัยและยืนยันการรักษาความลับของข้อมูลที่ได้รับ จากนั้นรวบรวมแบบสอบถามที่ตอบครบถ้วนสมบูรณ์เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในงานวิจัย

ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Statistical Package for the Social Sciences for Windows (SPSS) ในการวิเคราะห์ข้อมูลของงานวิจัยเรื่อง การประเมินความสำเร็จและความพึงพอใจของผู้ใช้งานเว็บไซต์

ProSport โดยเริ่มจากการใช้ สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เพื่อหาค่าความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) จากนั้น ผู้วิจัยได้ใช้ สถิติสหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson's Correlation Coefficient) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ และใช้ การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) เพื่อวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรอิสระที่มีต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งานเว็บไซต์ Prosport (User Satisfaction)

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสิถิติ (Statistical Package for the Social Sciences for Window: SPSS) ผู้วิจัยได้ใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เพื่อหาค่าความถี่ (Frequency) หาค่าร้อยละ (Percentage) หาค่าเฉลี่ย (Mean) และหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ด้านประชากร ศาตร์ของผู้แบบสอบถามแสดงได้ดังตารางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

รายการ	**ค่าความถี่ (Frequency)**	**ค่าร้อยละ(Percentage)**
เพศ		
ชาย	80	48.81
หญิง	63	38.40
ไม่ประสงค์ระบุเพศ	21	12.83
ช่วงอายุ		
21-30 ปี	112	68.30
31-40 ปี	33	20.14
41-49 ปี	18	11.02
50 ปีขึ้นไป	1	0.63
การศึกษา		
ต่ำกว่าปริญญาตรี	64	39.04
ปริญญาตรี	95	57.91
สูงกว่าปริญญาตรี	5	3.03

รายการ	ค่าความถี่ (Frequency)	ค่าร้อยละ(Percentage)
อาชีพ		
ข้าราชการ	15	9.14
ค้าขาย	13	7.92
นักเรียน/นักศึกษา	102	62.23
ประกอบธุรกิจส่วนตัว	9	5.51
พนักงาน/เจ้าหน้าที่องค์กร	7	4.30
ปกครองส่วนท้องถิ่น		
พนักงานบริษัท	7	4.32
ลูกจ้างชั่วคราว	11	6.74

จากตารางลักษณะข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศชาย จำนวน 80 คน คิดเป็นร้อยละ 48.8 รองลงมาคือเพศหญิง จำนวน 63 คน คิดเป็นร้อยละ 38.4 และไม่ประสงค์ระบุเพศ จำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 12.8 ดังข้อมูลต่อไปนี้ ในด้านช่วงอายุ พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุ 21–30 ปี จำนวน 112 คน คิดเป็นร้อยละ 68.3 รองลงมาคือช่วงอายุ 31–40 ปี จำนวน 33 คน คิดเป็นร้อยละ 20.1 และช่วงอายุ 41–49 ปี จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 11.0 ขณะที่ช่วงอายุ 50 ปีขึ้นไป มีจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 0.6 ด้านระดับการศึกษา พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่สำเร็จการศึกษาระดับ ปริญญาตรี จำนวน 95 คน คิดเป็นร้อยละ 57.9 รองลงมาคือระดับ ต่ำกว่าปริญญาตรี จำนวน 64 คน คิดเป็นร้อยละ 39.0 และระดับ สูงกว่าปริญญาตรี จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 3.0 สำหรับ อาชีพ พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็น นักเรียน/นักศึกษา จำนวน 102 คน คิดเป็นร้อยละ 62.2 รองลงมาคือ ข้าราชการ จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 9.1 และ ค้าขาย จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 7.9 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า ลูกจ้างชั่วคราว จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 6.7, ประกอบธุรกิจส่วนตัว จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 5.5, พนักงานบริษัท และ พนักงาน/เจ้าหน้าที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น อย่างละ 7 คน คิดเป็นร้อยละ 4.3

ตารางที่ 2 แสดงปัจจัยด้านคุณภาพข้อมูลที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งานเว็บไซต์

1. ด้านคุณภาพข้อมูล (Information Quality)	$\bar{x}$	S.D.	การแปลผล
1.1 ข้อมูลที่แสดงบนเว็บไซต์ ProSport มีความถูกต้อง	4.33	0.73	มาก
1.2 ข้อมูลที่แสดงบนเว็บไซต์ ProSport ทันสมัย	4.07	0.80	มาก
1.3 ข้อมูลที่แสดงบนเว็บไซต์ Prosport มีรายละเอียดครบถ้วน	4.11	0.88	มาก
1.4 ข้อมูลที่แสดงบนเว็บไซต์ Prosport สามารถตรวจสอบย้อนหลัง	4.30	0.72	มาก

1. ด้านคุณภาพข้อมูล (Information Quality)	$\overline{x}$	**S.D.**	**การแปลผล**
1.5 ข้อมูลที่คำสั่งซื้อแสดงบนเว็บไซต์ Prosport ถูกต้องครบถ้วน	4.15	0.83	มาก
1.6 ข้อมูลที่แสดงบนเว็บไซต์ Prosport มีรูปแบบที่อ่านง่ายและไม่ซับซ้อน	4.16	0.77	มาก
1.7 ข้อมูลที่แสดงบนเว็บไซต์Prosport มีความสม่ำเสมอไม่ขัดแย้งกัน	4.16	0.88	มาก
1.8 ข้อมูลที่แสดงบนเว็บไซต์ Prosport ตรงกับความต้องการใช้งานจริง	4.24	0.82	มาก
1.9 ข้อมูลรายงานบนเว็บไซต์ Prosport มีความถูกต้องและเป็นประโยชน์	4.22	0.83	มาก
1.10 โดยรวมแล้ว คุณพึงพอใจกับคุณภาพข้อมูลบนเว็บไซต์ Prosport มากน้อยเพียงใด	4.15	0.87	มาก
ผลรวมด้าน Information Quality	**4.19**	**0.48**	**มาก**

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่า ปัจจัยด้านคุณภาพข้อมูล (Information Quality) พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.19 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.48 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ โดยรวมแล้ว คุณพึงพอใจกับคุณภาพข้อมูลบนเว็บไซต์ ProSport มากน้อยเพียงใด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 รองลงมาคือ ข้อมูลที่แสดงบนเว็บไซต์ ProSport มีความถูกต้อง และ ข้อมูลที่แสดงบนเว็บไซต์ ProSport สามารถตรวจสอบย้อนหลังได้ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าผู้ใช้งานให้ความสำคัญกับความถูกต้อง ความครบถ้วน และความน่าเชื่อถือของข้อมูลบนเว็บไซต์เป็นอย่างมาก

ตารางที่ 3 แสดงปัจจัยด้านคุณภาพระบบที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งานเว็บไซต์

ด้านคุณภาพระบบ (System Quality)	$\overline{x}$	**S.D.**	**การแปลผล**
2.1 เว็บไซต์ ProSport มีความเสถียร	4.14	0.83	มาก
2.2 เว็บไซต์ ProSport ประมวลผลรวดเร็ว	4.26	0.72	มาก
2.3 รูปภาพบนเว็บไซต์ ProSport ใช้งานง่าย	4.25	0.85	มาก
2.4 เมนูถูกจัดเรียงเป็นระเบียบ เข้าใจง่าย	4.15	0.81	มาก
2.5 เว็บไซต์ตอบสนองคำสั่งได้อย่างถูกต้อง	4.14	0.86	มาก
2.6 หน้าจอแสดงข้อมูลของเว็บไซต์มีความชัดเจนและใช้งานสะดวก	4.24	0.77	มาก

2.7 เว็บไซต์ ProSport สามารถค้นหาข้อมูลจากเว็บไซต์ได้สะดวกและรวดเร็ว	4.29	0.79	มาก
2.8 เว็บไซต์ ProSport มีมาตรการความปลอดภัยของข้อมูลสูง	4.18	0.83	มาก
2.9 เว็บไซต์ ProSport รองรับปริมาณข้อมูลจำนวนมากได้ดี	4.23	0.76	มาก
2.10 เว็บไซต์ ProSport ตอบสนองความต้องการการทำงานได้ดี	4.32	0.79	มาก
2.11 เว็บไซต์ ProSport มีความเสถียร ทำให้รู้สึกดีต่อการใช้งาน	4.24	0.71	มาก
2.12 คุณพึงพอใจกับคุณภาพเว็บไซต์ ProSport โดยรวมมากน้อยเพียงใด	4.14	0.81	มาก
ผลรวมด้าน System Quality	**4.21**	**0.47**	**มาก**

จากตารางที่ 3 ด้านคุณภาพระบบ (System Quality) พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.21 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.47 เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่าข้อ เว็บไซต์ ProSport ตอบสนองความต้องการการทำงานได้ดี มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.32 รองลงมาคือ เว็บไซต์ ProSport สามารถค้นหาข้อมูลจากเว็บไซต์ได้สะดวกและรวดเร็ว และ เว็บไซต์ ProSport มีความเสถียร ทำให้รู้สึกดีต่อการใช้งาน แสดงให้เห็นว่าระบบของเว็บไซต์มีความเสถียร ใช้งานง่าย และตอบสนองต่อการใช้งานของผู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 4 แสดงปัจจัยด้านการบริการที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งานเว็บไซต์

ด้านคุณภาพการบริการ (Service Quality)	$\bar{x}$	**S.D.**	**การแปลผล**
3.1 ผู้ดูแลเว็บไซต์ให้ความช่วยเหลือเมื่อพบปัญหาอย่างรวดเร็ว	4.28	0.78	มาก
3.2 ผู้ดูแลเว็บไซต์มีความรู้เพียงพอในการแก้ไขปัญหา	4.26	0.72	มาก
3.3 ผู้ดูแลเว็บไซต์ให้คำแนะนำตรงตามปัญหาที่พบ	4.28	0.81	มาก
3.4 ช่องทางติดต่อผู้ดูแลเว็บไซต์มีความสะดวก	4.14	0.83	มาก
3.5 ผู้ดูแลเว็บไซต์บริการด้วยความใส่ใจและเป็นมิตร	4.17	0.81	มาก
3.6 การให้บริการด้านเทคนิคมีความน่าเชื่อถือ	4.28	0.74	มาก
3.7 มีคู่มือหรือเอกสารช่วยให้ใช้งานเว็บไซต์ได้ง่ายขึ้น	4.22	0.78	มาก
3.8 คุณพึงพอใจต่อคุณภาพการบริการของผู้ดูแลเว็บไซต์ ProSport มากน้อยเพียงใด	4.29	0.82	มาก

ผลรวมด้าน Service Quality	**4.24**	**0.49**	**มาก**

จากตารางที่ 4 ด้านคุณภาพการบริการ (Service Quality) พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.24 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.49 เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า ข้อ คุณพึงพอใจต่อคุณภาพการบริการของผู้ดูแลเว็บไซต์ ProSport มากน้อยเพียงใด มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.29 รองลงมาคือ ผู้ดูแลเว็บไซต์ให้ความช่วยเหลือเมื่อพบปัญหาอย่างรวดเร็ว และ การให้บริการด้านเทคนิคมีความน่าเชื่อถือ แสดงให้เห็นว่าผู้ใช้งานมีความเชื่อมั่นในคุณภาพการบริการและการให้ความช่วยเหลือของผู้ดูแลเว็บไซต์

ตารางที่ 5 แสดงระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานเว็บไซต์

ด้านความพึงพอใจของผู้ใช้ (User Satisfaction)	$\bar{x}$	**S.D.**	**การแปลผล**
4.1 คุณตั้งใจใช้งานเว็บไซต์ ProSport ต่อไปในอนาคต มากน้อยเพียงใด	4.38	0.79	มาก
4.2 คุณมีความพึงพอใจในการใช้ฟังก์ชันต่าง ๆ ที่ให้ประสิทธิภาพดีตามที่คาดหวังหรือไม่	4.35	0.69	มาก
4.3 คุณมีความพึงพอใจในเว็บไซต์ ProSport ที่ช่วยให้ทำงานได้สะดวกและเร็วขึ้นหรือไม่	4.19	0.85	มาก
4.4 คุณมีความพึงพอใจในเว็บไซต์ ProSport ที่ช่วยลดความผิดพลาดในการทำงานหรือไม่	4.27	0.77	มาก
4.5 คุณมีความพึงพอใจต่อความน่าเชื่อถือของเว็บไซต์ ProSport มากน้อยเพียงใด	4.20	0.81	มาก
4.6 คุณมีความพึงพอใจในเว็บไซต์ ProSport ที่มีความคุ้มค่ากับเวลาที่ใช้เรียนรู้	4.24	0.75	มาก
4.7 ฉันพึงพอใจกับประสบการณ์การใช้งานโดยรวม	4.42	0.75	มาก
4.8 คุณพึงพอใจโดยรวมต่อการใช้งานเว็บไซต์ ProSport มากน้อยเพียงใด	4.26	0.77	มาก
ผลรวมด้าน User Satisfaction	**4.29**	**0.48**	**มาก**

จากตารางที่ 5 ด้านความพึงพอใจของผู้ใช้ (User Satisfaction) พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.29 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.48 เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า ข้อ ฉันพึงพอใจกับประสบการณ์การใช้งานโดยรวม มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.42 รองลงมาคือ คุณตั้งใจใช้งานเว็บไซต์ ProSport ต่อไปในอนาคต และ คุณมีความพึงพอใจในการใช้ฟังก์ชันต่าง ๆ ที่ให้

ประสิทธิภาพดีตามที่คาดหวัง แสดงให้เห็นว่าผู้ใช้มีความพึงพอใจต่อเว็บไซต์ในภาพรวมและมีแนวโน้มที่จะใช้งานต่อไปในอนาคต

ตารางที่ 6 แสดงความสหสัมพันธ์ผลรวมของแต่ละความพึงพอใจของผู้ใช้งานเว็บไซต์ Prosport

Correlations

		ผลรวมด้านคุณภาพข้อมูลของเว็บไซต์ Prosport (Information Quality)	ผลรวมด้านคุณภาพของระบบของเว็บไซต์ Prosport (System Quality)	ผลรวมด้านคุณภาพการบริการของเว็บไซต์ Prosport (Service Quality)	ผลรวมด้านความพึงพอใจของผู้ใช้งานเว็บไซต์ Prosport (User Satisfaction)
ผลรวมด้านคุณภาพข้อมูลของเว็บไซต์ Prosport (Information Quality)	Pearson Correlation	1	.868**	.866**	.721**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000
	N	164	164	164	164
ผลรวมด้านคุณภาพของระบบของเว็บไซต์ Prosport (System Quality)	Pearson Correlation	.868**	1	.849**	.732**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.000
	N	164	164	164	164
ผลรวมด้านคุณภาพการบริการของเว็บไซต์ Prosport (Service Quality)	Pearson Correlation	.866**	.849**	1	.746**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000		.000
	N	164	164	164	164
ผลรวมด้านความพึงพอใจของผู้ใช้งานเว็บไซต์ Prosport (User Satisfaction)	Pearson Correlation	.721**	.732**	.746**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	
	N	164	164	164	164

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

จากตารางที่ 6 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างคุณภาพข้อมูล คุณภาพของระบบ คุณภาพการบริการ และความพึงพอใจของผู้ใช้งานเว็บไซต์ Prosport พบว่าทุกตัวแปรมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงถึงสูงมาก (r = .721 – .868) และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงให้เห็นว่าคุณภาพของเว็บไซต์ทั้งสามด้านมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

ตารางที่ 7 แสดงการถดถอยพหุคูณความพึงพอใจของผู้ใช้งานเว็บไซต์ Prosport

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	22.952	3	7.651	78.638	.000[b]
	Residual	15.566	160	.097		
	Total	38.519	163			

a. Dependent Variable: ผลรวมด้านความพึงพอใจของผู้ใช้งานเว็บไซต์ Prosport (User Satisfaction)

b. Predictors: (Constant), ผลรวมด้านคุณภาพการบริการของเว็บไซต์ Prosport (Service Quality), ผลรวมด้านคุณภาพของระบบของเว็บไซต์ Prosport (System Quality), ผลรวมด้านคุณภาพข้อมูลของเว็บไซต์ Prosport (Information Quality)

a. Predictors: (Constant), ผลรวมด้านคุณภาพการบริการของเว็บไซต์ Prosport (Service Quality), ผลรวมด้านคุณภาพของระบบของเว็บไซต์ Prosport (System Quality), ผลรวมด้านคุณภาพข้อมูลของเว็บไซต์ Prosport (Information Quality) ผลการพยากรณ์ ของตัวแปร มีค่าความเชื่อมั่นอยู่ที่ 0.596

จากตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณพบว่า ตัวแปรอิสระ ได้แก่ คุณภาพข้อมูล คุณภาพของระบบ และคุณภาพการบริการ สามารถร่วมกันอธิบายความแปรปรวนของความพึงพอใจของผู้ใช้งานเว็บไซต์ Prosport ได้ร้อยละ 59.6 (R^2 = .596) ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง แม้จะยังไม่ถึงเกณฑ์ 0.70 อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์มีนัยสำคัญทางสถิติ (Sig. = .000) แสดงให้เห็นว่า ตัวแปรอิสระทั้งสามมีความสัมพันธ์และสามารถร่วมกันทำนายความพึงพอใจของผู้ใช้งานเว็บไซต์ Prosport ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
ตาราง ANOVA แสดงให้เห็นว่า สมการถดถอยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01(F = 78.638, Sig. = .000) สรุปได้ว่า ตัวแปรด้านคุณภาพทั้งสามด้านมีอิทธิพลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งาน เว็บไซต์ Prosport อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.876	.225		3.898	.000
	ผลรวมด้านคุณภาพข้อมูลของเว็บไซต์ Prosport (Information Quality)	.153	.117	.151	1.302	.195
	ผลรวมด้านคุณภาพของระบบของเว็บไซต์ Prosport (System Quality)	.284	.112	.279	2.536	.012
	ผลรวมด้านคุณภาพการบริการของเว็บไซต์ Prosport (Service Quality)	.372	.108	.378	3.456	.001

a. Dependent Variable: ผลรวมด้านความพึงพอใจของผู้ใช้งานเว็บไซต์ Prosport (User Satisfaction)

* ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (Coefficients) พบว่า คุณภาพระบบ (B = 0.284, β = 0.279, Sig. = 0.012) และคุณภาพการบริการ (B = 0.372, β = 0.378, Sig. = 0.001) มีอิทธิพลเชิงบวกต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งานเว็บไซต์ ProSport อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยคุณภาพการบริการเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลสูงที่สุด ขณะที่คุณภาพข้อมูล (B = 0.153, β = 0.151, Sig. = 0.195) ไม่มีอิทธิพลต่อความพึงพอใจอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่าคงที่ของสมการมีค่าเท่ากับ 0.876 และมีนัยสำคัญทางสถิติ (Sig. = 0.000)

วิจารณ์ผล

การวิจารณ์ผลการวิจัยเรื่อง การประเมินความสำเร็จและความพึงพอใจของผู้ใช้งานเว็บไซต์ ProSport พบว่า ผลการประเมินโดยรวมอยู่ในระดับมาก แสดงให้เห็นว่าเว็บไซต์สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างเหมาะสม ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด Information Systems Success Model ของ DeLone and McLean (2003) ที่ชี้ให้เห็นว่าคุณภาพข้อมูล คุณภาพระบบ และคุณภาพการบริการ เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งาน โดยคุณภาพข้อมูลช่วยให้การตัดสินใจมีความถูกต้อง คุณภาพระบบช่วยให้การใช้งานมีความสะดวกและมีประสิทธิภาพ และคุณภาพการบริการช่วยเสริมสร้างความเชื่อมั่นในการใช้งานระบบ ทั้งนี้ผลการวิจัยสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาเว็บไซต์ ProSport ให้มีประสิทธิภาพและตอบสนองต่อการใช้งานได้ดีขึ้นในอนาคต

สรุปผล

สรุปผลการวิเคราะห์ การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสำเร็จในการพัฒนาระบบบริหารจัดการกรณีศึกษาเว็บไซต์ร้านรองเท้า Prosport และ การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความพึงพอใจต่อผู้ใช้งานระบบบริหารจัดการกรณีศึกษาเว็บไซต์ร้านรองเท้า Prosport สามารถสรุปได้ดังนี้ ด้านคุณภาพข้อมูล (Information Quality) ผู้ใช้งานมีความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก โดยให้ความสำคัญกับความพึงพอใจต่อคุณภาพข้อมูลโดยรวมมากที่สุด รองลงมาคือความถูกต้องและการตรวจสอบย้อนหลังของข้อมูล ด้านคุณภาพระบบ (System Quality) อยู่ในระดับมากเช่นกัน โดยเว็บไซต์สามารถตอบสนองการทำงานได้ดี มีความสะดวก รวดเร็ว และเสถียรในการใช้งาน ด้านคุณภาพการบริการ (Service Quality) มีค่าเฉลี่ยรวมสูงที่สุด โดยผู้ใช้งานพึงพอใจต่อคุณภาพการบริการของผู้ดูแลเว็บไซต์ และความรวดเร็วในการให้ความช่วยเหลือ สุดท้ายด้านความพึงพอใจของผู้ใช้ (User Satisfaction) อยู่ในระดับมาก โดยผู้ใช้งานพึงพอใจต่อประสบการณ์การใช้งานโดยรวมสูงสุด และมีแนวโน้มที่จะใช้งานเว็บไซต์ Prosport ต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องนี้ได้รับความกรุณาและการสนับสนุนจากคณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี การประเมินความสำเร็จและความพึงพอใจของผู้ใช้งานเว็บไซต์ ProSport สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์และความร่วมมือจากหลายฝ่าย คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี เจ้าของกิจการร้าน ProSport และผู้ใช้งานเว็บไซต์ทุกท่านที่สละเวลาให้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์ ตลอดจนผู้ที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจในการจัดทำงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กัลยา วานิชย์บัญชา. 2561. *การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ SPSS.* โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

บุญชม ศรีสะอาด. 2560. *การวิจัยเบื้องต้น*. สำนักพิมพ์สุวีริยาสาส์น, กรุงเทพมหานคร.

สุชาติ ประสิทธิ์รัฐสินธุ์. 2559. *ระเบียบวิธีวิจัยทางสังคมศาสตร์*. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

สำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล (องค์การมหาชน). 2567. *Thailand soars to 52nd place in global digital government rankings and secures 2nd place in ASEAN*. DGA News.

สำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล (องค์การมหาชน). 2568. *รายงานผลสำรวจความพึงพอใจในการให้บริการระบบดิจิทัล ปีงบประมาณ พ.ศ. 2567*. สำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล. แหล่งข้อมูล: https://www.dga.or.th/news/dga-news/thailand-soars-to-5 2 nd-place-global-digital-government-rankings ค้นเมื่อ 27 มกราคม 2569.

สำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล (องค์การมหาชน). 2568. *รายงานผลสำรวจความพึงพอใจในการให้บริการระบบดิจิทัล ปีงบประมาณ พ.ศ. 2568*. สำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล. แหล่งข้อมูล: https://www.dga.or.th/news/dga-news/thailand-soars-to-5 2 nd-place-global-digital-government-rankings ค้นเมื่อ 27 มกราคม 2569.

DeLone, W. H., & McLean, E. R. 2003. *The DeLone and McLean model of information systems success: A ten-year update. Information Systems Research*, 19(4): 9–30.

Likert, R. 1932. *A technique for the measurement of attitudes*. Archives of Psychology, 140: 1–55.

Sriwan, A. 2025. The study of user satisfaction with the website services of the Faculty of Economics and Business Administration, Thaksin University. *Journal of Management Sciences, Songkhla Rajabhat University*, 4(1): 37–49.

Britannica Editors. 2025. Index of item-objective congruence (IOC). Encyclopaedia Britannica.

Santos, J. R. A. 2025. Cronbach's alpha: A tool for assessing the reliability of scales. *Journal of Extension*, 37(2): 1–5.

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสำเร็จในการพัฒนาระบบสารสนเทศบริหารจัดการสวนผัก กรณีศึกษา สวนผักยายนี บ้านดงมะกรูด ตำบลหนองไฮ อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี

Factors Influencing the Success of Information System Development: A Case Study of Ya Nee Vegetable Farm Management System, Ban Dong Makruat, Nong Hai Subdistrict, Mueang District, Udon Thani Province

นิจวิภา โพธิ์ศรี[1*], ศรัณยา ทองมา[2], ปิยาภัส จากผา[3], ฐาปนี เพ็งสุข[4] และชนาภา แบสท์[5]

Nidvipa Phosri[1*], Saranya Thongma[2], Piyaphat Chakpha[3], Thapanee Pangsuk[4] and Chanapha Bast[5]

[1]**คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี, 64 ถ.ทหาร อ.เมือง จ.อุดรธานี, 41000**

[1]Management Science, UdonThani Rajabhat University, 64 Tahan Rd., Muang, UdonThani, 41000)

*Corresponding author E-mail: chanapha.b@udru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสำเร็จในการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการสวนผัก กรณีศึกษาสวนผักยายนี และพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการสวนผัก โดยใช้กรอบแนวคิดแบบจำลองความสำเร็จของระบบสารสนเทศ (Information Systems Success Model) กลุ่มตัวอย่างคือเกษตรกรและผู้ที่เกี่ยวข้องจำนวน 149 คน เครื่องมือที่ใช้คือแบบสอบถาม สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยด้านระบบการจัดการสวนผักมีอิทธิพลสูงสุดต่อทัศนคติของผู้ใช้งาน มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$=4.73) รองลงมาคือ ด้านผลลัพธ์และความพึงพอใจ มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$=4.69) ด้านคุณภาพการให้บริการ มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$=4.68) และด้านคุณภาพข้อมูลมีอิทธิพลที่ระดับ ($\bar{X}$=4.62) ตามลำดับ โดยในภาพรวมผู้ใช้งานมีความคิดเห็นเชิงบวกในระดับดีมากต่อการนำระบบและข้อมูลไปใช้จัดการสวนผักอินทรีย์ซึ่งช่วยลดความซับซ้อนและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตได้อย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: ระบบสารสนเทศ, สวนผักยายนี, ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน, ระบบบริหารจัดการ

Abstract

This study investigates the factors influencing the success of developing an information system for vegetable farm management through a case study of Yai Nee Farm. The research also aims to develop an information system to enhance the efficiency of vegetable farm management. The study is grounded in the Information Systems Success Model framework. A quantitative research approach was employed. Data were collected using questionnaires administered to a sample of 149 farmers and related stakeholders. Statistical analyses included percentages, means, and standard deviations. The results indicate that the vegetable farm management factor exerted the highest influence on users' attitudes toward system usage, with a mean score of 4.73. This figure was followed by outcomes and user satisfaction (mean = 4.69), service quality (mean = 4.68), and information quality (mean = 4.62), respectively. Overall, users demonstrated very positive perceptions of applying the system and information to organic vegetable farm management. The findings suggest that the developed information system effectively reduces operational complexity and significantly enhances production efficiency.

Keywords: Information System Management; Farm; User Satisfaction

บทนำ

ในปัจจุบันกระแสการดูแลสุขภาพและการบริโภคอาหารที่ปลอดภัยกำลังได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย ส่งผลให้ความต้องการบริโภคผักปลอดสารพิษและผักเกษตรอินทรีย์ (Organic) มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากข้อมูลทางสถิติ (สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล, 2565) ตลาดอาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ (ซึ่งครอบคลุมถึงผักปลอดสารพิษ) มีแนวโน้มเติบโตสูงขึ้นโดยมีมูลค่าตลาดกว่า 34,000 ล้านบาท และมีสัดส่วนผู้บริโภคที่หันมาใส่ใจเลือกวัตถุดิบที่ดีต่อสุขภาพเพิ่มขึ้นกว่า ร้อยละ 65 ต่อปี ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงโอกาสทางธุรกิจและความจำเป็นที่ผู้ประกอบการสวนผักต้องปรับตัวเพื่อรองรับความต้องการดังกล่าวสวนผักยายนี ซึ่งตั้งอยู่ที่บ้านดงมะกรูด ตำบลหนองไฮ อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี เป็นหนึ่งในผู้ผลิตที่มุ่งเน้นการผลิตผักคุณภาพเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคในพื้นที่ อย่างไรก็ตาม จากการดำเนินงานที่ผ่านมาพบว่า สวนผักยายนียังคงใช้ระบบการบริหารจัดการแบบดั้งเดิมที่อาศัยการจดบันทึกข้อมูลด้วยมือ (Manual) ส่งผลให้เกิดปัญหาความล่าช้าและความผิดพลาดในการจัดการข้อมูล โดยเฉพาะข้อมูลการจองสินค้า ข้อมูลสต็อกผักที่ไม่เป็นปัจจุบัน

และความซ้ำซ้อนในการบันทึกยอดขาย ซึ่งเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการวางแผนการผลิตและการให้บริการลูกค้าท่ามกลางความต้องการของตลาดที่เพิ่มสูงขึ้น เพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาดังกล่าวและยกระดับประสิทธิภาพการดำเนินงาน ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนา "ระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการสวนผัก กรณีศึกษาสวนผักยายนี" ขึ้น โดยประยุกต์ใช้กรอบแนวคิด แบบจำลองความสำเร็จของระบบสารสนเทศ (Information Systems Success Model) ของ (DeLone & McLean, 2003) มาเป็นพื้นฐานในการศึกษา ซึ่งทฤษฎีนี้จะช่วยให้สามารถวิเคราะห์ปัจจัยความสำเร็จได้ครอบคลุมทั้ง 3 มิติ ได้แก่ คุณภาพสารสนเทศ (Information Quality) เพื่อแก้ปัญหาความถูกต้องของข้อมูล คุณภาพระบบ (System Quality) เพื่อเพิ่มความสะดวกในการใช้งาน และคุณภาพการบริการ (Service Quality) เพื่อสร้างความพึงพอใจสูงสุดให้แก่ผู้ใช้งาน การพัฒนาระบบครั้งนี้จึงไม่ได้เป็นเพียงการนำเทคโนโลยีมาใช้ แต่เป็นการสร้างเครื่องมือสำคัญที่จะช่วยให้สวนผักยายนีสามารถบริหารจัดการต้นทุน ผลผลิต และการขายได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน (สุภาวดี แสงจันทร์, 2562)

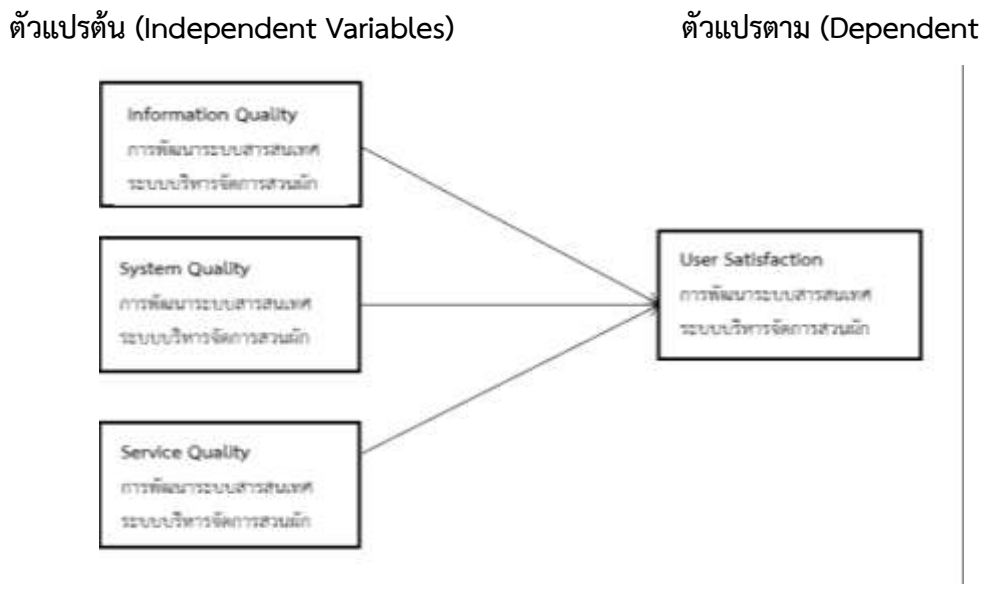
วัตถุประสงค์การวิจัย

1.เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสำเร็จในการพัฒนาระบบสารสนเทศ

2.เพื่อการบริหารจัดการสวนผัก กรณีศึกษาสวนผักยายนี

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำแบบจำลองความสำเร็จของระบบสารสนเทศ (Information Systems Success Model) ฉบับปรับปรุงของ (DeLone & McLean, 2003) มาเป็นพื้นฐานในการกำหนดกรอบแนวคิด โดยกำหนดตัวแปรดังนี้ ตัวแปรต้น (Independent Variables) คือ ปัจจัยคุณภาพของระบบสารสนเทศ ประกอบด้วย คุณภาพข้อมูล (Information Quality) คุณภาพระบบ (System Quality) และคุณภาพการบริการ (Service Quality) ตัวแปรตาม (Dependent Variable) คือ ความสำเร็จของการพัฒนาระบบสารสนเทศ วัดจากความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (User Satisfaction) (Laudon, 2020)



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) โดยกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่างเป็นเกษตรกร ลูกค้า และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการสวนผักยายนี รวมถึงประชาชนทั่วไปที่มีความสนใจ จำนวนทั้งสิ้น 149 คน ซึ่งดำเนินการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ตามแนวคิดของ Patton (2024) โดยเน้นผู้ใช้งานจริงและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบสอบถาม (Questionnaire) ที่ผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) จากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.67 และมีค่าความเชื่อมั่นสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach’s Alpha Coefficient) เท่ากับ 0.947 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (SPSS for Windows) ในการหาค่าสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน พร้อมทั้งใช้สถิติเชิงอนุมานประกอบด้วย การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA) การวิเคราะห์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson Correlation) และการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) เพื่อทดสอบอิทธิพลของตัวแปรตามกรอบแนวคิดความสำเร็จของระบบสารสนเทศ (DeLone & McLean, 2003) โดยดำเนินการวิจัย ณ สวนผักยายนี บ้านดงมะกรูด ตำบลหนองไฮ อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี ในช่วงปี พ.ศ. 2568 – 2569

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (Statistical Package for the Social Sciences for Window: SPSS) ผู้วิจัยได้ใช้สิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เพื่อหาค่าความถี่ (Frequency), หาค่าร้อยละ (Percentage) หาค่าเฉลี่ย (Mean) และหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน Standard Deviation) ด้านประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถาม แสดงได้ดังตารางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม (N=149)

รายการ	ถามถี่(Frequency)	ร้อยละ(Percentage)
เพศ		
ชาย	93	62.4
หญิง	40	26.8
LGBTQ+	16	10.7
อายุ		
ต่ำกว่า 19 ปี	18	12.1
20-29 ปี	91	61.1
30-39 ปี	16	10.7
40-49 ปี	15	10.1
50-59 ปี	5	3.4
60 ปีขึ้นไป	4	2.7
ระดับการศึกษา		
ต่ำกว่าปริญญาตรี	77	51.7
ปริญญาตรี	66	44.3
สูงกว่าปริญญาตรี	6	4

รายการ	ถามถี่(Frequency)	ร้อยละ(Percentage)
อาชีพ		
ข้าราชการ	4	2.7
พนักงานบริษัท	27	18.1
ประกอบธุรกิจส่วนบุคคล	20	13.4
ค้าขาย	15	10.1
พนักงาน/เจ้าหน้าที่องค์กร	9	6.0
ลูกจ้างประจำ/ลูกจ้างชั่วคราว	14	9.4
นักเรียน/นักศึกษา	52	34.9
ลูกจ้างประจำ	5	3.4
ครูสอนเต้น	1	0.7
แม่บ้าน	1	0.7
ว่างงาน	1	0.7

จากตารางที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลกลุ่มตัวอย่างจำนวน 149 คน พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (ร้อยละ 62.4) มีอายุระหว่าง 20-29 ปี (ร้อยละ 61.1) และมีการศึกษาระดับต่ำกว่าปริญญาตรี (ร้อยละ 51.7) โดยส่วนใหญ่เป็นนักเรียน/นักศึกษา (ร้อยละ 34.9)

ตารางที่ 2 แสดงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสำเร็จในการพัฒนาระบบสารสนเทศ

รายการ	$\overline{x}$	(S.D)	ความหมาย
1.Information Quality			
1.1 ข้อมูลการจองผักจากพ่อค้าคนกลางมีความถูกต้องและครบถ้วน	4.62	0.65	มากที่สุด
1.2 ระบบแสดงยอดคงเหลือของผักในสต็อกได้อย่างแม่นยำและเป็นปัจจุบัน	4.59	0.59	มากที่สุด
1.3 ข้อมูลการรับเข้าผักจากคู่ค้า (ในกรณีผักไม่พอ) มีความชัดเจนและตรวจสอบที่มาได้	4.56	0.65	มากที่สุด

รายการ	$\overline{x}$	(S.D)	ความหมาย
1.4 รายงานสรุปยอดขายและรายรับ-รายจ่ายมีความถูกต้อง น่าเชื่อถือ	4.50	0.71	มากที่สุด
1.5 รูปแบบของรายงาน เข้าใจง่าย และสามารถนำไปใช้วางแผนการจัดการ	4.56	0.70	มากที่สุด
1.6 ข้อมูลประวัติการเก็บเกี่ยวผักช่วยให้ท่านวางแผนการผลิตในรอบถัดไปได้	4.52	0.63	มากที่สุด
1.7 ระบบสามารถค้นหาและเรียกดูข้อมูลย้อนหลัง ได้อย่างรวดเร็ว	4.60	0.70	มากที่สุด
1.8 ข้อมูลในใบเสร็จรับเงินมีความถูกต้องและครบถ้วนตามรายการที่ลูกค้า	4.57	0.65	มากที่สุด
1.9 ข้อมูลที่ได้จากระบบช่วยลดความผิดพลาดเมื่อเทียบกับการจดบันทึกด้วย	4.60	0.70	มากที่สุด
1.10 โดยรวมแล้ว ท่านพึงพอใจต่อคุณภาพของข้อมูลสารสนเทศที่ได้รับจากระบบนี้	4.75	0.63	มากที่สุด
ผลรวมด้าน Information Quality	**4.75**		**มากที่สุด**
2. System Quality			
2.1 ระบบมีการออกแบบหน้าจอที่สวยงาม สะอาดตา และน่าใช้งาน	4.73	0.52	มากที่สุด
2.2 เมนูการใช้งานต่างๆจัดวางเป็นหมวดหมู่ เข้าใจง่าย	4.58	0.63	มากที่สุด
2.3 ระบบมีความรวดเร็วในการประมวลผล การคำนวณยอดเงิน, การบันทึก	4.62	0.59	มากที่สุด
2.4 ขั้นตอนการใช้งานในแต่ละฟังก์ชัน การกดขาย, การเพิ่มข้อมูลผัก	4.60	0.62	มากที่สุด
2.5 ระบบมีความเสถียร สามารถใช้งานได้ต่อเนื่องโดยไม่เกิดข้อผิดพลาด	4.56	0.61	มากที่สุด
2.6 ระบบมีระบบรักษาความปลอดภัยในการเข้าถึงข้อมูลในการ Login เข้าใช้	4.58	0.62	มากที่สุด
2.7 ระบบสามารถใช้งานได้ดีผ่านอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ตามที่ออกแบบไว้	4.62	0.59	มากที่สุด
2.8 การค้นหาข้อมูลภายในระบบ ค้นหารหัสผัก, ชื่อพ่อค้าคนกลาง ทำได้	4.56	0.65	มากที่สุด
2.9 ระบบช่วยลดระยะเวลาในการทำงานเมื่อเทียบกับวิธีการทำงานแบบเดิม	4.64	0.62	มากที่สุด
2.10 โดยรวมแล้ว ท่านพึงพอใจต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบนี้	4.63	0.64	มากที่สุด
ผลรวมด้าน System Quality	**4.73**		**มากที่สุด**

รายการ	$\overline{x}$	(S.D)	ความหมาย
3. Service Quality			
3.1 มีคู่มือในการใช้งานระบบเข้าใจง่ายและชัดเจน	4.68	0.57	มากที่สุด
3.2 คำแนะนำการเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีความเหมาะสมและคุ้มค่า	4.55	0.59	มากที่สุด
3.3 การตอบกลับและช่วยเหลือเมื่อเกิดปัญหาทำได้รวดเร็ว	4.56	0.61	มากที่สุด
3.4 การอธิบายวิธีการใช้งานทำได้ดี เข้าใจง่าย	4.64	0.63	มากที่สุด
3.5 มีการติดตามสอบถามปัญหาการใช้งานอย่างสม่ำเสมอ	4.63	0.60	มากที่สุด
3.6 คู่มือการใช้งานมีความละเอียดและนำไปปฏิบัติตามได้จริง	4.63	0.59	มากที่สุด
3.7 ความกระตือรือร้นและเต็มใจในการแก้ไขปัญหา	4.64	0.56	มากที่สุด
3.8 ความพร้อมในการให้คำปรึกษาหากระบบขัดข้อง	4.58	0.64	มากที่สุด
3.9 การสนับสนุนช่วยให้ท่านมั่นใจในการใช้เทคโนโลยีมากขึ้น	4.68	0.55	มากที่สุด
3.10 ความพึงพอใจโดยรวมต่อการให้บริการของผู้พัฒนาระบบ	4.68	0.53	มากที่สุด
ผลรวมด้าน Service Quality	**4.58**		**มากที่สุด**
4. Success Model			
4.1 ระบบตอบสนองความต้องการของคุณได้ดีหรือไม่	4.68	0.52	มากที่สุด
4.2 ระบบให้ข้อมูลที่ชัดเจนและเข้าใจง่ายหรือไม่	4.62	0.56	มากที่สุด
4.3 ระบบช่วยให้คุณเข้าใจขั้นตอนการจัดการสวนผักได้ดีขึ้นหรือไม่	4.57	0.58	มากที่สุด
4.4 คุณพึงพอใจกับความสะดวกในการติดต่อหรือรับคำแนะนำหรือไม่	4.69	0.61	มากที่สุด
4.5 บริการหรือการสนับสนุนที่ได้รับมีความน่าเชื่อถือหรือไม่	4.65	0.56	มากที่สุด
4.6 ระบบช่วยลดความซับซ้อนในการจัดการข้อมูลหรือไม่	4.55	0.65	มากที่สุด
4.7 คุณได้รับคำแนะนำในการใช้งานระบบอย่างเหมาะสมหรือไม่	4.64	0.57	มากที่สุด
4.8 คุณรู้สึกว่ามีผู้ช่วยเหลือเมื่อเกิดปัญหาเกี่ยวกับระบบหรือไม่	4.63	0.62	มากที่สุด
4.9 ระบบช่วยเพิ่มความมั่นใจในการทำงานของคุณหรือไม่	4.64	0.57	มากที่สุด

รายการ	$\bar{x}$	(S.D)	ความหมาย
4.10 โดยรวมแล้ว คุณพอใจกับการบริการของระบบหรือไม่	4.68	0.57	มากที่สุด
ผลรวมด้าน Success Model	**4.69**		**มากที่สุด**

จากตารางที่ 2 ระดับความคิดเห็นของผู้ใช้งานต่อปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสำเร็จในการพัฒนาระบบสารสนเทศระบบบริหารจัดการสวนผัก กรณีศึกษาสวนผักยายนี ความคิดเห็นของผู้ใช้งานต่อระบบสารสนเทศในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ยรวม 4.69) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน ด้านคุณภาพข้อมูล (Information Quality) มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$= 4.75) ซึ่งเป็นด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด โดยรายการที่มีค่าเฉลี่ยสูง ได้แก่ ความพึงพอใจโดยรวมต่อคุณภาพของข้อมูลสารสนเทศที่ได้รับจากระบบ ($\bar{x}$ = 4.75) และข้อมูลการจองผักจากพ่อค้าคนกลางมีความถูกต้องและครบถ้วน ($\bar{x}$= 4.62) สะท้อนให้เห็นว่าระบบสามารถให้ข้อมูลที่ถูกต้องครบถ้วน และน่าเชื่อถือแก่ผู้ใช้งาน ด้านคุณภาพระบบ (System Quality) มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.73) โดยรายการที่มีค่าเฉลี่ยสูง ได้แก่ ระบบมีการออกแบบหน้าจอที่สวยงาม สะอาดตา และน่าใช้งาน ($\bar{x}$ = 4.73) และระบบช่วยลดระยะเวลาในการทำงานเมื่อเทียบกับวิธีการทำงานแบบเดิม ($\bar{x}$ = 4.64) แสดงให้เห็นว่าระบบมีประสิทธิภาพ ใช้งานง่าย และเอื้อต่อการปฏิบัติงานของผู้ใช้งาน ด้านคุณภาพการบริการ (Service Quality) มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.58) โดยผู้ใช้งานมีความพึงพอใจสูงในด้านการมีคู่มือการใช้งานระบบที่เข้าใจง่ายและชัดเจน $\bar{x}$ = 4.68) และการสนับสนุนช่วยให้ผู้ใช้งานมีความมั่นใจในการใช้เทคโนโลยีมากขึ้น ($\bar{x}$ = 4.68) สะท้อนถึงคุณภาพของการให้บริการและการสนับสนุนจากผู้พัฒนาระบบที่มีประสิทธิภาพ ด้านแบบจำลองความสำเร็จของระบบสารสนเทศ (Success Model) มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.69) โดยรายการที่มีค่าเฉลี่ยสูง ได้แก่ ระบบตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้ดี ($\bar{x}$ = 4.68) และความพึงพอใจโดยรวมต่อการบริการของระบบ ($\bar{x}$ = 4.68) แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถตอบสนองความต้องการและสร้างความพึงพอใจแก่ผู้ใช้งานได้เป็นอย่างดี

ตารางที่ 3 แสดงสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อความสำเร็จในการพัฒนาระบบสารสนเทศ

ตัวแปร (Variables)	SUM1 (Info Quality)	SUM2 (Sys Quality)	SUM3 (Serv Quality)	SUM4 (Satisfaction)
ผลรวมด้านคุณภาพของข้อมูล (SUM1)	1	.824**	.813**	.768**
Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000

ผลรวมด้านคุณภาพของระบบ (SUM2)	.824**	1	.880**	.890**
Sig. (2-tailed)	.000		.000	.000
ผลรวมด้านคุณภาพของการบริการ (SUM3)	.813**	.880**	1	.918**
Sig. (2-tailed)	.000	.000		.000
ผลรวมความพึงพอใจ (SUM4)	.768**	.890**	.918**	1
Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	
N	**149**	**149**	**149**	**149**

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

จากตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสำเร็จในการพัฒนาระบบสารสนเทศ โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson Correlation) ระหว่าง คุณภาพข้อมูล (Information Quality: SUM1), คุณภาพระบบ (System Quality: SUM2), คุณภาพการบริการ (Service Quality: SUM3) และ ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (User Satisfaction: SUM4) พบว่า คุณภาพข้อมูล (SUM1) มีความสัมพันธ์ทางบวกกับ ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (SUM4) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .768 แสดงให้เห็นว่าความถูกต้อง ครบถ้วน และความน่าเชื่อถือของข้อมูลมีส่วนช่วยเพิ่มระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งาน คุณภาพระบบ (SUM2) มีความสัมพันธ์ทางบวกกับ ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (SUM4) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .890 ซึ่งอยู่ในระดับความสัมพันธ์สูง สะท้อนให้เห็นว่าประสิทธิภาพ ความเสถียร และความง่ายในการใช้งานของระบบส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งานอย่างชัดเจน คุณภาพการบริการ (SUM3) มีความสัมพันธ์ทางบวกกับ ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (SUM4) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .918 ซึ่งเป็นค่าความสัมพันธ์สูงสุดในบรรดาปัจจัยทั้งหมด แสดงให้เห็นว่าการให้คำแนะนำ การสนับสนุน และการแก้ไขปัญหาจากผู้พัฒนาระบบมีอิทธิพลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งานมากที่สุด นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยอิสระด้วยกัน พบว่า คุณภาพข้อมูล (SUM1) มีความสัมพันธ์ทางบวกกับ คุณภาพระบบ (SUM2) และ

คุณภาพการบริการ (SUM3) ในระดับสูง และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงให้เห็นว่าปัจจัยทั้งสามด้านมีความสัมพันธ์สอดคล้องกัน

วิจารณ์ผล

จากการศึกษาพบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการสวนผัก (Information System: IS) โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับกรอบแนวคิดแบบจำลองความสำเร็จของระบบสารสนเทศ (IS Success Model) ของ DeLone และ McLean (2003) ที่ระบุว่าความสำเร็จเกิดจากปฏิสัมพันธ์ของปัจจัยด้านคุณภาพ โดยเฉพาะ ด้านคุณภาพข้อมูล (Information Quality: IQ) ที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (4.75) สะท้อนว่าความถูกต้องของข้อมูลสต็อกและยอดจองมีอิทธิพลสำคัญต่อการยอมรับระบบ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุภาวดี แสงจันทร์ (2562) ที่พบว่าระบบที่มีข้อมูลชัดเจนจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการตัดสินใจได้ นอกจากนี้ยังพบว่า ด้านคุณภาพการบริการ (Service Quality: SerQ) มีความสัมพันธ์กับความพึงพอใจสูงที่สุด ($r = 0.918$) สนับสนุนแนวคิดของ Putra และ Retnowardhani (2024) ที่ว่าการสนับสนุนทางเทคนิคเป็นกุญแจสำคัญในการสร้างความเชื่อมั่น อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้มีข้อจำกัดที่เป็นการศึกษาเฉพาะกรณีสวนผักยายนี ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคตควรมีการศึกษาเปรียบเทียบเชิงเศรษฐศาสตร์ในระยะยาว และควรนำองค์ความรู้ด้านการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (User Interface) ที่เน้นความง่ายในการใช้งาน (System Quality: SQ) ไปประยุกต์ใช้ในชุมชนอื่นเพื่อลดความผิดพลาดจากการทำงานแบบดั้งเดิมตามแนวทางของสำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล (2565) ต่อไป

สรุปผล

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสำเร็จในการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการสวนผักกรณีศึกษาสวนผักยายนี ผลการวิจัยสรุปได้ว่าปัจจัยด้านคุณภาพทั้ง 3 ด้านตามกรอบแนวคิดแบบจำลองความสำเร็จของระบบสารสนเทศ (Information Systems Success Model) ได้แก่ คุณภาพข้อมูล คุณภาพระบบ และคุณภาพการบริการ เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความสำเร็จของระบบอย่างมีนัยสำคัญ โดยในภาพรวมผู้ใช้งานมีความพึงพอใจและมีทัศนคติเชิงบวกต่อการนำระบบไปใช้ในระดับมากที่สุด เนื่องจากระบบสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้ดี ช่วยลดความซับซ้อนในการจัดการข้อมูล และเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการสวนผักอินทรีย์ได้อย่างเป็นรูปธรรม ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าระบบสารสนเทศที่มีความเสถียร ใช้งานง่าย และให้ข้อมูลที่ถูกต้องแม่นยำ เป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยยกระดับการทำงานจากระบบดั้งเดิมสู่ระบบดิจิทัล ซึ่งไม่เพียงแต่ช่วยลดความผิดพลาดในการจดบันทึกข้อมูล แต่ยังสร้างความมั่นใจให้กับเกษตรกรในการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้เพื่อการวางแผนการผลิตและการขายได้อย่างยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่องระบบบริหารจัดการสวนผัก กรณีศึกษาสวนผักยายนี สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความกรุณาและได้รับการสนับสนุนจากคณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ขอขอบพระคุณอาจารย์ชนาภา เบสท์ ที่ปรึกษาโครงงาน ที่ได้ให้คำแนะนำ คำปรึกษา และข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ตลอดระยะเวลาการดำเนินการวิจัย ทำให้งานวิจัยฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นขอขอบพระคุณเจ้าของสวนผักยายนี และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูลและอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยให้การวิจัยและการพัฒนาระบบเป็นไปอย่างเรียบร้อย สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณครอบครัว เพื่อน และทุกท่านที่ให้กำลังใจและการสนับสนุนมาโดยตลอด ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้และเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการเกษตรต่อไป

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล. 2565. แนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในภาคการเกษตร**.** กรุงเทพมหานคร: สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล.กรุงเทพมหานคร.

สุภาวดี แสงจันทร์. 2562. การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการทางการเกษตร. วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ, 15(2): 45–56. กรุงเทพมหานคร.

DeLone, W. H., & McLean, E. R. 2003. The DeLone and McLean model of information systems success: A ten-year update. Journal of Management Information Systems, 19(4): 9–30.

Laudon, K. C., & Laudon, J. P. 2020. Management Information Systems: Managing the Digital Firm (16th Ed.). Pearson Education.

Putra, N. P., & Retnowardhani, A. 2024. Unlocking User Satisfaction: A Delone & Mclean Is Success Model Approach To It Helpdesk Ticketing System Adoption. Journal of Applied Engineering and Technological Science (JAETS), 6(1): 610-625.

Patton, M. Q. (2024). Qualitative research & evaluation methods: Integrating theory and practice (5th Ed.). SAGE Publications.

O'Brien, J. A., & Marakas, G. M. 2019. Management Information Systems. McGraw-Hill Education.

IBM Corp. (2021). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 28.0. Armonk, NY: IBM Corp.

พฤติกรรมการสื่อสารผ่านช่องทางออนไลน์ของผู้ใช้งานบนอุปกรณ์พกพาในสังคมดิจิทัล

Online Communication Behavior of Mobile Device Users in the Digital Society

พัชราภา ทองเพ็ญ[1] ,นันทวัฒน์ นาชำ[1] ,ฐิติภัค บุญชูมา[1] ,วัชราพร ศิริโส[1] ,ดวงฤทัย เพ็ญสวัสดิ์[1] และ ชนาภา แบสท์[1]*

Phatcharapha Thongphen[1] ,Nantawat Nacham[1] ,Thitipak Boonchooma[1] ,Vatcharaporn Siriso[1] ,
Duangruethai Phensawat[1] and Chanapha Bast[1]*

[1]คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี, 64 ถ.ทหาร อ.เมือง จ.อุดรธานี, 41000

[1]Management Science, Udon Thani Rajabhat University, 64 Tahan Rd., Muang, UdonThani, 41000

*Corresponding author E-mail: chanapha.b@udru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการสื่อสารผ่านช่องทางออนไลน์ของผู้ใช้งานบนอุปกรณ์พกพาในสังคมดิจิทัล โดยอาศัยกรอบแนวคิดการยอมรับและการใช้เทคโนโลยี กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือประชาชนทั่วไปที่ใช้อุปกรณ์พกพาในการสื่อสารออนไลน์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยด้านความคาดหวังต่อประสิทธิภาพ ความง่ายในการใช้งาน อิทธิพลทางสังคม และเงื่อนไขที่เอื้ออำนวย ส่งผลต่อเจตนาทางพฤติกรรมในการสื่อสารออนไลน์ของผู้ใช้งานบนอุปกรณ์พกพาในระดับมากสื่อสังคมออนไลน์เพื่อการรับข่าวสารและแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ซึ่งพฤติกรรมดังกล่าวส่งผลให้รูปแบบการสื่อสารมีความรวดเร็ว เข้าถึงง่าย และเปลี่ยนแปลงตามเทคโนโลยี

คำสำคัญ: พฤติกรรมการสื่อสาร, ช่องทางออนไลน์, อุปกรณ์พกพา, สังคมดิจิทัล

Abstract

This research aimed to examine factors influencing the online communication behavior of mobile device users in a digital society, based on the Technology Acceptance and Use framework. The sample consisted of general users who use mobile devices for online communication. Data were collected using a questionnaire and analyzed using descriptive

statistics, including frequency, percentage, mean, and standard deviation. The results indicated that performance expectancy, ease of use, social influence, and facilitating conditions strongly affected users' behavioral intention to communicate online via mobile devices. In addition, users commonly utilized social media to receive news and exchange opinions, leading to communication that is faster, more accessible, and continuously shaped by technological changes.

Keywords: Communication Behavior, Online Channels, Mobile Devices, Digital Society

บทนำ

ในปัจจุบันพฤติกรรมการสื่อสารผ่านช่องทางออนไลน์บนอุปกรณ์พกพาในประเทศไทยมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากการเข้าถึงอินเทอร์เน็ตที่เพิ่มขึ้นและการใช้สมาร์ทโฟนที่เป็นส่วนหนึ่งของชีวิตประจำวันของผู้บริโภค โดยผลสำรวจจากสำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์ (ETDA) ระบุว่าในปี 2567 มีผู้ใช้งานอินเทอร์เน็ตสูงถึง 58.7 ล้านคน คิดเป็นร้อยละ 86.2 ของประชากรทั้งประเทศ และมีการใช้อุปกรณ์พกพาในการเข้าถึงอินเทอร์เน็ตสูงถึงร้อยละ 98.5 (สำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์, 2567) ของผู้ใช้งานทั้งหมด ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าการสื่อสารผ่านอุปกรณ์พกพาเป็นช่องทางหลักของผู้บริโภคในยุคดิจิทัล การสื่อสารผ่านช่องทางออนไลน์บนอุปกรณ์พกพาไม่ได้เป็นเพียงการติดต่อพูดคุยเท่านั้น แต่ยังเกี่ยวข้องกับการรับข่าวสาร การเรียนรู้ การทำงาน และการสร้างปฏิสัมพันธ์ทางสังคมในรูปแบบใหม่ อย่างไรก็ตาม พฤติกรรมการสื่อสารออนไลน์ของผู้ใช้งานอาจแตกต่างกันไปตามปัจจัยหลายด้าน เช่น ความคาดหวังต่อประสิทธิภาพของเทคโนโลยี ความง่ายในการใช้งาน อิทธิพลจากบุคคลรอบข้าง และเงื่อนไขที่เอื้ออำนวยต่อการใช้งาน ซึ่งปัจจัยเหล่านี้อาจส่งผลต่อเจตนาทางพฤติกรรมและการยอมรับการใช้เทคโนโลยีในการสื่อสาร จากการสำรวจข้อมูลของสำนักงานสถิติแห่งชาติ พบว่าประชาชนไทยส่วนใหญ่มีโทรศัพท์มือถือและใช้งานอินเทอร์เน็ตเคลื่อนที่ผ่านอุปกรณ์พกพา โดยประมาณร้อยละ 92.8 ของผู้ใช้โทรศัพท์มือถือ ระบุว่าใช้อินเทอร์เน็ตเคลื่อนที่ ซึ่งสะท้อนว่าการเข้าถึงและพฤติกรรมการสื่อสารออนไลน์ผ่านอุปกรณ์พกพาเป็นเรื่องที่แพร่หลายอย่างสูงในปัจจุบัน (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2566)

นอกจากนี้ ผู้ใช้งานจำนวนมากนิยมใช้สื่อสังคมออนไลน์เพื่อรับข่าวสารและแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ทำให้ “พฤติกรรมการสื่อสาร” ไม่ได้จำกัดอยู่เพียงการพูดคุย แต่ครอบคลุมถึงการเรียนรู้ การทำงาน การสร้างปฏิสัมพันธ์ทางสังคม และการแสดงออกทางความคิดเห็นในพื้นที่ออนไลน์ ซึ่งส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้ช่องทางหรือรูปแบบการสื่อสารที่แตกต่างกันไปในแต่ละบุคคล อย่างไรก็ตาม พฤติกรรมการสื่อสารผ่านช่องทางออนไลน์ของผู้ใช้งานบนอุปกรณ์พกพามักได้รับอิทธิพลจากหลายปัจจัย เช่น ความคาดหวังต่อประสิทธิภาพ ความง่ายในการใช้งาน อิทธิพลทางสังคม และเงื่อนไขที่เอื้ออำนวย ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีความสัมพันธ์กับ “เจตนาทางพฤติกรรม” ที่จะสื่อสารผ่านช่องทางออนไลน์อย่างต่อเนื่อง (สุภาพร อินทร์แก้ว, 2563)

ดังนั้น การวิจัยเรื่อง “พฤติกรรมการสื่อสารผ่านช่องทางออนไลน์ของผู้ใช้งานบนอุปกรณ์พกพาในสังคมดิจิทัล” จึงมีความสำคัญเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมและเจตนาทางพฤติกรรมในการสื่อสารออนไลน์ โดย

อาศัยกรอบแนวคิดการยอมรับและการใช้เทคโนโลยี เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบหรือช่องทางการสื่อสารออนไลน์ให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งาน รวมถึงเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานและผู้ที่เกี่ยวข้องในการวางแผนการสื่อสารและการพัฒนานโยบายด้านดิจิทัลในอนาคต

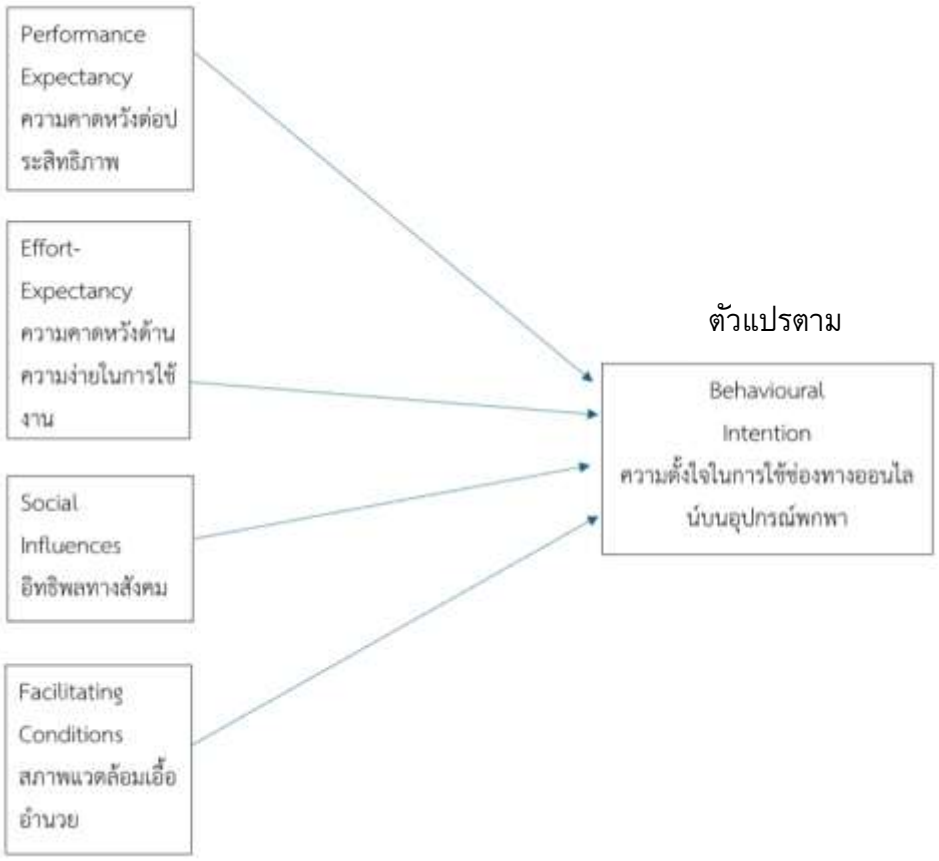
วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมผู้ใช้งานอุปกรณ์พกพาเพื่อการสื่อสารในยุคดิจิทัล โดยพิจารณา รูปแบบและลักษณะการสื่อสารผ่านช่องทางออนไลน์
2. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมและเจตนาทางพฤติกรรมในการสื่อสารออนไลน์ โดยอาศัยกรอบแนวคิดการยอมรับและการใช้เทคโนโลยี

กรอบแนวคิด

งานวิจัยเรื่อง พฤติกรรมการสื่อสารผ่านช่องทางออนไลน์ของผู้ใช้งานบนอุปกรณ์พกพาในสังคมดิจิทัล ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎี แนวคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยอาศัยกรอบแนวคิดการยอมรับและการใช้เทคโนโลยี (Technology Acceptance and Use Framework: UTAUT) สามารถสรุปเป็นกรอบแนวคิดการวิจัยได้ โดยกำหนด ตัวแปรอิสระ (Independent Variables) ได้แก่ ความคาดหวังต่อประสิทธิภาพ (Performance Expectancy) ความคาดหวังด้านความง่ายในการใช้งาน (Effort Expectancy) อิทธิพลทางสังคม (Social Influences) และเงื่อนไขที่เอื้ออำนวย (Facilitating Conditions) ซึ่งส่งผลต่อ ตัวแปรตาม (Dependent Variable) ได้แก่ ความตั้งใจในการใช้ช่องทางออนไลน์บนอุปกรณ์พกพา (Behavioural Intention)

ตัวแปรอิสระ



วิธีการดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ ประชาชนทั่วไปที่ใช้อุปกรณ์พกพาในการสื่อสารผ่านช่องทางออนไลน์ กลุ่มตัวอย่าง คือ ประชาชนทั่วไปใช้อุปกรณ์พกพาในการสื่อสารออนไลน์ คัดเลือกด้วยวิธีการสุ่มแบบสะดวก (Convenience Sampling) (ธานินทร์ ศิลป์จารุ, 2566) โดยกลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้ที่มีประสบการณ์หรือมีความตั้งใจใช้อุปกรณ์พกพาในการสื่อสารผ่านช่องทางออนไลน์ จำนวน 160 คน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้ แบบสอบถามออนไลน์ ผ่านระบบ Google Forms จากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้ใช้งานอุปกรณ์พกพาในการสื่อสารผ่านช่องทางออนไลน์ โดยผู้วิจัยเผยแพร่ลิงก์แบบสอบถามผ่านช่องทางออนไลน์ต่าง ๆ และชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย รวมถึงเงื่อนไขการตอบแบบสอบถามให้ผู้ตอบรับทราบก่อนเริ่มตอบแบบสอบถาม จากนั้นจึงรวบรวมข้อมูลคำตอบที่ได้ ตรวจสอบความครบถ้วนของข้อมูล และนำข้อมูลไปจัดทำเป็นชุดข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้ออกแบบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบสอบถาม (Questionnaire) ในการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้ผ่านการประเมินจากผ้เชี่ยวชาญ (Expert judgment) ไม่น้อย

กว่า 3 คนเพื่อหาค่า Index Iten of Objective Congruence (IOC) โดยผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ เท่ากับ 0.71 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 0.5 (ธานินทร์ ศิลป์จารุ, 2566) แสดงว่า แบบสอบถามนี้มีเนื้อหาที่มีความเที่ยงตรง (Validity) และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์งานวิจัย นอกจากนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ความเชื่อมั่น(Reliability) โดยวิธี (Cronbach's Alpha) เท่ากับ 0.97 (Cronbach, 1951) ซึ่งมากกว่า 0.70 แสดงว่าแบบสอบถามว่าแบบสอบถามนี้มีความเชื่อมั่นในระดับสูงมาก จากคำถามทั้งหมด 57 ข้อคำถาม (Nunber fo Items)

สถิติที่ใช้ในงานวิจัย

ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (Statistical Package for the Social Sciences for Windows: SPSS) (IBM, 2021) ในการวิเคาระห์ข้อมูลพฤติกรรมการสื่อสารผ่านช่องทางออนไลน์ของผู้ใช้งานบนอุปกรณ์พกพาในสังคมดิจิทัลโดยใช้ สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ได้แก่ ความถี่ (Frequency) ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ใช้การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Linear Regression Analysis) เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจในการใช้ช่องทางออนไลน์บนอุปกรณ์พกพา(Behavioural Intention)

ผลการวิจัย

ผลการวิเคาระห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (Statistical Package for the Social Sciences for Windows: SPSS) ผู้วิจัยได้ใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ได้แก่ ความถี่ (Frequency) ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ด้านประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถาม แสดงได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

รายการ		คามถี่ (Frequency)	ร้อยละ (Percentage)
เพศ			
	ชาย	66	41.30
	หญิง	72	45
	ไม่ประสงค์ระบุเพศ	22	13.80
อายุ			
	18-23 ปี	96	60
	24-29 ปี	28	17.50
	30-35 ปี	7	4.40
	36-41 ปี	8	5
	42-47 ปี	6	3.80
	48-53 ปี	6	3.80
	54 ปีขึ้นไป	2	1.30

รายการ	คามถี่ (Frequency)	ร้อยละ (Percentage)
ต่ำกว่า 18 ปี	7	4.40
ระดับการศึกษา		
ต่ำกว่าปริญญาตรี	80	50
ปริญญาตรี	75	46.90
สูงกว่าปริญญาตรี	5	3.10
อาชีพ		
เกษตรกร	2	1.30
ข้าราชการ	10	6.30
ค้าขาย	16	10
นักเรียน/นักศึกษา	72	45
ประกอบธุรกิจส่วนบุคคล	8	5
พนักงาน/เจ้าหน้าที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น	4	2.50
พนักงานบริษัท	35	21.90
ลูกจ้างชั่วคราว/ลูกจ้างประจำ	13	8.10
ปัจจุบันคุณใช้อุปกรณ์พกพายี่ห้อหรือประเภทใด		
Rime	1	0.60
ซัมซุง	23	14.40
เรียวมี	1	0.60
วีโว้	13	8.10
ออปโป้	14	8.80
ไอโฟน	108	67.50
คุณใช้ฟังก์ชั่นการส่งข้อความด้วยเสียงหรือไม่		
เคย	150	93.80
ไม่เคย	10	6.30
หากเคยใช้ คุณเคยใช้ผ่านอุปกรณ์พกพาชนิดใด		
โทรศัพท์	156	97.50
ไอแพต	4	2.50

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 72 คน คิดเป็นร้อยละ 45.00 รองลงมาเป็นเพศชาย จำนวน 66 คน คิดเป็นร้อยละ 41.30 และไม่ประสงค์ระบุเพศ จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 13.80 โดยผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุ 18–23 ปี จำนวน 96 คน คิดเป็นร้อยละ 60.00 รองลงมาเป็นช่วงอายุ 24–29 ปี จำนวน 28 คน คิดเป็นร้อยละ 17.50 ด้านระดับการศึกษา พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีระดับการศึกษาต่ำกว่าปริญญาตรี จำนวน 80 คน คิดเป็นร้อยละ 50.00 รองลงมาเป็นระดับปริญญาตรี จำนวน 75 คน คิดเป็นร้อยละ 46.90 และระดับสูงกว่าปริญญาตรี จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ

3.10 ส่วนด้านอาชีพ พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นนักเรียน/นักศึกษา จำนวน 72 คน คิดเป็นร้อยละ 45.00 รองลงมาเป็นพนักงานบริษัท จำนวน 35 คน คิดเป็นร้อยละ 21.90 สำหรับอุปกรณ์พกพาที่ใช้งาน พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่นิยมใช้งานโทรศัพท์มือถือยี่ห้อไอโฟน จำนวน 108 คน คิดเป็นร้อยละ 67.50 และผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เคยใช้ฟังก์ชันการส่งข้อความด้วยเสียง คิดเป็นร้อยละ 93.80 โดยนิยมใช้งานผ่านโทรศัพท์มือถือมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 97.50

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นในการรับรู้ การสนทนาของผู้ใช้งานผ่านอุปกรณ์พกพา

รายการ	$\bar{x}$	S.D	การแปลผล
1. Performance Expectancy (ความคาดหวังต่อประสิทธิภาพ)			
1.1 คุณเชื่อว่าการพิมพ์ข้อความช่วยให้คุณสื่อสารได้อย่างมีประสิทธิภาพและเข้าใจตรงกัน	4.48	0.68	มาก
1.2 คุณคาดว่าการส่งข้อความเสียงจะช่วยให้คุณสื่อสารได้รวดเร็วและมีประสิทธิผลมากขึ้น	4.40	0.76	มาก
1.3 คุณคาดหวังว่าการใช้ AI พิมพ์ข้อความแทนจะช่วยให้การสื่อสารของคุณสะดวกและมีประสิทธิภาพมากขึ้น	4.28	0.83	มาก
1.4 คุณเชื่อว่าวิธีสื่อสารที่คุณเลือกใช้ (พิมพ์/เสียง/AI) ช่วยให้ข้อมูลที่ส่งออกมาครบถ้วนและชัดเจน	4.26	0.83	มาก
1.5 คุณคาดว่าการใช้วิธีสื่อสารที่เหมาะสมจะช่วยลดเวลาในการสื่อสารและเพิ่มผลลัพธ์ของงาน	4.41	0.76	มาก
1.6 คุณเชื่อว่าการส่งข้อความในรูปแบบที่เลือกช่วยให้การสื่อสารของคุณถูกต้องและแม่นยำยิ่งขึ้น	4.34	0.73	มาก
1.7 คุณคาดหวังว่าการเลือกวิธีสื่อสารที่เหมาะสมจะทำให้การสื่อสารบรรลุวัตถุประสงค์ได้ง่ายขึ้น	4.43	0.76	มาก
1.8 คุณเชื่อว่าการใช้ข้อความเสียงหรือ AI จะช่วยลดความยุ่งยากในการอธิบายเรื่องที่ซับซ้อน	4.30	0.85	มาก
1.9 คุณคาดว่าการใช้วิธีสื่อสารในปัจจุบันช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนหรือการทำงานของคุณ	4.39	0.72	มาก
1.10 คุณเชื่อว่าวิธีการสื่อสารที่คุณใช้ทำให้คุณสามารถสื่อสารกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดผลลัพธ์ที่ดี	4.34	0.78	มาก
2. Effort Expectancy (ความคาดหวังเกี่ยวกับความง่ายในการใช้งาน)			

รายการ	$\bar{x}$	S.D	การแปลผล
2.1 คุณรู้สึกว่าการพิมพ์ข้อความผ่านอุปกรณ์พกพาเป็นเรื่องที่ทำได้ง่าย	4.52	0.66	มากที่สุด
2.2 คุณสามารถส่งข้อความเสียงบนอุปกรณ์พกพาได้โดยไม่ต้องเรียนรู้เพิ่มเติมมากนัก	4.39	0.72	มาก
2.3 การใช้แอปพลิเคชันสื่อสารออนไลน์บนอุปกรณ์พกพาไม่ซับซ้อนสำหรับคุณ	4.38	0.73	มาก
2.4 คุณสามารถเรียนรู้ฟังก์ชันใหม่ๆ บนแอปสื่อสารออนไลน์ได้อย่างรวดเร็ว	4.41	0.70	มาก
2.5 ส่วนการออกแบบหน้าจอของแอปสื่อสารออนไลน์ใช้งานง่ายและไม่ทำให้สับสน	4.46	0.68	มาก
2.6 คุณสามารถใช้ฟังก์ชันต่างๆ เช่น พิมพ์ ข้อความเสียง หรือสติ๊กเกอร์ ได้อย่างคล่องแคล่ว	4.48	0.67	มาก
2.7 การใช้ AI ช่วยพิมพ์ข้อความทำได้ง่าย ไม่ยุ่งยากสำหรับคุณ	4.45	0.66	มาก
2.8 คุณไม่ค่อยพบปัญหาในการใช้อุปกรณ์พกพาเพื่อการสื่อสารออนไลน์	4.43	0.74	มาก
2.9 คุณรู้สึกว่าการค้นหาฟังก์ชันที่ต้องการในแอปสื่อสารเป็นเรื่องง่าย	4.41	0.69	มาก
2.10 โดยรวมแล้วคุณคิดว่าการสื่อสารผ่านช่องทางออนไลน์บนอุปกรณ์พกพาเป็นเรื่องที่ใช้งานง่ายสำหรับคุณ	4.48	0.71	มาก
3. Social Influences (อิทธิพลทางสังคม)			
3.1 คนรอบข้างของคุณ (เพื่อน ครอบครัว เพื่อนร่วมงาน) คิดว่าคุณควรใช้การสื่อสารออนไลน์ผ่านอุปกรณ์พกพา	4.56	0.69	มากที่สุด
3.2 คนใกล้ชิดสนับสนุนให้คุณใช้ข้อความเสียงเพื่อการสื่อสารบนอุปกรณ์พกพา	4.43	0.69	มาก
3.3 การที่คนรอบตัวใช้ AI ช่วยพิมพ์ข้อความ มีผลทำให้คุณมีแนวโน้มใช้ตาม	4.34	0.79	มาก
3.4 คุณมักปรับวิธีสื่อสารออนไลน์ของตัวเองให้สอดคล้องกับเพื่อนหรือคนรอบข้าง	4.41	0.72	มาก
3.5 ความคิดเห็นของเพื่อนหรือครอบครัวมีอิทธิพลต่อการเลือกใช้ฟังก์ชันการพิมพ์ข้อความในแอป	4.38	0.79	มาก
3.6 ผู้ร่วมงานหรือกลุ่มเพื่อนของคุณมักใช้แอปพลิเคชันสื่อสารออนไลน์ ทำให้คุณอยากใช้ตาม	4.38	0.77	มาก
3.7 การเห็นคนอื่นใช้ฟังก์ชันใหม่ เช่น AI ช่วยพิมพ์ ทำให้คุณรู้สึกอยากลองใช้	4.36	0.73	มาก
3.8 สังคมรอบตัวมีบทบาทสำคัญต่อการตัดสินใจเลือกช่องทางสื่อสารออนไลน์	4.38	0.69	มาก
3.9 คุณมักใช้ฟังก์ชันหรือวิธีสื่อสารที่คนรอบข้างนิยมใช้	4.43	0.70	มาก
3.10 แรงกดดันหรือคำแนะนำจากสังคมรอบตัวส่งผลต่อพฤติกรรมการสื่อสารของคุณบนอุปกรณ์พกพา	4.32	0.79	มาก
3.11 สภาพแวดล้อมรอบตัว เช่น ครอบครัว เพื่อน หรือที่ทำงานเอื้อต่อการใช้แอปสื่อสารออนไลน์	4.37	0.76	มาก
4. Facilitating Conditions (เงื่อนไขที่เอื้ออำนวย)			
4.1 คุณมีอุปกรณ์พกพาที่สามารถใช้งานแอปสื่อสารออนไลน์ได้อย่างเหมาะสม	4.49	0.70	มาก
4.2 คุณมีการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตที่เพียงพอสำหรับการสื่อสารออนไลน์ผ่านอุปกรณ์พกพา	4.34	0.75	มาก

รายการ	$\bar{x}$	S.D	การแปลผล
4.3 คุณสามารถเข้าถึงแอปพลิเคชันสื่อสารออนไลน์ได้ทุกเวลาที่ต้องการ	4.44	0.66	มาก
4.4 คุณมีความรู้และทักษะที่เพียงพอในการใช้งานฟังก์ชันต่าง ๆ ของแอปสื่อสารออนไลน์	4.39	0.73	มาก
4.5 คุณสามารถแก้ไขปัญหาหรือหาวิธีใช้งานแอปสื่อสารออนไลน์ได้ง่ายเมื่อเกิดข้อผิดพลาด	4.39	0.69	มาก
4.6 คุณได้รับการสนับสนุนทางเทคนิคเมื่อพบปัญหาในการใช้งานอุปกรณ์พกพา	4.37	0.75	มาก
4.7 อุปกรณ์และแอปพลิเคชันที่ใช้งานมีความเสถียรและตอบสนองต่อการสื่อสารออนไลน์ได้ดี	4.39	0.66	มาก
4.8 คุณมีแหล่งข้อมูลหรือคู่มือช่วยเหลือในการเรียนรู้การใช้แอปพลิเคชันสื่อสารออนไลน์	4.41	0.71	มาก
4.9 โดยรวมแล้ว คุณรู้สึกว่ามีสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรที่เอื้อต่อการใช้อุปกรณ์พกพาเพื่อสื่อสารออนไลน์	4.44	0.72	มาก
5. Behavioural Intention เจตนาทางพฤติกรรม			
5.1 คุณตั้งใจที่จะใช้ช่องทางสื่อสารออนไลน์บนอุปกรณ์พกพาอย่างสม่ำเสมอในอนาคต	4.49	0.68	มาก
5.2 คุณมีแนวโน้มที่จะใช้ข้อความเสียงแทนการพิมพ์ข้อความในบางสถานการณ์	4.34	0.75	มาก
5.3 คุณตั้งใจที่จะใช้ AI ช่วยพิมพ์ข้อความเมื่อจำเป็น	4.39	0.69	มาก
5.4 คุณวางแผนที่จะเรียนรู้ฟังก์ชันใหม่ ๆ ของแอปสื่อสารออนไลน์อย่างต่อเนื่อง	4.44	0.69	มาก
5.5 คุณตั้งใจที่จะใช้ช่องทางออนไลน์บนอุปกรณ์พกพาเพื่อการติดต่อกับเพื่อน ครอบครัว หรือเพื่อนร่วมงาน	4.37	0.71	มาก
5.6 คุณตั้งใจที่จะใช้ฟังก์ชันที่ช่วยให้การสื่อสารสะดวกและรวดเร็วมากขึ้นในอนาคต	4.42	0.69	มาก
5.7 คุณมีแนวโน้มที่จะเลือกใช้ช่องทางออนไลน์บนอุปกรณ์พกพาเป็นวิธีหลักในการสื่อสาร	4.41	0.70	มาก
5.8 คุณตั้งใจที่จะปรับพฤติกรรมการสื่อสารของตัวเองตามเทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่อำนวยความสะดวก	4.41	0.68	มาก
5.9 คุณวางแผนที่จะใช้แอปสื่อสารออนไลน์บนอุปกรณ์พกพาในชีวิตประจำวันอย่างต่อเนื่อง	4.48	0.68	มาก
5.10 คุณตั้งใจที่จะส่งข้อความผ่านช่องทางออนไลน์อย่างสม่ำเสมอแทนการใช้วิธีสื่อสารแบบเดิม	4.45	0.67	มาก

จากตารางที่ 2 พฤติกรรมการสื่อสารผ่านช่องทางออนไลน์ของผู้ใช้งานบนอุปกรณ์พกพา พบว่า โดยภาพรวมผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นอยู่ในระดับ มากถึงมากที่สุด ในทุกด้าน สะท้อนให้เห็นว่าผู้ใช้งานมีทัศนคติเชิงบวกต่อการใช้ช่องทางออนไลน์เพื่อการสื่อสารในสังคมดิจิทัล ด้านความคาดหวังต่อประสิทธิภาพ (Performance Expectancy) พบว่า ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นอยู่ในระดับมากทุกรายการ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง

4.26–4.48 แสดงให้เห็นว่าผู้ตอบแบบสอบถามเชื่อว่าการสื่อสารผ่านการพิมพ์ข้อความ ข้อความเสียง และการใช้ AI ช่วยพิมพ์ข้อความ สามารถช่วยให้การสื่อสารมีความชัดเจน ถูกต้อง ลดเวลาในการสื่อสาร และเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนและการทำงานได้อย่างมีประสิทธิผล ด้านความคาดหวังเกี่ยวกับความง่ายในการใช้งาน (Effort Expectancy) พบว่า ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นโดยรวมอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.38–4.52 แสดงให้เห็นว่าผู้ตอบแบบสอบถามรับรู้ว่าการใช้งานแอปพลิเคชันสื่อสารออนไลน์บนอุปกรณ์พกพาเป็นเรื่องง่าย ไม่ซับซ้อน สามารถเรียนรู้ฟังก์ชันต่าง ๆ รวมถึงการใช้ AI ช่วยพิมพ์ข้อความได้อย่างรวดเร็วและสะดวก ด้านอิทธิพลทางสังคม (Social Influences) พบว่า ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.32–4.56 สะท้อนให้เห็นว่าคนรอบข้าง เช่น ครอบครัว เพื่อน และเพื่อนร่วมงาน มีอิทธิพลต่อการเลือกใช้ช่องทางและรูปแบบการสื่อสารออนไลน์ของผู้ใช้งาน โดยเฉพาะการเห็นผู้อื่นใช้ฟังก์ชันใหม่ ๆ เช่น ข้อความเสียงหรือ AI ช่วยพิมพ์ ส่งผลให้เกิดการปรับพฤติกรรมการสื่อสารตามสังคมรอบตัว

ด้านเงื่อนไขที่เอื้ออำนวย (Facilitating Conditions) พบว่า ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นอยู่ในระดับมากทุกรายการ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.34–4.49 แสดงให้เห็นว่าผู้ตอบแบบสอบถามมีความพร้อมด้านอุปกรณ์ การเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต ความรู้ ทักษะ และการสนับสนุนทางเทคนิค ซึ่งเอื้อต่อการใช้งานแอปพลิเคชันสื่อสารออนไลน์บนอุปกรณ์พกพาได้อย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพ ด้านเจตนาทางพฤติกรรม (Behavioural Intention) พบว่า ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นอยู่ในระดับมากทุกรายการ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.34–4.49 สะท้อนให้เห็นว่าผู้ตอบแบบสอบถามมีความตั้งใจที่จะใช้ช่องทางสื่อสารออนไลน์บนอุปกรณ์พกพาอย่างต่อเนื่องในอนาคต รวมถึงมีแนวโน้มที่จะปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการสื่อสารให้สอดคล้องกับเทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่ช่วยอำนวยความสะดวกและเพิ่มประสิทธิภาพในการสื่อ

ตารางที่ 3 แสดงอิทธิพลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ ของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจในการใช้ช่องทางออนไลน์บนอุปกรณ์พกพา(Behavioural Intention)

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	.873[a]	.762	.756	2.75713	.762	124.094	4	155	.000

a. Predictors: (Constant), 4. Facilitating Conditions (เงื่อนไขที่เอื้ออำนวย), 1. Performance Expectancy (ความคาดหวังต่อประสิทธิภาพ), 3. Social Influences (อิทธิพลทางสังคม), 2. Effort Expectancy (ความคาดหวังเกี่ยวกับความง่ายในการใช้งาน)

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	3773.330	4	943.333	124.094	.000[b]
	Residual	178.270	155	7.602		
	Total	4951.600	159			

a. Dependent Variable: 5. Behavioural Intention เจตนาทางพฤติกรรม

b. Predictors: (Constant), 4. Facilitating Conditions (เงื่อนไขที่เอื้ออำนวย), 1. Performance Expectancy (ความคาดหวังต่อประสิทธิภาพ), 3. Social Influences (อิทธิพลทางสังคม), 2. Effort Expectancy (ความคาดหวังเกี่ยวกับความง่ายในการใช้งาน)

จากตารางที่ 3 พบว่าความแปรปันจากสมการพยากรณ์ Regression พบว่า ค่า Sum of Squares มีค่าสูงถึง 3773.330 เมื่อเทียบกับ Residual แสดงว่าตัวแปรอิสระที่เลือกมานั้น มีอิทธิพลต่อตัวแปรตามค่อนข้างมาก df (Degrees of Freedom) ในช่อง Regression เท่ากับ 4 หมายถึงมีตัวแปรต้น (Predictors) ทั้งหมด 4 ตัวแปร ในช่อง Total เท่ากับ 159 หมายถึงกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดคือ $n - 1$ หมายความว่ามีคนตอบแบบสอบถาม 160 คน ค่า F เท่ากับ 124.094 เป็นค่าสถิติทดสอบ ยิ่งมีค่าสูง ยิ่งแสดงว่ากลุ่มตัวแปรต้นมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามอย่างมีประสิทธิภาพ ค่า Sig เท่ากับ .000 หมายความว่ามีความเชื่อมั่นทางสถิติสูงมาก เพราะค่า Sig .000<0.05

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลการวิจัยพบว่า พฤติกรรมการสื่อสารออนไลน์ผ่านอุปกรณ์พกพาอยู่ในระดับมาก เนื่องจากผู้ใช้งานมองว่ามีความสะดวก รวดเร็ว และใช้งานง่าย ซึ่งผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับแนวคิดการยอมรับและการใช้เทคโนโลยี (UTAUT) ของ สุภาพร อินทร์แก้ว (2563) ที่ระบุว่าหากเทคโนโลยีตอบโจทย์การใช้งาน มีความง่าย และได้รับการสนับสนุนจากสังคม ผู้ใช้จะมีแนวโน้มยอมรับเทคโนโลยีนั้นอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ (กัญญารัตน์ ศรีสุข 2562) ในด้านพฤติกรรมผู้ใช้ในยุคดิจิทัลที่ศึกษาปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีผ่านโทรศัพท์มือถือ ซึ่งยืนยันว่าความพร้อมของอุปกรณ์และอิทธิพลทางสังคมมีส่วนสำคัญต่อการตัดสินใจใช้งาน

สรุปผลการวิจัย

พฤติกรรมผู้ใช้งานอุปกรณ์พกพาเพื่อการสื่อสารในยุคดิจิทัล โดยพิจารณา รูปแบบและลักษณะการสื่อสารผ่านช่องทางออนไลน์ การวิจัยเรื่อง พฤติกรรมการสื่อสารผ่านช่องทางออนไลน์ของผู้ใช้งานบนอุปกรณ์พกพาในสังคมดิจิทัล มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการสื่อสารออนไลน์ของผู้ใช้งาน โดยใช้กรอบแนวคิดการยอมรับและการใช้เทคโนโลยี (Technology Acceptance and Use Framework) เป็นแนวทางในการวิเคราะห์ ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือประชาชนทั่วไปที่ใช้อุปกรณ์พกพาในการสื่อสารออนไลน์ จำนวน 160 คน เครื่องมือที่ใช้คือแบบสอบถามออนไลน์ ซึ่งผ่านการตรวจสอบความเชื่อมั่นของเครื่องมือด้วยวิธี

Cronbach's Alpha ได้ค่าเท่ากับ 0.965 แสดงถึงความเชื่อมั่นในระดับสูงมาก ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง กลุ่มอายุระหว่าง 18–25 ปี ระดับการศึกษาปริญญาตรี และส่วนใหญ่เป็นนักศึกษา โดยใช้อุปกรณ์สื่อสารประเภทสมาร์ทโฟนในการสื่อสารออนไลน์เป็นหลัก ผ่านแอปพลิเคชันที่ได้รับความนิยม เช่น LINE, Facebook Messenger และ Instagram โดยมีพฤติกรรมการสื่อสารผ่านช่องทางออนไลน์เพื่อการสื่อสารกับเพื่อนและครอบครัว รองลงมาคือการรับข่าวสาร การติดต่อเพื่อการเรียนรู้ และการทำงาน การสื่อสารออนไลน์ช่วยให้เกิดความสะดวก รวดเร็ว และเข้าถึงข้อมูลได้ง่ายในทุกที่ทุกเวลา

ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการสื่อสารออนไลน์ โดยภาพรวมมีความคิดเห็นต่อปัจจัยต่าง ๆ อยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านความคาดหวังต่อประสิทธิภาพ (Performance Expectancy) มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด แสดงว่าผู้ใช้เชื่อว่าการสื่อสารออนไลน์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานและชีวิตประจำวัน

ด้านความง่ายในการใช้งาน (Effort Expectancy) อยู่ในระดับมากเช่นกัน สะท้อนว่าผู้ใช้มองว่าการใช้อุปกรณ์พกพาและแอปพลิเคชันต่าง ๆ ไม่ซับซ้อน ด้านอิทธิพลทางสังคม (Social Influence) อยู่ในระดับมาก ผู้ใช้ได้รับอิทธิพลจากเพื่อน ครอบครัว และสังคมออนไลน์ ด้านเงื่อนไขที่เอื้ออำนวย (Facilitating Conditions) อยู่ในระดับมาก แสดงว่าผู้ใช้มีทรัพยากรและความพร้อมด้านเทคโนโลยีที่เพียงพอ ด้านพฤติกรรมการใช้จริง (Behavioral Intention / Usage Behavior) อยู่ในระดับมาก สะท้อนว่าผู้ใช้มีความตั้งใจที่จะสื่อสารออนไลน์อย่างต่อเนื่องในอนาคต

ผู้ใช้งานบนอุปกรณ์พกพาในสังคมดิจิทัลมีพฤติกรรมการสื่อสารออนไลน์อยู่ในระดับมาก โดยเฉพาะการใช้แอปพลิเคชันที่สะดวกและรวดเร็ว และการปรับตัวตามเทคโนโลยี ซึ่งสอดคล้องกับแนวโน้มสังคมปัจจุบันที่พึ่งพาการสื่อสารผ่านระบบดิจิทัลอย่างมาก

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องนี้ได้รับความกรุณาและการสนับสนุนจากคณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี วิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ผู้สอน ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ตลอดระยะเวลาการดำเนินการวิจัย รวมถึงขอขอบคุณผู้ตอบแบบสอบถามทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูล ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้งานวิจัยฉบับนี้สามารถดำเนินการและบรรลุวัตถุประสงค์ได้ตามที่กำหนดไว้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

กัญญารัตน์ ศรีสุข. 2562. พฤติกรรมการใช้สื่อออนไลน์ของนักศึกษาในยุคดิจิทัล. *วารสารการสื่อสารและการจัดการ*. กรุงเทพมหานครฯ.

ถวิล ตู้มาดา. 2562. *ระเบียบวิธีวิจัยทางสังคมศาสตร์*. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานครฯ.

ธานินทร์ ศิลป์จารุ. 2566. *การวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS*. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานครฯ.

สุภาพร อินทร์แก้ว. 2563. ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีการสื่อสารผ่านโทรศัพท์มือถือ.

สำนักพิมพ์ *วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. กรุงเทพมหานครฯ.

สำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์. 2567. *รายงานดัชนีพฤติกรรมการใช้อินเทอร์เน็ตของคนไทย ปี 2567 (Thailand Internet User Behavior Report 2024)*. สำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์ (ETDA). แหล่งข้อมูล: https://opendata.etda.or.th/group/internet-user-behavior สืบค้นเมื่อ 17 พฤษจิกายน 2568.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. 2566. *การสำรวจการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของครัวเรือน*. สำนักงานสถิติแห่งชาติ. แหล่งข้อมูล: https://www.nso.go.th/nsoweb/_detail/jJ?set_lang=th#gsc.tab=0 สืบค้นเมื่อ 17 พฤษจิกายน 2568.

Cronbach, L. J. 1951. Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16(3): 297–334.

IBM Corp. 2021. *IBM SPSS Statistics for Windows* (Version 28.0). Armonk, NY: IBM Corp.

การพัฒนาเว็บไซต์แจ้งซ่อมอัจฉริยะ กรณีศึกษา หลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

The Development of an lntelligent Repair Request Management Website: A Case Study of the lnformation Technology Program, Pibulsongkram Rajabhat University

หฤทัย แสงแก้วสุข [1*] อรพรรณ คำพุกกะ[2] ภาวินี อินทร์ทอง[3] และ ณัฐธยาน์ เฟื่องห้อย[4]

Haruthai Sangkeawsuk[1*] Oraphan Khampukka[2] Pavinee lnthong[3] and Nuttaya Fuanghoi[4]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก 65000

[1] Department of Information Technology, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok Province 65000

*Corresponding author E-mail: oraphan.kha67@psru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพของเว็บไซต์แจ้งซ่อมอัจฉริยะ สำหรับหลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม และเพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบที่พัฒนาขึ้น กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ อาจารย์และนักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 50 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย เว็บไซต์แจ้งซ่อมอัจฉริยะ แบบประเมินประสิทธิภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ และแบบสอบถามความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย $\bar{x}$ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ผลการวิจัยพบว่า เว็บไซต์แจ้งซ่อมอัจฉริยะที่พัฒนาขึ้นโดยใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ด ร่วมกับเน็กซ์เจเอส และเอสคิวแอล มีประสิทธิภาพโดยรวมอยู่ในระดับ มาก ($\bar{x}$ = 3.83, S.D. = 0.17) โดยมีจุดเด่นในด้านโครงสร้างการออกแบบที่เป็นระบบ และการตอบสนองที่รวดเร็ว ในส่วนของความพึงพอใจของผู้ใช้งาน พบว่า มีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.50, S.D. = 0.64) โดยผู้ใช้งานเห็นว่าระบบช่วยให้การจัดการงานซ่อมมีความเป็นระบบ และสามารถติดตามสถานะการแจ้งซ่อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ : ระบบแจ้งซ่อมอัจฉริยะ, คิวอาร์โค้ด, การจัดการครุภัณฑ์

Abstract

This research aimed to develop and evaluate the efficiency of an intelligent repair request management website for the Information Technology Program at Pibulsongkram Rajabhat University, and to study user satisfaction with the developed system. The sample group consisted of 50 instructors and students from the Information Technology Program. The research instruments included the intelligent repair request website, an efficiency evaluation form for experts, and a user satisfaction questionnaire. Data were analyzed using mean ($\bar{x}$) and standard deviation (S.D.). The research findings revealed that the developed website, which integrated QR Code technology with Next.js and SQL, demonstrated an overall efficiency at a high level ($\bar{x}$ = 3.83, S.D. = 0.17). Key strengths included its systematic design structure and rapid responsiveness. Regarding user satisfaction, the results indicated an overall satisfaction at the highest level ($\bar{x}$ = 4.50, S.D. = 0.64). Users perceived that the system significantly enhanced the systematic management of repair tasks and enabled efficient tracking of repair status.

Keywords : Intelligent Repair Request System, QR Code, Equipment Management

บทนำ

ปัจจุบัน เทคโนโลยีสารสนเทศได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการขับเคลื่อนสถาบันการศึกษา เพื่อก้าวเข้าสู่ยุคดิจิทัล การนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการบริหารจัดการภายในองค์กรจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ซึ่งถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มที่ 2 กลุ่มพัฒนาเทคโนโลยีและส่งเสริมการสร้างนวัตกรรม ดังนั้น แนวคิดเรื่องมหาวิทยาลัยอัจฉริยะ จึงถูกนำมาใช้เพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตและการทำงานของบุคลากรและนักศึกษา หลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาราชภัฏพิบูลสงคราม เป็นสาขาที่ดำเนินการจัดการเรียนการสอนให้แก่ อาจารย์และนักศึกษา โดยมีห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์จำนวน 2 ห้อง 80 เครื่อง สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศเป็นหลักสูตรที่ให้ความรู้และทักษะด้านเทคโนโลยีสารสนเทศอย่างรอบด้าน โดยมีการจัดการเรียนการสอนทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติผ่านห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ของสาขา ซึ่งประกอบด้วยห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ IT 402 และ IT 404

การบริหารจัดการงานซ่อมบำรุงอุปกรณ์ครุภัณฑ์คอมพิวเตอร์ภายในสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศเป็นกระบวนการสำคัญที่ช่วยให้การดำเนินงานของสาขาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และลดความผิดพลาดในการใช้งาน จากการศึกษาสภาพปัญหาและการดำเนินงาน พบว่า การดำเนินงานการแจ้งซ่อมยังคงใช้รูปแบบเดิม

นักศึกษายังคงเดินไปบอกเจ้าหน้าที่หรืออาจารย์ ส่งผลให้เกิดปัญหาความล่าช้า เจ้าหน้าที่เสียเวลาในการหาข้อมูลการแจ้งซ่อมรวบรวมแฟ้มเอกสารจำนวนมาก ทำให้การจัดการงานซ่อมขาดประสิทธิภาพ

ผู้วิจัย จึงได้จัดทำการพัฒนาเว็บไซต์แจ้งซ่อมอัจฉริยะ โดยนำเทคโนโลยีเว็บไซต์ ฐานข้อมูล และ QR Code มาใช้สำหรับการออกแบบระบบแจ้งซ่อม เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถแจ้งซ่อมได้อย่างสะดวกและเป็นระบบ ระบบสามารถบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ และรองรับการติดตามสถานะงานซ่อมแบบเรียลไทม์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ วินัย แสนยามูล และกฤติกา สังขวดี (2566) เรื่อง การพัฒนาเว็บเซอร์วิสระบบแจ้งซ่อมปรับปรุงหอพักวินัย ที่พบว่าการพัฒนาเว็บเซอร์วิสระบบแจ้งซ่อมพร้อมฐานข้อมูลช่วยให้ผู้ใช้ส่งคำร้องได้อย่างเป็นระบบและสะดวกยิ่งขึ้น นอกจากนี้งานวิจัยของวสุ สุริยะ (2567) เรื่อง การพัฒนาระบบการแจ้งซ่อมออนไลน์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ซึ่งได้นำเสนอระบบแจ้งซ่อมออนไลน์ร่วมกับการใช้ QR Code เพื่อเพิ่มความสะดวกในการแจ้งซ่อมผ่านอุปกรณ์มือถือ ระบบสามารถบันทึกข้อมูลได้ ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้พบว่าอยู่ในระดับมาก และสอดคล้องด้านความสะดวกในการใช้งาน แสดงให้เห็นว่าการใช้ระบบแจ้งซ่อมออนไลน์เป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพและสามารถประยุกต์ใช้ในสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศได้อย่างเหมาะสม

จากปัญหาที่กล่าวมา ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำระบบการพัฒนาเว็บไซต์แจ้งซ่อมอัจฉริยะมาช่วยบริหารจัดการงานซ่อม ใช้วิธีการแจ้งซ่อมผ่าน QR Code เพื่อเพิ่มความสะดวกในการแจ้งซ่อมและงานที่เป็นระบบ ได้ทำการสร้าง QR Code แล้วนำไปติดที่อุปกรณ์ครุภัณฑ์ให้ผู้ใช้สามารถสแกนเพื่อแจ้งซ่อม ดูประวัติการซ่อมได้ ช่วยลดความล่าช้าในการดำเนินการแจ้งซ่อมและลดความผิดพลาดในการบันทึกข้อมูล การพัฒนาระบบจะช่วยให้การจัดการงานซ่อมบำรุงมีประสิทธิภาพมากขึ้นและสามารถวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อวางแผนการบำรุงรักษาได้อย่างเป็นระบบ ส่งผลให้อุปกรณ์มีอายุการใช้งานยาวนานขึ้นและองค์กรสามารถบริหารจัดการทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ อาจารย์และนักศึกษาหลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จำนวน 247 คน

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ อาจารย์และนักศึกษาสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จำนวน 50 คนที่มาใช้บริการห้องปฏิบัติการ คอมพิวเตอร์ IT 402 และ IT 404

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

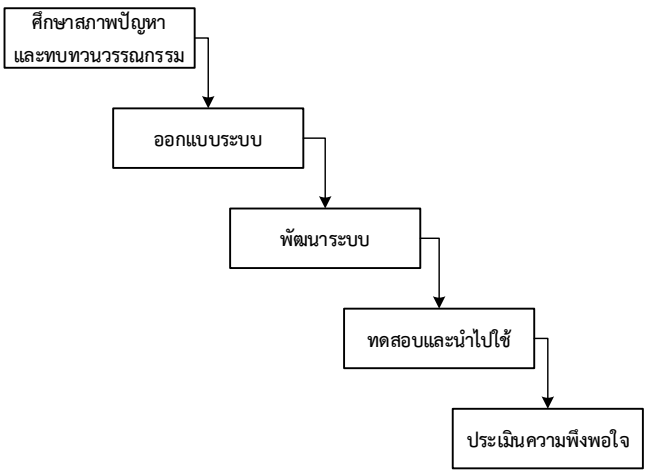
2.1 เว็บไซต์แจ้งซ่อมอัจฉริยะ กรณีศึกษา หลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

2.2 แบบประเมินประสิทธิภาพของ เว็บไซต์แจ้งซ่อมอัจฉริยะ กรณีศึกษา หลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

2.3 แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งาน เว็บไซต์แจ้งซ่อมอัจฉริยะ กรณีศึกษา หลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

3. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเว็บไซต์แจ้งซ่อมอัจฉริยะ กรณีศึกษา หลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ผู้วิจัยใช้ทฤษฎีวงจรการพัฒนาระบบรูปแบบโมเดลน้ำตก โดยมีขั้นตอน 5 ขั้นตอน ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 วิธีการดำเนินวิจัยในรูปแบบโมเดลน้ำตก

3.1 ศึกษาสภาพปัญหา รวบรวมข้อมูล และการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยดำเนินการรวบรวมข้อมูลจากผู้ใช้ระบบในรูปแบบการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง โดยการคัดเลือกแบบเจาะจง เป็นนักศึกษาจำนวน 30 คน, อาจารย์ 3 ท่าน และนักวิชาการคอมพิวเตอร์ 1 ท่าน เพื่อศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นจากการแจ้งซ่อมในรูปแบบเดิมด้วยการไปแจ้งเจ้าหน้าที่โดยตรง พบว่า กระบวนการแจ้งซ่อมในรูปแบบเดิมมีความล่าช้า, ขาดความเป็นระบบ และไม่สามารถติดตามสถานะการซ่อมได้อย่างชัดเจน โดยผู้วิจัยได้สรุปสภาพปัญหา แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปสภาพปัญหาจากการใช้งานรูปแบบเดิม

สภาพปัญหา	รายละเอียดของปัญหา
1. ข้อมูลการแจ้งซ่อมไม่เป็นระบบ	ในการแจ้งซ่อม ผู้แจ้งระบุรายละเอียดไม่ครบถ้วน เช่น หมายเลขครุภัณฑ์ อาการชำรุด หรือสถานที่ตั้ง ทำให้เจ้าหน้าที่เสียเวลาในการค้นหาอุปกรณ์ที่เสีย
2. ไม่สามารถติดตามสถานะการแจ้งซ่อมได้	ผู้แจ้งซ่อมไม่สามารถทราบได้ว่า เรื่องที่ตนเองแจ้งซ่อมดำเนินการถึงไหนแล้ว จะต้องมีการติดตามหลายครั้ง ทำให้เสียเวลา
3. เกิดความล่าช้าในการซ่อมแซม	ในกระบวนการแจ้งซ่อม มีขั้นตอนการดำเนินงานที่ซ้ำซ้อน อีกทั้งยังไม่สามารถติดตามได้ว่าอุปกรณ์ดังกล่าวมีการแจ้งซ่อมไปแล้วหรือยัง จึงทำให้การซ่อมดำเนินการอย่างไม่เป็นระบบ เกิดการสูญหายของข้อมูล ส่งผลให้ไม่สามารถซ่อมแซมอุปกรณ์ได้ตามระยะเวลาที่กำหนด
4. เกิดการบันทึกข้อมูลผิดพลาด	การบันทึกข้อมูลการแจ้งซ่อมผ่านเอกสารกระดาษหรือแจ้งผ่านปากเปล่า ทำให้ข้อมูลสูญหาย ตกหล่น และไม่สามารถค้นหาข้อมูลย้อนหลังได้สะดวก

จากตารางที่ 1 ผู้วิจัยได้อธิบายสภาพปัญหาที่เกิดจากการใช้งานระบบแจ้งซ่อมในรูปแบบเดิมและวาดเป็นแผนภูมิก้างปลา เพื่อวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาอย่างเป็นระบบ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนภูมิก้างปลาแสดงสภาพปัญหาการแจ้งซ่อมในรูปแบบเดิม

จากการวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกับการทบทวนวรรณกรรม พบว่าข้อจำกัดสำคัญของระบบแจ้งซ่อมรูปแบบเดิม คือ เป็นการแจ้งซ่อมโดยไม่มีการบันทึกข้อมูล ส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการระบุหมายเลขครุภัณฑ์ และเกิดการสูญหายของข้อมูลในระหว่างประสานงาน จนเจ้าหน้าที่ไม่สามารถดำเนินการซ่อมบำรุงได้อย่างถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ณฤชา วิมลลักษณ์ และคณะ (2566) ที่ระบุว่าการนำเทคโนโลยีคิวอาร์

โค้ดมาประยุกต์ใช้ ช่วยลดข้อผิดพลาดและระยะเวลาในการตรวจสอบรายการครุภัณฑ์ได้อย่างดี นอกจากนี้ ปัญหาความล่าช้าในการประมวลผลและรูปแบบการแจ้งที่ไม่มีการบันทึกเป็นเอกสาร ทำให้ผู้แจ้งไม่สามารถทราบความคืบหน้าของการแจ้งซ่อมได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ โนรลี มะ และคณะ (2567) และ ชญาน์พัทธ์ ศรีสกุล และคณะ (2567) ที่ยืนยันว่าการเปลี่ยนแปลงระบบโดยนำเว็บแอปพลิเคชันร่วมกับเทคโนโลยีติดตามสถานะ จะช่วยเพิ่มความรวดเร็วในการรับส่งข้อมูลและยกระดับขีดความสามารถในการบริหารจัดการทรัพยากรให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ดังนั้น การบูรณาการเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อพัฒนาระบบแจ้งซ่อมออนไลน์จึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว และเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการงานแจ้งซ่อมได้อย่างดี

3.2 การออกแบบ

ขั้นตอนการออกแบบเว็บไซต์แจ้งซ่อมอัจฉริยะ กรณีศึกษา หลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ผู้วิจัยดำเนินการออกแบบผังงาน, ฐานข้อมูล ส่วนติดต่อผู้ใช้ และกำหนดสิทธิ์ในการเข้าใช้แต่ละระดับ ดังนี้

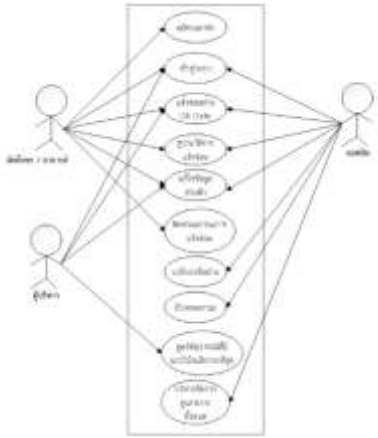
3.2.1 การออกแบบแผนภาพปฏิสัมพันธ์ระบบ

ผู้วิจัยได้ออกแบบ แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้งานกับระบบ แผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล แผนผังการทำงานของระบบ แสดงขอบเขตหน้าที่ของระบบที่แบ่งผู้ใช้งานออกเป็น 2 กลุ่มหลัก ดังนี้

1) กลุ่มนักศึกษาและอาจารย์ สามารถดำเนินการแจ้งซ่อมผ่านการสแกนคิวอาร์โค้ด, ติดตามสถานะการดำเนินการ, ตรวจสอบประวัติการแจ้งซ่อม และจัดการข้อมูลส่วนตัว

2) กลุ่มผู้ดูแลระบบ สามารถดำเนินการเข้าสู่ระบบ, ตรวจสอบประวัติการแจ้งซ่อม, แก้ไขข้อมูลส่วนตัวและเปลี่ยนรหัสผ่าน, อัปเดตสถานะการซ่อม และบริหารจัดการดูแลระบบทั้งหมด

3) กลุ่มผู้บริหาร สามารถดำเนินการเข้าสู่ระบบ,แจ้งซ่อมผ่านการสแกนคิวอาร์โค้ด,ติดตามสถานะการแจ้งซ่อม,ดูพยากรณ์อุปกรณ์ที่มีแนวโน้มเสียบ่อยที่สุด



ภาพที่ 3 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้งานกับระบบ

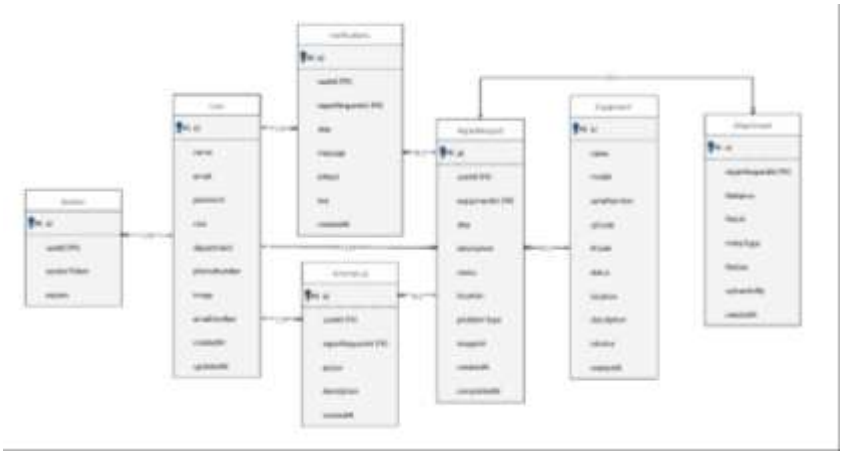
3.2.2 การออกแบบฐานข้อมูล

การออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย 3 เอนทิตี้หลัก ที่มีความสัมพันธ์เชิงระบบ ดังนี้

1) เอนทิตี้ผู้ใช้งาน สำหรับจัดเก็บข้อมูลส่วนตัวและกำหนดสิทธิ์การเข้าใช้งาน

2) เอนทิตี้ครุภัณฑ์ ทำหน้าที่จัดเก็บรายละเอียดคุณลักษณะของอุปกรณ์, รหัสคิวอาร์โค้ด รวมถึงสถิติการชำรุด

3) เอนทิตี้การแจ้งซ่อม เพื่อบันทึกประวัติการแจ้งซ่อม สถานะการดำเนินงาน โดยมีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์กับผู้ใช้งานและครุภัณฑ์แบบหนึ่งต่อกลุ่ม



ภาพที่ 4 แผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล

3.2.3 การออกแบบผังการทำงานของระบบ

ผู้วิจัยออกแบบขั้นตอนการแจ้งซ่อมครุภัณฑ์ผ่านระบบคิวอาร์โค้ด โดยกำหนดให้ผู้ใช้งานต้องยืนยันตัวตนก่อนเข้าสู่กระบวนการแจ้งซ่อม จากนั้นระบบจะกำหนดสถานะ รอดำเนินการซ่อม เพื่อให้ผู้ใช้สามารถติดตามความคืบหน้าของรายการแจ้งซ่อมที่ตนเองได้แจ้งไว้ แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แผนผังการทำงานของระบบ

3.3 การพัฒนาระบบ

ผู้วิจัยดำเนินการพัฒนาเว็บไซต์แจ้งซ่อมอัจฉริยะ กรณีศึกษาหลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม โดยใช้เน็กซ์เจเอสเฟรมเวิร์ค ร่วมกับภาษาไทป์สคริปต์ ในการพัฒนาระบบ ในส่วนการแสดงผลส่วนต่อประสานผู้ใช้สามารถรองรับได้ทุกอุปกรณ์ โดยจัดการฐานข้อมูลด้วย โพสต์เกรส และใช้วิชวลสตูดิโอโค้ด เป็นเครื่องมือหลักในการพัฒนาระบบให้เป็นไปตามขอบเขตที่กำหนด

3.4 การทดสอบและนำไปใช้

ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบความถูกต้องของฟังก์ชันและข้อผิดพลาดของระบบตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด ก่อนนำไปประเมินประสิทธิภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ และประเมินความพึงพอใจของกับกลุ่มตัวอย่าง จากนั้นวิเคราะห์ผลด้วยสถิติค่าเฉลี่ย $\bar{x}$ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) โดยแปลผลตามเกณฑ์มาตราส่วนประมาณค่า ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2543)

คะแนนเฉลี่ย 4.51 – 5.00 หมายถึง มีระดับความพึงพอใจ มากที่สุด
คะแนนเฉลี่ย 3.51 – 4.50 หมายถึง มีระดับความพึงพอใจ มาก
คะแนนเฉลี่ย 2.51 – 3.50 หมายถึง มีระดับความพึงพอใจ ปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย 1.51 – 2.50 หมายถึง มีระดับความพึงพอใจ น้อย
คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.50 หมายถึง มีระดับความพึงพอใจ น้อยที่สุด

ในการทดสอบระบบ ใช้สถิติสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

3.4.1 หาค่าเฉลี่ย (Mean) (พิชิต ฤทธิ์จรูญ, 2544: 180)

จากสูตร $$\bar{x} = \frac{\sum x}{N} \quad (1)$$

เมื่อ $\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ย
$\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
N แทน จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่าง

3.4.2 หาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

จากสูตร $$S.D. = \sqrt{\frac{N\sum x^2 - (\sum x^2)}{N(N-1)}} \quad (2)$$

เมื่อ S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
x แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
$\sum x^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง
N แทน จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่าง

3.5 การประเมินระบบ

ขั้นตอนนี้ผู้วิจัยดำเนินการประเมินประสิทธิภาพของระบบ โดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านการพัฒนาระบบสารสนเทศ จำนวน 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบ โดยใช้เครื่องมือ ดังนี้

1) เว็บไซต์แจ้งซ่อมอัจฉริยะ กรณีศึกษาหลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

2) แบบประเมินประสิทธิภาพของระบบ จำนวน 10 ข้อ ที่เกี่ยวข้องกับฟังก์ชันการทำงานและความถูกต้องของระบบ

จากนั้นนำไปให้กลุ่มตัวอย่างประเมินความพึงพอใจหลังจากการทดลองใช้เว็บไซต์ การพัฒนาเว็บไซต์แจ้งซ่อมอัจฉริยะ กรณีศึกษาหลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม โดยมีเครื่องมือ ดังนี้

1) เว็บไซต์แจ้งซ่อมอัจฉริยะ กรณีศึกษาหลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

2) แบบประเมินความพึงพอใจของเว็บไซต์แจ้งซ่อมอัจฉริยะ กรณีศึกษาหลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ผลการวิจัย

1. ผู้วิจัย ได้ดำเนินการพัฒนาเว็บไซต์แจ้งซ่อมอัจฉริยะ กรณีศึกษาหลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม โดยมีรายละเอียดการวิเคราะห์ ออกแบบ และพัฒนาระบบในส่วนงานต่าง ๆ ดังนี้

1.1 ส่วนผู้ใช้ระบบ ได้แก่ นักศึกษา และบุคลากรในหลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จำนวน 247 คน ซึ่งเป็นผู้ใช้บริการห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ โดยจะต้องสมัครสมาชิกก่อนจึงจะสามารถดำเนินการแจ้งซ่อมได้ ในขั้นตอนของการแจ้งซ่อม ผู้ใช้ระบบสามารถแจ้งซ่อมได้ 2 ช่องทาง คือ ผ่านหน้าเว็บไซต์แจ้งซ่อมอัจฉริยะ ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 หน้าเว็บไซต์การแจ้งซ่อม

และแจ้งซ่อมผ่านคิวอาร์โค้ดที่ติดอยู่บนอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ ซึ่งจะแยกตามหมายเลขครุภัณฑ์คอมพิวเตอร์ ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 คิวอาร์โค้ดที่ติดบนอุปกรณ์คอมพิวเตอร์สำหรับผู้ใช้ระบบสแกนเพื่อแจ้งซ่อมอุปกรณ์

เมื่อผู้ใช้ระบบดำเนินการสแกนคิวอาร์โค้ดสำหรับแจ้งซ่อมแล้ว ระบบจะแสดงรายละเอียดหมายเลขครุภัณฑ์, สถานที่วางครุภัณฑ์คอมพิวเตอร์ที่แจ้งซ่อม แสดงดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 หน้าแจ้งซ่อมผ่านคิวอาร์โค้ด

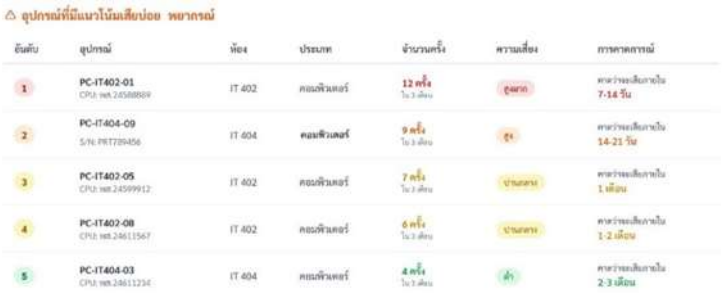
ผู้ใช้งานกรอกข้อมูล เพื่อส่งคำขอแจ้งซ่อม แสดงดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 หน้าจอแสดงข้อมูลการแจ้งซ่อม

เมื่อผู้ใช้ระบุข้อมูลครบถ้วนแล้ว ให้คลิกปุ่ม ส่งคำขอซ่อม เพื่อบันทึกข้อมูลเข้าสู่ระบบ

1.2 ส่วนผู้บริหาร ได้แก่ ประธานหลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ซึ่งสามารถเข้ามาดูอุปกรณ์ที่มีโอกาสเสียหายบ่อยที่สุด แบ่งความเสี่ยงเป็น 4 ระดับ คือ สูงมาก, สูง, ปานกลางและต่ำ โดยประเมินได้จากสถิติการแจ้งซ่อมใน 3 เดือน



ภาพที่ 10 หน้าสถิติอุปกรณ์ที่มีแนวโน้มเสียบ่อยที่สุด

1.3 ส่วนผู้ดูแลระบบ ได้แก่ นักวิชาการคอมพิวเตอร์ สังกัดหลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 1 คน หน้าที่รับผิดชอบในการบริหารจัดการระบบแจ้งซ่อม โดยมีสิทธิ์ในการเข้าถึงเพื่อตรวจสอบและจัดการข้อมูลการแจ้งซ่อม, ปรับปรุงสถานะการดำเนินงานและการบริหารจัดการบัญชีผู้ใช้งาน ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 หน้าแรกของผู้ดูแลระบบ

เมื่อมีรายการแจ้งซ่อมใหม่เข้ามาในระบบ จะมีการแจ้งเตือนไปที่ผู้ดูแลระบบ ดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 แสดงการแจ้งเตือน

ผู้ดูแลระบบสามารถดำเนินการตรวจสอบรายละเอียดและรับเรื่องการแจ้งซ่อม เมื่อรับเรื่องแจ้งซ่อมแล้วสามารถปรับปรุงสถานะการรับแจ้งซ่อมเป็น กำลังดำเนินการ และเมื่อซ่อมเสร็จแล้ว สามารถปรับปรุงสถานะเป็น เสร็จสิ้น แสดงดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 แสดงการปรับปรุงสถานะ

2. ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบเว็บไซต์แจ้งซ่อมอัจฉริยะ กรณีศึกษาหลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินประสิทธิภาพของเว็บไซต์แจ้งซ่อมอัจฉริยะ

รายการประเมิน	$\overline{x}$	S.D.	การแปลผล
1. โครงสร้างของเว็บไซต์มีการออกแบบอย่างเป็นระบบ	4.00	0.00	มาก
2. เว็บไซต์สามารถประมวลผลและตอบสนองต่อการใช้งานได้รวดเร็ว	4.00	0.00	มาก
3. ระบบสามารถจัดการ ข้อผิดพลาดได้อย่างเหมาะสม	4.00	0.00	มาก
4. เว็บไซต์มีการกำหนดสิทธิ์การเข้าถึงข้อมูลและการใช้งานอย่างเหมาะสม	4.00	0.00	มาก
5. ระบบสามารถแสดงสถานะการแจ้งซ่อมได้แบบเรียลไทม์	4.00	0.00	มาก
6. การเชื่อมโยงเมนูและลิงก์ต่าง ๆ ภายในระบบทำงานได้ถูกต้อง	4.00	0.00	มาก
7. ระบบมีการรักษาความปลอดภัยและปกป้องข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ใช้งาน	3.33	0.58	ปานกลาง
8. มีการกำหนดสิทธิ์ในการเข้าถึงระบบที่ปลอดภัย	3.33	0.58	ปานกลาง
9. ภาพรวมการทำงานฟังก์ชันของเว็บไซต์	3.66	0.58	มาก
10. เว็บไซต์สามารถพัฒนาต่อยอดได้	4.00	0.00	มาก
ค่าเฉลี่ย	**3.83**	**0.17**	**มาก**

ผลการประเมินประสิทธิภาพเว็บไซต์โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ในภาพรวมอยู่ในระดับ มาก ($\overline{x}$ = 3.83) ด้านที่มีประสิทธิภาพสูงสุดคือ โครงสร้างระบบและการแสดงผลเรียลไทม์ ($\overline{x}$= 4.00) รองลงมาคือ ภาพรวมการทำงานของฟังก์ชัน ($\overline{x}$= 3.66) ส่วนประเด็นที่ควรพัฒนาเพิ่มเติมคือ ระบบรักษาความปลอดภัยข้อมูล ($\overline{x}$= 3.33)

3. ผลการประเมินความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่างที่ใช้เว็บไซต์แจ้งซ่อมอัจฉริยะ กรณีศึกษาหลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่าง

รายการประเมิน	$\overline{x}$	S.D.	การแปลผล
1. ระบบสามารถใช้งานได้ง่ายและไม่ซับซ้อน	4.48	0.76	มาก
2. รูปแบบหน้าเว็บไซต์มีความชัดเจนและเข้าใจง่าย	4.50	0.61	มาก
3. ขั้นตอนแจ้งซ่อมมีความสะดวกและรวดเร็ว	4.42	0.73	มาก
4. ระบบสามารถรองรับการใช้งานพร้อมกันได้หลายคน	4.54	0.61	มากที่สุด
5. ระบบประมวลผลข้อมูลได้รวดเร็ว	4.50	0.61	มาก

6. ระบบมีความเสถียร ไม่เกิดข้อผิดพลาดบ่อย	4.40	0.67	มาก
7. สามารถติดตามสถานะการแจ้งซ่อมได้อย่างชัดเจน	4.56	0.58	มากที่สุด
8. ระบบสามารถรายงานสถานะและผลการซ่อมได้อย่างถูกต้อง	4.54	0.61	มากที่สุด
9. การจัดการงานซ่อมมีความเป็นระบบ	4.60	0.57	มากที่สุด
10. ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบประวัติการแจ้งซ่อมย้อนหลังได้สะดวก	4.50	0.68	มาก
ค่าเฉลี่ย	**4.50**	**0.64**	**มาก**

ผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างต่อเว็บไซต์แจ้งซ่อมอัจฉริยะ กรณีศึกษา หลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{x}$= 4.50) โดยประเด็นที่ได้รับคะแนนสูงสุด คือ การจัดการงานซ่อมมีความเป็นระบบ ($\overline{x}$= 4.60) รองลงมา คือ สามารถติดตามสถานะการแจ้งซ่อมได้อย่างชัดเจน ($\overline{x}$= 4.56) และระบบสามารถรายงานสถานะและผลการซ่อมได้อย่างถูกต้อง ($\overline{x}$= 4.54) นอกจากนี้ ระบบยังสามารถตอบสนองความต้องการด้านการติดตามประวัติการแจ้งซ่อมได้ ($\overline{x}$= 4.50) ส่งผลให้การดำเนินงานมีความถูกต้องครบถ้วนและสร้างความพึงพอใจต่อผู้ใช้งานในระดับสูงสุด

วิจารณ์ผล

จากผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญพบว่า ระบบมีประสิทธิภาพโดยรวมในระดับมาก มีจุดเด่นด้านการออกแบบที่เป็นระบบและตอบสนองได้รวดเร็วแบบเรียลไทม์ตามวัตถุประสงค์ อย่างไรก็ตาม ควรพัฒนาเพิ่มเติมในด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลและการกำหนดสิทธิ์การเข้าถึงเพื่อให้ระบบมีความน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น และในส่วนของผู้ใช้งาน มีความพึงพอใจต่อระบบแจ้งซ่อมอัจฉริยะในระดับมาก โดยมีจุดเด่นด้านการใช้งานที่ง่าย สะดวก รวดเร็ว และสามารถติดตามสถานะได้อย่างชัดเจน ผลการวิจัย แสดงให้เห็นว่าระบบมีความเหมาะสมต่อการใช้งานจริง และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการงานซ่อมได้อย่างดี

สรุปผล

ผลการประเมินประสิทธิภาพของเว็บไซต์แจ้งซ่อมอัจฉริยะโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ภาพรวมประสิทธิภาพของระบบอยู่ในระดับ มาก ($\overline{x}$ = 3.83, S.D. = 0.17) แสดงให้เห็นว่าเว็บไซต์มีโครงสร้างการออกแบบที่เป็นระบบ สามารถประมวลผลและตอบสนองต่อการใช้งานได้รวดเร็ว มีการจัดการข้อผิดพลาดที่เหมาะสม สามารถแสดงสถานะการแจ้งซ่อมแบบเรียลไทม์ และมีความสามารถในการพัฒนาต่อยอดได้ดี อย่างไรก็ตาม ด้านการรักษาความปลอดภัยและการกำหนดสิทธิ์การเข้าถึงระบบได้รับการประเมินในระดับปานกลาง ซึ่งควรได้รับการพัฒนาเพิ่มเติมในอนาคต

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อเว็บไซต์แจ้งซ่อมอัจฉริยะ พบว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับ มาก ($\overline{x}$ = 4.50, S.D. = 0.64) โดยผู้ใช้งานเห็นว่าระบบสามารถใช้งานได้ง่าย ขั้นตอนการ

แจ้งซ่อมมีความสะดวกและรวดเร็ว ระบบมีความเสถียร รองรับการใช้งานพร้อมกันได้หลายคน สามารถติดตามสถานะการแจ้งซ่อมและตรวจสอบประวัติการแจ้งซ่อมย้อนหลังได้อย่างชัดเจนและเป็นระบบ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภาวินี อินทร์ทอง อาจารย์ที่ปรึกษา และคุณณัฐธยาน์ เฟื่องห้อย ที่ได้ให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทาง และตรวจสอบความถูกต้องเชิงวิชาการในทุกขั้นตอนด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่ง ขอขอบคุณคณาจารย์และบุคลากร หลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่ให้การสนับสนุนข้อมูล ความร่วมมือในการทดสอบระบบ และข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนางานวิจัยฉบับนี้ สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณบิดา มารดา สมาชิกในครอบครัว และเพื่อน ๆ ทุกท่าน ที่เป็นกำลังใจและสนับสนุนให้การดำเนินงานวิจัยสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์

เอกสารอ้างอิง

จักรกฤษณ์ แก้วประเสริฐ, สุรชัย วังคะฮาต, และ นนทกร สติตรง. 2566. การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันนับบัณฑิตเข้ารับพระราชทานปริญญาบัตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่. วารสารวิชาการและวิจัย มทร. พระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 17(1), 108-120.

จริยา ทิพย์หทัย. 2565. การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการจัดการความรู้ของสำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ (รายงานการวิจัย). นครสวรรค์: มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.

ณฤชา วิมลลักษณ์, และ รชะ ไทยประกอบ. 2566. ความเห็นต่อการใช้งานระบบ QR Code ในการตรวจครุภัณฑ์ของบุคลากร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. วารสารวิชาการ ปขมท., 7(3), 22-31.

ธิดารัตน์ วุฒิศรีเสถียรกุล, นฤดล คนดี, โชติชัย สันติชาติ, และ จิรัฏฐา เข็มทอง. 2567. การพัฒนาระบบแจ้งซ่อมเคเบิ้ลออนไลน์: กรณีศึกษา กองบิน 46. วารสารวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี, 6(1), 1–13.

นัฏพันธุ์ นันทวาศ. 2566. การพัฒนาระบบสารสนเทศแจ้งซ่อมออนไลน์ในรูปแบบของ Rich Menu บนไลน์แอพพลิเคชั่น (รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์). เชียงใหม่: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

บุญชม ศรีสะอาด. 2543. การวิจัยเบื้องต้น (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

วสุ สุริยะ, ปภาภร เขียวสีมา, และ พรพัฒน์ ธีรลาภ. 2567. การพัฒนาระบบการแจ้งซ่อมออนไลน์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา. วารสาร Mahidol R2R e-Journal, 11(3).

วินัย แสนยามูล, และ กฤติกา สังขวดี. 2566. การพัฒนาเว็บเซอร์วิสระบบแจ้งซ่อมปรับปรุงหอพักวินัย. วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศและการประยุกต์, 5(2).

ระบบให้อาหารสัตว์อัตโนมัติ

Automatic Animal Feeding System

นภัสวรรณ ปิ่นสุข[1*], สุชานันท์ บุตรสุ่ม[1], ภวัต ฉิมเล็ก[2], ศุภชัย คนเที่ยง[2], พงษ์พิชญ์ เลิศเจริญวุฒา[2], ธงรบ อักษร[2] และไพฑูรย์ งิ้วทั่ง[2]

Naphatsawan Pinsuk[1*], Suchanan Butrsum[1], Parwat Chimlek[2], Suphachai Khonthiang[2], Phongphit Loescharoenwutha[2], Thongrob Auxsorn[2] and Paitoon Ngewtung[2]

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม 156 หมู่ 5 ตำบลพลายชุมพล อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก 65000

[1]Faculty of Science and Technology Pibulsongkram Rajabhat University 156 Moo 5 Tambon Phlai Chumphon Mueang Phitsanulok District, Phitsanulok 65000

*Corresponding author E-mail: Naphatsawan.p@psru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบให้อาหารสัตว์อัตโนมัติโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์และเซ็นเซอร์เป็นตัวควบคุมหลัก เพื่อลดภาระและประหยัดเวลาของผู้เลี้ยงสัตว์ รวมถึงสร้างระบบสั่งงานและตรวจสอบผ่านแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ จุดมุ่งหมายคือการเพิ่มประสิทธิภาพของการให้อาหารสัตว์โดยสามารถตั้งเวลา และ ปริมาณที่ต้องการรวมถึงแจ้งเตือนเมื่ออาหารในถังและในถาดอาหารใกล้หมด ระบบทำงานโดยใช้เซอร์โวมอเตอร์ควบคุมกลไกการจ่ายอาหาร และ ฐานข้อมูลออนไลน์ (Firebase) ที่เชื่อมต่อกับแอป MIT App Inventor เพื่อควบคุมการทำงานของระบบ และ แจ้งเตือนผ่านแอป Telegram ในการประเมินประสิทธิผลของระบบให้อาหารสัตว์อัตโนมัติใช้แบบสอบถามความพึงพอใจเป็นเครื่องมือ กลุ่มตัวอย่างเป็นประชาชนผู้เลี้ยงสุนัขและแมว จำนวน 20 คน การคัดเลือกผู้เข้าร่วมดำเนินการโดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง

ผลการประเมินพบว่าความคิดเห็นโดยรวมของผู้ใช้งานอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจ ($\bar{X}$) เท่ากับ 4.43 และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.69 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านความคุ้มค่าอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.47, S.D. = 0.66) รองลงมาคือด้านการใช้งาน และ ความสะดวกสบาย ($\bar{X}$ = 4.43, S.D. = 0.70) และด้านโครงสร้างและประสิทธิภาพของระบบ ($\bar{X}$ = 4.39, S.D. = 0.70) ตามลำดับ

โดยรวมแล้ว ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าระบบให้อาหารสัตว์อัตโนมัติ สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้เลี้ยงสัตว์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยลดภาระในการให้อาหาร เพิ่มความสะดวกในการดูแลสัตว์เลี้ยง และสร้างความมั่นใจว่าสัตว์เลี้ยงได้รับอาหารตรงเวลาและในปริมาณที่เหมาะสม

คำสำคัญ : เครื่องให้อาหารสัตว์อัตโนมัติ, เซ็นเซอร์, แอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่

Abstract

This research aimed to develop an automatic pet feeding system using microcontroller and sensors as the main control units in order to reduce the workload and save time for pet owners. The system also provides command and monitoring functions through a mobile application. Its objective is to improve feeding efficiency by allowing users to set feeding schedules and desired portions, as well as to receive notifications when the food level in the storage container and the feeding tray is low. The system operates using a servo motor to control the food dispensing mechanism and an online database (Firebase) connected to a mobile application developed with MIT App Inventor to control system operations. In addition, notifications are delivered via the Telegram application. To evaluate the effectiveness of the automatic pet feeding system, a satisfaction questionnaire was used as the research instrument. The sample group consisted of 20 dog and cat owners, selected using purposive sampling.

The results showed that overall user satisfaction was at a high level, with a mean score ($\overline{x}$) of 4.43 and a standard deviation (S.D.) of 0.69. When analyzed by aspect, cost-effectiveness received the highest rating ($\overline{x}$ = 4.47, S.D. = 0.66), followed by usability and convenience ($\overline{x}$ = 4.43, S.D. = 0.70), and system structure and performance ($\overline{x}$ = 4.39, S.D. = 0.70), respectively.

Overall, the findings indicate that the automatic pet feeding system effectively meets the needs of pet owners by reducing feeding-related workload, enhancing convenience in pet care, and ensuring that pets receive food on time and in appropriate quantities.

Keywords : Automatic Pet Feeder, Sensor, Mobile Application

บทนำ

ปัจจุบันพบว่ามีการเลี้ยงสัตว์มากขึ้นโดยเฉพาะกลุ่มวัยทำงานและวัยเกษียณให้ความสำคัญกับคุณภาพชีวิตและการใช้ชีวิตอย่างมีความสุขมากขึ้น การเลี้ยงสัตว์เลี้ยงจึงกลายเป็นเพื่อนทางใจส่งผลให้แนวโน้มการเลี้ยงสัตว์เพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะสัตว์เลี้ยงที่สามารถเลี้ยงในบ้าน เช่น สุนัขและแมว หนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อสุขภาพของสัตว์เลี้ยงคือ การให้อาหารที่เหมาะสมทั้งในด้านปริมาณและความสม่ำเสมอ อย่างไรก็ตามเจ้าของสัตว์เลี้ยงบางคนอาจมีภาระหน้าที่ที่ต้องทำให้ไม่สามารถให้อาหารได้ตรงเวลาหรือจำเป็นต้องเดินทางกะทันหัน หากบ้านไหนไม่มีคนอาศัยอยู่เลยนั่นหมายถึงการที่ต้องปล่อยสัตว์เลี้ยงไว้ตามลำพัง อาจจะต้องเทอาหารทิ้งไว้ในชามของสัตว์เลี้ยงสัตว์เลี้ยง บางบ้านไม่ชอบอาหารที่ถูกเททิ้งไว้ชอบอาหารที่เทสดใหม่ แต่ในขณะที่สัตว์เลี้ยงบาง

บ้านก็กินอาหารที่เททิ้งไว้จนมากเกินไปปัญหานี้ส่งผลให้หลายคนเลือกฝากสัตว์เลี้ยงไว้กับสถานที่รับดูแลชั่วคราว แต่การฝากเลี้ยงมักมีค่าใช้จ่ายสูง โดยเฉพาะหากต้องเดินทางเป็นเวลาหลายวัน ทางเลือกอีกวิธีหนึ่งที่ได้รับความนิยมคือการใช้เครื่องให้อาหารสัตว์อัตโนมัติ ซึ่งช่วยลดปัญหาการให้อาหารล่าช้าหรือปริมาณอาหารที่ไม่เหมาะสม แต่อาจมีข้อจำกัด ส่งผลให้สัตว์เลี้ยงได้รับอาหารไม่เพียงพอหรือกินอาหารไม่เป็นเวลาซึ่งอาจนำไปสู่ปัญหาสุขภาพ อย่างไรก็ตามสิ่งสำคัญคือการให้อาหาร จะต้องให้ในปริมาณและเวลาที่เหมาะสม

เนื่องจากการให้อาหารสัตว์เลี้ยงเป็นปัจจัยสำคัญต่อสุขภาพและความเป็นอยู่ที่ดีของสัตว์ แต่ในปัจจุบันผู้เลี้ยงจำนวนมากมักมีเวลาจำกัดเนื่องจากภาระงานและภาระหน้าที่อื่น ๆ ส่งผลให้มีเวลาในการดูแลสัตว์เลี้ยงน้อยลง อย่างไรก็ตามการสัตว์เลี้ยงยังคงต้องการการดูแลเอาใจใส่อย่างเหมาะสม โดยเฉพาะการให้อาหารที่ถูกต้องและเพียงพอการให้อาหารที่เหมาะสมไม่เพียงช่วยให้สัตว์เลี้ยงได้รับสารอาหารที่ครบถ้วน แต่ยังส่งผลต่อสุขภาพโดยรวม ทำให้สัตว์แข็งแรงเจริญเติบโตได้ดีและลดความเสี่ยงต่อโรคต่าง ๆ ในทางกลับกันหากสัตว์เลี้ยงไม่ได้รับอาหารที่ไม่เพียงพอหรือได้รับอาหารไม่ตรงเวลา อาจส่งผลให้สุขภาพร่างกายอ่อนแอ การมีระบบให้อาหารที่มีประสิทธิภาพและสามารถช่วยอำนวยความสะดวกให้กับผู้เลี้ยง จึงเป็นสิ่งสำคัญในการช่วยดูแลสัตว์เลี้ยงให้มีสุขภาพที่ดีขึ้น

ดังนั้นการดูแลจากผู้เลี้ยงจึงเป็นสิ่งสำคัญสุนัขต้องได้รับการดูแลอย่างเหมาะสม เพื่อให้มีสุขภาพแข็งแรง และในขณะเดียวกันสุขภาพและความสะดวกของผู้เลี้ยงก็เป็นปัจจัย ที่ต้องคำนึงถึงการมีเทคโนโลยีเข้ามาช่วยจัดการ การให้อาหารโดยเฉพาะ Internet of Things จึงเป็นแนวทางที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการดูแลสัตว์เลี้ยง เครื่องให้อาหารสัตว์อัตโนมัติผ่านมือถือได้จากระยะไกลด้วยเทคโนโลยี IoT เครื่องสามารถแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันหากอาหารใกล้หมดหรือเกิดปัญหาในการจ่ายอาหารลดภาระของผู้เลี้ยง และทำให้มั่นใจได้ว่าสัตว์เลี้ยงได้รับอาหารที่เหมาะสมและเพียงพอ

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. สถานที่ระยะเวลาดำเนินการสถานที่ บ้านพักอาศัยในจังหวัด พิจิตร สุโขทัย ระยะเวลาดำเนินการตั้งแต่วันที่ 2 มิถุนายน ถึง 29 สิงหาคม รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 3 เดือน

2. หน่วยทดลองและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

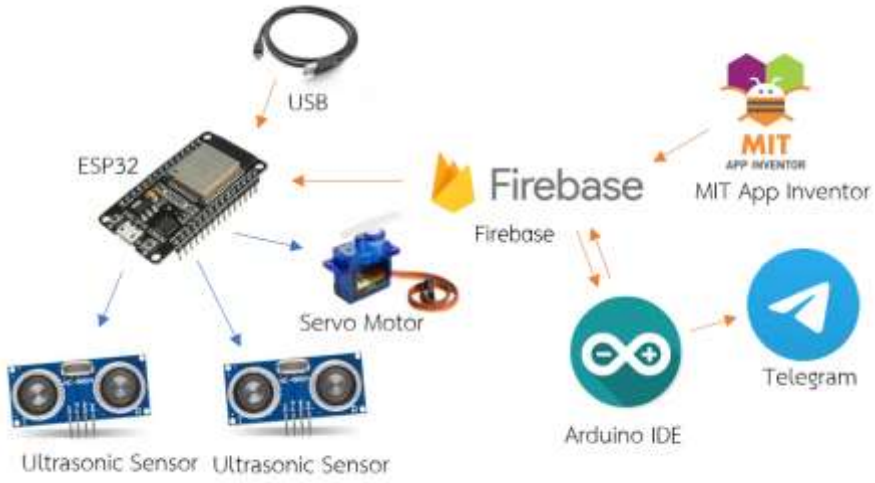
2.1 หน่วยทดลอง เครื่องให้อาหารสัตว์ต้นแบบ จำนวน 1 เครื่อง และกลุ่มตัวอย่างผู้ทดสอบการใช้งานจำนวน 20 คน

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย (Hardware & Software)

- ชุดควบคุม NodeMCU ESP32, Servo Motor, Ultrasonic Sensor
- ระบบจัดการข้อมูล Arduino IDE, Firebase
- ส่วนการใช้งานของผู้ใช้ MIT App Inventor, Telegram

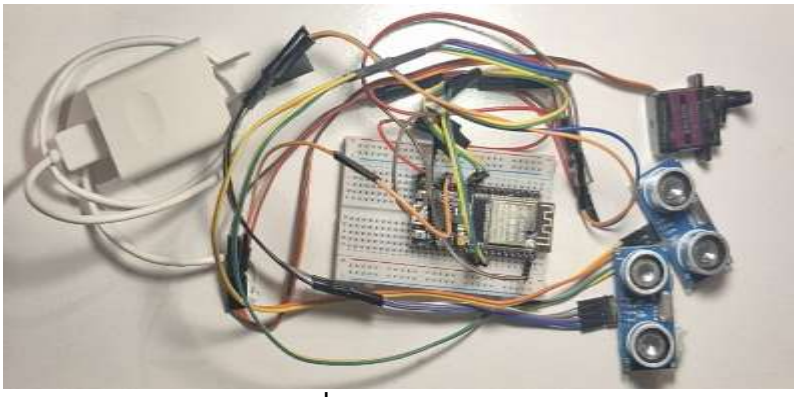
3. ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาและออกแบบโครงสร้างระบบศึกษาทฤษฎีการทำงานของ ESP32, เซ็นเซอร์ และกลไกการจ่ายอาหารผ่านมอเตอร์ และวงจรการทำงานเพื่อให้ระบบฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 1 ออกแบบวงจรการทำงาน

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนาระบบฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์การต่อวงจรควบคุม เชื่อมต่อ ESP32 เข้ากับเซ็นเซอร์และมอเตอร์



ภาพที่ 2 วงจรการทำงาน

2.1 เขียนโปรแกรมด้วย Arduino IDE เพื่อควบคุม Logic การทำงาน เช่น การสั่งเปิด – ปิดมอเตอร์ตามเวลา และการวัดระดับอาหาร



ภาพที่ 3 โปรแกรม Arduino IDE

2.2 การจัดการฐานข้อมูลและแอปพลิเคชันใช้ Firebase เก็บข้อมูลระดับอาหารและคำสั่งเปิด-ปิด

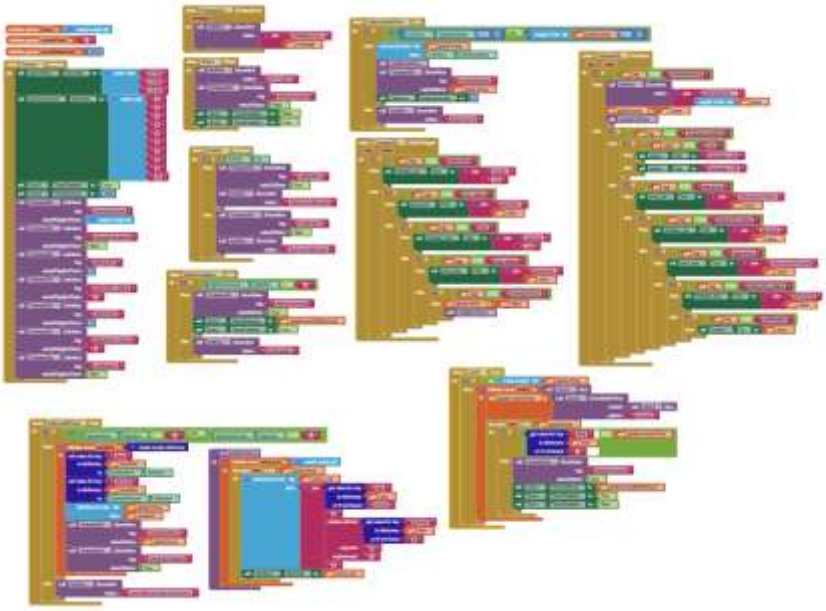


ภาพที่ 4 การทำงานของ Firebase

2.3 พัฒนาแอปพลิเคชันผ่าน MIT App Inventor เพื่อให้ผู้ใช้สั่งงาน

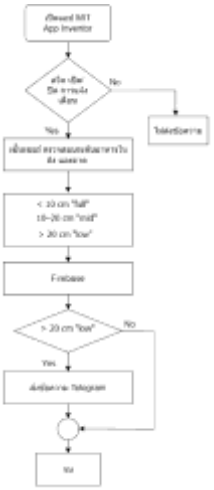


ภาพที่ 5 โปรแกรมแอพพลิเคชัน Mit App Inventor



ภาพที่ 6 Code โปรแกรมแอพพลิเคชัน Mit App Inventor

2.4 การแจ้งเตือนตั้งค่าให้ระบบส่งข้อความผ่าน Telegram เมื่อ ตรวจพบว่าอาหารในถังเหลือระยะห่างจากขอบถังมากกว่า 20 cm



ภาพที่ 7 แผนผังการแจ้งเตือน Mit App Inventor ผ่าน Tlelgram

ขั้นตอนที่ 3 การทดสอบและการวิเคราะห์ข้อมูล การทดสอบความแม่นยำ ทดสอบการอ่านค่าเซ็นเซอร์ระดับอาหารและการหน่วงเวลาของมอเตอร์ หากพบข้อผิดพลาดให้ดำเนินการปรับปรุง



ภาพที่ 9 ทดสอบการทำงานและแก้ไขข้อผิดพลาดเพื่อนำมาปรับปรุง

การเก็บข้อมูล นำเครื่องไปติดตั้งใช้งานจริงกับสัตว์เลี้ยง เพื่อทดสอบความเสถียรของการเชื่อมต่อ Wi-Fi และพฤติกรรมการใช้งานของผู้เลี้ยงการวิเคราะห์ทางสถิติ ข้อมูลเชิงปริมาณ วิเคราะห์ร้อยละความสำเร็จ ของระบบสั่งการและระบบแจ้งเตือนข้อมูลความพึงพอใจ ใช้สถิติค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) จากแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานใน 3 ด้าน ได้แก่ การทำงาน, ความสะดวก, ความคุ้มค่า

ผลการวิจัย

ตารางที่ 1 การประเมินความพึงพอใจ ด้านโครงสร้างและการทำงาน

ด้านโครงสร้าง	**ระดับความพึงพอใจ**		
	$\overline{x}$	S.D	แปลผล
1) เครื่องมีความแข็งแรง ทนทานต่อการใช้	4.45	0.68	มาก
2) ระบบสามารถให้อาหารได้ตรงตามเวลาที่ตั้งไว้	4.40	0.68	มาก
3) ระบบสามารถจ่ายอาหารได้ในปริมาณที่เหมาะสมและสม่ำเสมอ	4.50	0.68	มาก
4) ระบบตอบสนองคำสั่งได้รวดเร็วและไม่ขัดข้อง	4.50	0.68	มาก
5) ระบบมีความเสถียรในการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตและฐานข้อมูล	4.30	0.73	มาก
รวม			

ตารางที่ 2 การประเมินความพึงพอใจ ด้านการใช้งานและความสะดวก

ด้านการใช้งาน	**ระดับความพึงพอใจ**		
	$\overline{x}$	S.D	แปลผล
6) แอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือใช้งานง่ายและไม่ซับซ้อน	4.35	0.75	มาก
7) หน้าจอแสดงผลข้อมูลมีความชัดเจน เข้าใจง่าย	4.40	0.68	มาก
8) การตั้งเวลาให้อาหารและแก้ไขค่าการทำงานสามารถทำได้สะดวก	4.40	0.68	มาก
9) ระบบช่วยลดภาระและประหยัดเวลาของผู้เลี้ยงสัตว์ได้จริง	4.55	0.69	มากที่สุด
10) การแจ้งเตือนหรือสถานะการทำงานของระบบมีประโยชน์และเชื่อถือได้	4.45	0.68	มาก
	4.43	**0.70**	**มาก**

ตารางที่ 3 การประเมินความพึงพอใจ ด้านความคุ้มค่า

ด้านความคุ้มค่า	**ระดับความพึงพอใจ**		
	$\overline{x}$	S.D	แปลผล
11) ระบบช่วยให้สัตว์เลี้ยงได้รับอาหารตรงเวลาและเหมาะสม	4.45	0.68	มาก
12) ระบบช่วยให้ผู้เลี้ยงมั่นใจในการดูแลสัตว์มากขึ้น	4.35	0.75	มาก
13) ราคาหรือค่าใช้จ่ายของระบบมีความคุ้มค่ากับคุณภาพ	4.40	0.68	มาก
14) ระบบมีความปลอดภัยต่อสัตว์และผู้ใช้งาน	4.60	0.60	มากที่สุด
15) ความพึงพอใจโดยรวมต่อระบบให้อาหารสัตว์อัตโนมัติ	4.60	0.60	มากที่สุด
รวม	**4.47**	**0.66**	**มากที่สุด**
โดยรวม			

จากตารางที่ 1-3 ผลการศึกษาความพึงพอใจต่อการใช้งานของ สถิติที่ใช้ในการวิจัย คือ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยกำหนดเกณฑ์ในการแปลความหมาย ค่าเฉลี่ย ดังนี้

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 - 5.00 หมายความว่า ระดับมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.51 - 4.50 หมายความว่า ระดับมาก
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.51 - 3.50 หมายความว่า ระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.51 – 2.50 หมายความว่า ระดับน้อย
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.00 – 1.50 หมายความว่า ระดับน้อยที่สุด

วิจารณ์ผล

จากผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบให้อาหารสัตว์เลี้ยงอัตโนมัติ พบว่าผลการประเมินในภาพรวมอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด สะท้อนให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในด้านความคุ้มค่า ซึ่งได้รับการประเมินอยู่ในระดับมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าผู้ใช้งานเห็นว่าระบบมีความเหมาะสมเมื่อพิจารณาระหว่างต้นทุนการพัฒนาและประโยชน์ที่ได้รับจากการใช้งานจริง ในด้านโครงสร้างและการทำงาน พบว่าระบบสามารถให้อาหารสัตว์เลี้ยงได้ตรงตามเวลาที่กำหนด และสามารถควบคุมปริมาณอาหารได้อย่างสม่ำเสมอ อย่างไรก็ตามความเสถียรของการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตและฐานข้อมูลยังคงเป็นปัจจัยสำคัญที่อาจส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบ เนื่องจากระบบมีการทำงานในรูปแบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ซึ่งต้องอาศัยเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในการรับส่งข้อมูลแบบเรียลไทม์ ในด้านการใช้งานและความสะดวก พบว่าผู้ใช้งานสามารถควบคุมและตั้งค่าการทำงานของระบบผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนได้อย่างสะดวก ส่งผลให้สามารถลดภาระในการดูแลสัตว์เลี้ยง และเพิ่มความยืดหยุ่นในการบริหารจัดการเวลาในการให้อาหารสัตว์เลี้ยง นอกจากนี้ ระบบแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันและ Telegram ยังช่วยเพิ่มความมั่นใจให้แก่ผู้ใช้งานในการติดตามสถานะการทำงานของระบบ ควรมีการพัฒนาเพิ่มเติมในด้านส่วนติดต่อผู้ใช้งาน เพื่อให้เหมาะสมกับผู้ใช้งานทุกช่วงวัย รวมถึงเพิ่มระบบช่วยเหลือการใช้งานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานในระยะยาว สำหรับด้านความคุ้มค่า พบว่าผู้ใช้งานมีความคิดเห็นว่าระบบสามารถช่วยให้สัตว์เลี้ยงได้รับอาหารตรงเวลา ช่วยเพิ่มความมั่นใจในการดูแลสัตว์เลี้ยง และมีความปลอดภัยต่อสัตว์และผู้ใช้งาน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของระบบในการนำไปประยุกต์ใช้งานจริงในชีวิตประจำวัน อย่างไรก็ตามการพัฒนาเพิ่มเติม เช่น ระบบพลังงานสำรอง ระบบบันทึกข้อมูลการให้อาหาร และระบบแจ้งเตือนหลายรูปแบบอาจช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือของระบบให้มากยิ่งขึ้น

สรุปผล

การวิจัยเรื่องระบบให้อาหารสัตว์อัตโนมัติครั้งนี้ สามารถพัฒนาระบบที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับเซ็นเซอร์และเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ในการให้อาหารสัตว์เลี้ยงได้อย่างเหมาะสม ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถควบคุมการให้อาหารตามเวลาที่กำหนด ปรับปริมาณอาหารได้ตาม

ความต้องการของผู้ใช้งาน และสามารถตรวจสอบสถานะการทำงานผ่านแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้แบบเรียลไทม์ รวมถึงมีระบบแจ้งเตือนเมื่อปริมาณอาหารใกล้หมด ซึ่งช่วยเพิ่ม ความสะดวก ลดภาระในการดูแลสัตว์เลี้ยง และช่วยให้สัตว์เลี้ยงได้รับอาหารอย่างสม่ำเสมอและเหมาะสม

ผลจากการพัฒนาระบบแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการยกระดับการดูแลสัตว์เลี้ยงให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และสามารถนำไปประยุกต์ใช้จริงในชีวิตประจำวันได้ การพัฒนาระบบในอนาคตควรมุ่งเน้นการเพิ่มความเสถียรของระบบในกรณีที่สัญญาณอินเทอร์เน็ตไม่เสถียร การเพิ่มระบบพลังงานสำรอง และการพัฒนาฟังก์ชันการบันทึกข้อมูลการให้อาหาร เพื่อรองรับการติดตามสุขภาพสัตว์เลี้ยงในระยะยาว ซึ่งจะช่วยเพิ่มความสมบูรณ์และประสิทธิภาพของระบบให้เหมาะสมต่อการใช้งานในระดับที่กว้างขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่องระบบให้อาหารสัตว์อัตโนมัติ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับคำแนะนำตรวจแก้ และให้คำปรึกษาอย่างใกล้ชิดตลอดระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย ทั้งในด้านแนวทางการพัฒนาการเขียนรายงานและการจัดทำเอกสารทางวิชาการอย่างถูกต้องตามหลักวิจัย ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ อาจารย์ไพฑูรย์ งิ้วทั่ง ที่ได้ให้คำปรึกษาและการสนับสนุนตลอดระยะเวลาการทำงาน รวมทั้งได้เปิดโอกาสให้ดำเนินโครงงานวิจัยครั้งนี้ พร้อมทั้งให้การสนับสนุนด้านสถานที่ อุปกรณ์ และทรัพยากรต่างๆ ที่เอื้อต่อการพัฒนาโครงงานให้สำเร็จลุล่วงตามเป้าหมายขอขอบพระคุณ ภาควิชาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก ที่ได้ให้การสนับสนุน ด้านสถานที่เครื่องมือ และวัสดุอุปกรณ์ รวมถึงให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ นอกจากนี้ขอขอบคุณ กลุ่มตัวอย่างผู้เลี้ยงสัตว์เลี้ยงทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามและทดลองใช้งานระบบให้อาหารสัตว์อัตโนมัติ ซึ่งข้อมูลและความคิดเห็นของท่านมีส่วนสำคัญในการประเมินผลและปรับปรุงระบบให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นสุดท้ายนี้ ผู้จัดทำขอขอบคุณ ครอบครัวและเพื่อนร่วมชั้นเรียน ที่ให้กำลังใจ สนับสนุนและช่วยเหลือในทุกขั้นตอน จนทำให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กัมปนาท บุญคง, ธนพล แก้วคำแจ้ง, ประวิทย์ บุรินนิตย์, ณัฐพล บูระนะเวช, และ ธีรพัฒน์ เสมเหลา. (2567). การศึกษาและประยุกต์ใช้งาน ESP32 จำลองประตูอัจฉริยะตรวจจับใบหน้าเพื่อความปลอดภัย. วารสารวิจัยและนวัตกรรมการอาชีวศึกษา, 8(2), 30–38.

จุมพฏ อุสาหะ, ณัฐพงษ์ ตาณเขียว, ปัญญภัช เลือกถือ, อิทธิวัตร ศรีเกษม, รัชชานนท์ จั่นกัน, ชาญเดช สมศิริ, และ ทินภัทร บริรักษ. (2565). เครื่องให้อาหารประเภทเม็ดแบบอัตโนมัติควบคุมโดยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านอุปกรณ์สมาร์ทโฟน. วารสารวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม, 1(1), 108–117.

เจษฎา สายใจ, อินทิพร ห้วยหงส์ทอง, วิภาวี ร่ารื่น, และ ศศิรมย์ พานทอง. (2566). ระบบกล้องรักษาความปลอดภัยพร้อมแจ้งเตือนผ่านเทเลแกรม. วารสารงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์โดยสมาคม ECTI, 3(2), 36–43.

ธานิล ม่วงพูล, ปิติพล พลพบู, และ วริยา เย็นเปิง. (2566). การพัฒนาเครื่องให้อาหารสุนัขอัตโนมัติด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง. วารสารวิชาการการจัดการเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, 10(1), 64–74.

นิติภูมิ ใยปางแก้ว, และ วไลลักษณ์ วงษ์รื่น. (2566). การออกแบบและพัฒนาระบบต้นแบบในการให้อาหารแมวโดยใช้อุปกรณ์ไอโอทีและเทคนิคการประมวลผลภาพ. วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง, 32(1), 1–15.

สุภษี ดวงใส, และ สุรเทพ แป้นเกิด. (2566). เครื่องควบคุมตู้ปลาอัตโนมัติด้วยไอโอที. วารสารวิจัยมทร. กรุงเทพ, 17(1), 60–68.

พฤติกรรมในการปรับตัวในการเรียนรู้ของนักศึกษาในรั้วมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี อำเภอเมืองอุดรธานี

Behavior in adapting to learning of students at Udon Thani Rajabhat University

อวิรุทธ์ หล่อนจำปา[1*], วรรณิษา สมเสนาะ[2], จุฬาลักษณ์ สาพารัตน์[3] และ ชนาภา แบสท์[1*]

Awirut Lonchampa[1*], Wannisa Somsano[2], Chulalak Saparat[3] and Chanapha Bast[1*]

[1]คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี, 64 ถ.ทหาร อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี 41000

[1]Faculty of Management Science, Udon Thani Rajabhat University, 64 Tahan Rd., Muang, Udon Thani 41000, Thailand

*Corresponding author E-mail: chanapha.b@udru.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมการปรับตัวในการเรียนรู้ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี โดยมุ่งเน้นการปรับตัวด้านการเรียน การใช้ชีวิตในมหาวิทยาลัย และการอยู่ร่วมกับผู้อื่น กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบสอบถาม และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ และค่าเฉลี่ย ผลการศึกษาพบว่านักศึกษาส่วนใหญ่มีพฤติกรรมการปรับตัวในการเรียนรู้ในระดับค่อนข้างดี มีการวางแผนการเรียนด้วยตนเอง และใช้เทคโนโลยีรวมถึงสื่อออนไลน์เพื่อสนับสนุนการเรียนรู้มากขึ้น อย่างไรก็ตาม ยังพบนักศึกษาบางส่วนประสบปัญหาด้านการบริหารเวลาและความเครียดจากการเรียน ดังนั้นผลการศึกษานี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอน และส่งเสริมให้นักศึกษาสามารถปรับตัวในการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: พฤติกรรมการปรับตัวในการเรียนรู้, ความเครียดจากการเรียน, นักศึกษามหาวิทยาลัย

Abstract

The purpose of this study was to examine the learning adaptation behaviors of students at Udon Thani Rajabhat University, Mueang Udon Thani District. The study focused on students' adaptation in terms of learning, university life, and social interaction. The sample consisted of students from Udon Thani Rajabhat University. A questionnaire was used as the research instrument, and the collected data were analyzed using basic statistics, including frequency, percentage, and mean. The findings revealed that most students demonstrated learning

adaptation behaviors at a fairly satisfactory level. Students tended to plan their studies independently and increasingly utilized technology and online media to support their learning. However, some students experienced difficulties in time management and academic stress. Therefore, the results of this study can be used as guidelines for improving teaching and learning management and for promoting more effective learning adaptation among students.

Keywords: Learning Adaptation Behavior, Academic Stress, University Students

บทนำ

ปัจจุบันการจัดการเรียนการสอนในระดับมหาวิทยาลัยมีความหลากหลายทั้งในด้านรูปแบบ วิธีการเรียนรู้ และการใช้เทคโนโลยี ส่งผลให้นักศึกษาบางส่วนยังไม่สามารถปรับตัวต่อการเรียนในระดับอุดมศึกษาได้อย่างเหมาะสม เนื่องจากเคยชินกับการเรียนรู้แบบรอคำสั่ง ขาดความกล้าในการตัดสินใจ และขาดความรับผิดชอบในการเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งอาจส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนลดลงและก่อให้เกิดความเครียดในการเรียน จากข้อมูลในปีการศึกษา 2567 พบว่าประเทศไทยมีนักศึกษาในระดับอุดมศึกษาทั้งหมด 1,896,873 คน และมีนักศึกษาประมาณร้อยละ 30 หรือคิดเป็นจำนวนประมาณ 569,062 คน ที่ประสบปัญหาด้านการปรับตัวในการเรียนและการใช้ชีวิต (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าปัญหาการปรับตัวของนักศึกษาเป็นประเด็นสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อระบบการศึกษาในภาพรวม

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีเป็นสถาบันอุดมศึกษาที่มีนักศึกษามาจากหลากหลายพื้นที่และมีพื้นฐานทางสังคมและการศึกษาที่แตกต่างกัน เมื่อนักศึกษาเข้าศึกษาในระดับมหาวิทยาลัย จำเป็นต้องปรับตัวทั้งในด้านความรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ด้วยตนเอง การใช้เทคโนโลยีและสื่อดิจิทัลเพื่อการเรียนรู้ รวมถึงการใช้ชีวิตและการอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมมหาวิทยาลัย หากนักศึกษาขาดทักษะหรือพฤติกรรมการปรับตัวที่เหมาะสม อาจก่อให้เกิดความเครียด ปัญหาทางการเรียน และปัญหาด้านการใช้ชีวิตตามมา ดังนั้น การมีพฤติกรรมการปรับตัวในการเรียนรู้ที่ดีจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้นักศึกษาสามารถเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสบความสำเร็จทางการศึกษา

อย่างไรก็ตาม จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่ายังขาดข้อมูลเชิงประจักษ์ที่สะท้อนพฤติกรรมการปรับตัวในการเรียนรู้ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีในบริบทปัจจุบัน ทั้งในด้านรูปแบบของการปรับตัว ปัจจัยที่ส่งผลต่อการปรับตัว และความสามารถในการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงด้านการเรียนรู้ งานวิจัยนี้จึงมีความสำคัญในการสะท้อนสถานการณ์จริงของนักศึกษา เพื่อนำผลการวิจัยไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนานโยบาย การจัดการเรียนการสอน และการสนับสนุนให้นักศึกษาสามารถปรับตัวและประสบความสำเร็จทางการศึกษาได้ดียิ่งขึ้น

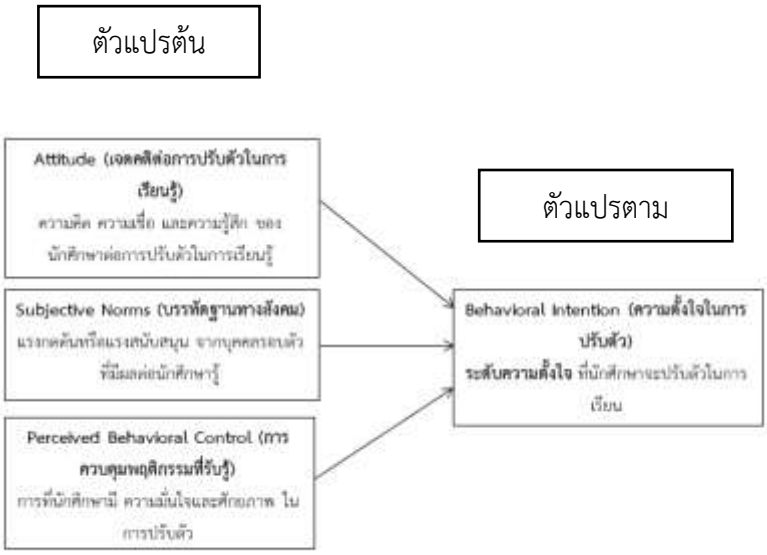
ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาพฤติกรรมการปรับตัวในการเรียนรู้ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี เพื่อศึกษาระดับการปรับตัวของนักศึกษา และนำผลการวิจัยไปใช้เป็นข้อมูลประกอบการพัฒนาการจัดการเรียนการสอน รวมถึงการส่งเสริมให้นักศึกษามีพฤติกรรมการปรับตัวที่เหมาะสมต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมในการปรับตัวในการเรียนรู้ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
2. เพื่อศึกษาปัจจัยด้านการเรียนรู้ที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมในการปรับตัวในการเรียนรู้ของนักศึกษา

กรอบแนวคิด

งานวิจัยพฤติกรรมในการปรับตัวในการเรียนรู้ของนักศึกษาในรั้วมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี อำเภอเมืองอุดรธานี ผู้วิจัยได้ทบทวนวรรณกรรมศึกษาทฤษฎี แนวคิด Theory of Planned Behavior :TPB (Ajzen, 1991) หรือ ทฤษฎีพฤติกรรมตามแผนเป็นทฤษฎีทางจิตวิทยาสังคมที่ใช้อธิบายและทำนายพฤติกรรมของมนุษย์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสามารสรุปเป็นกรอบแนวคิด โดยจำแนกเป็นตัวแปรต้น / ตัวแปรอิสระ (Independent Variables) คือ เจตคติต่อการปรับตัวในการเรียนรู้ (Attitude) บรรทัดฐานทางสังคม (Subjective Norms) และการควบคุมพฤติกรรมที่รับรู้ (Perceived Behavioral Control) ตัวแปรตาม (Dependent Variable) ได้แก่ ความตั้งใจในการปรับตัว (Behavioral Intention)



วิธีการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักศึกษาที่กำลังศึกษาอยู่ในมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ซึ่งได้มาจากการสุ่มเลือกตามความสะดวก (Yamane, T. 1967) ตามความเหมาะสมกับเวลาและสถานการณ์

การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยจึงดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยจัดทำแบบสอบถามในรูปแบบออนไลน์ และสร้างคิวอาร์โค้ด (QR Code) สำหรับเข้าตอบแบบสอบถาม จากนั้นเผยแพร่คิวอาร์โค้ดให้นักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีสแกนเพื่อตอบแบบสอบถามด้วยตนเอง เมื่อครบตามจำนวนที่กำหนดแล้ว ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามออนไลน์ไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป ผลลัพธ์ที่ได้จากการตอบแบบสอบถามผ่าน

การประเมิณจากผู้เชี่ยวชาญไม่น้อยกว่า 3 คน ได้ค่า IOC 0.58 และค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม Cronbach's Alpha 0.947 (Cronbach,1951) จากทั้งหมด 54 ข้อคำถาม (Number of items)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยได้ออกแบบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบสอบถาม (Questionnaire) ในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยใช้เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ (Expert Judgment) ไม่น้อยกว่า 3 คน เพื่อหาค่า Index Item of Objective Congruence (IOC) โดยผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ เท่ากับ 0.58 ซึ่งมากกว่า 0.50 (Rovinelli และ Hambleton ปี ค.ศ. 1977) แสดงว่าแบบสอบถามนี้มีเนื้อหาที่มีความเที่ยงตรง (Validity) และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์งานวิจัย นอกจากนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ความเชื่อมั่น (Reliability) ด้วยวิธี Cronbach's Alpha มีค่าเท่ากับ 0.947 ซึ่งมากกว่า 0.70 แสดงว่าแบบสอบถามนี้มีความเชื่อมั่นในระดับความเชื่อมั่นสูงมาก

สถิติในการที่ใช้ในงานวิจัย ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (Statistical Package for the Social Sciences Window: SPSS) ในการวิเคราะห์ข้อมูลพฤติกรรมในการปรับตัวในการเรียนรู้ของนักศึกษาในรั้วมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี อำเภอเมืองอุดรธานี (Behavior in adapting to learning of students at Udon Thani Rajabhat University) โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เพื่อหาค่าความถี่ (Frequency), หาค่าร้อยละ (Percentage) หาค่าเฉลี่ย (Mean) และหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ใช้สถิติโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อ ความตั้งใจในการปรับตัว (Behavioral Intention)

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (Statistical Package for the Social Sciences for Window: SPSS) ผู้วิจัยได้ใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เพื่อหาค่าความถี่ (Frequency) หาค่าร้อยละ (Percentage) หาค่าเฉลี่ย (Mean) และหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ด้านประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถามแสดงได้ดังตารางที่ 1 ถึง 5 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

	รายการ	**ค่าความถี่ (Frequency)**	**ร้อยละ (Percentage)**
เพศ			
	หญิง	24	23.5
	ชาย	76	74.5
	อื่นๆ	2	2.0
อายุ			
	ต่ำกว่า 18 ปี	38	37.3
	18 – 20 ปี	60	58.8
	21 – 23 ปี	1	1.0

รายการ	ค่าความถี่ (Frequency)	ร้อยละ (Percentage)
24 ปีขึ้นไป	3	2.9
คณะ		
คณะครุศาสตร์	43	42.2
คณะวิทยาศาสตร์	6	5.9
คณะวิทยาการจัดการ	2	2.0
คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์	2	2.0
คณะพยาบาลศาสตร์	41	40.2
คณะเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์	8	7.8
ชั้นปีที่กำลังศึกษา		
ปี 1	23	22.5
ปี 2	17	16.7
ปี 3	40	39.2
ปี 4	22	21.6
มากกว่าปี 4	0	0
รูปแบบการเรียนที่พบมากที่สุดในปัจจุบัน		
เรียนในชั้นเรียน (On-site)	85	83.3
เรียนออนไลน์ (Online)	17	16.7
เรียนแบบผสมผสาน (Hybrid)	0	0
เกรดเฉลี่ยสะสม (GPA)		
ต่ำกว่า 2.00	6	5.9
2.00 – 2.49	8	7.8
2.50 – 2.49	38	37.3
3.00 – 3.49	49	48.0
3.50 – 4.00	1	1.0
สถานะการพักอาศัย		
หอพักภายในมหาวิทยาลัย	22	21.6
หอพักภายนอกมหาวิทยาลัย	57	55.9
บ้านของตนเอง / บ้านญาติ	23	22.5
รายได้ของนักศึกษาต่อเดือน (รวมรายได้จากผู้ปกครอง และรายได้จากการทำงานพิเศษ)		
น้อยกว่า 3,000 บาท	35	34.3
3,001 – 5,000 บาท	29	28.4
5,001 – 8,000 บาท	11	10.8
8,001 – 10,000 บาท	14	13.7

รายการ	ค่าความถี่ (Frequency)	ร้อยละ (Percentage)
มากกว่า 10,000 บาท	13	12.77
โทรศัพท์มือถือ		
ไม่เลือก	7	6.9
เลือก	95	93.1
ไอแพต		
ไม่เลือก	42	41.2
เลือก	60	58.8
แท็บเล็ต		
ไม่เลือก	92	41.2
เลือก	10	58.8
โน้ตบุ๊ก		
ไม่เลือก	62	60.8
เลือก	40	39.2
คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ		
ไม่เลือก	95	93.1
เลือก	7	6.9
นักศึกษาใช้อินเทอร์เน็ตในมหาวิทยาลัย (UDRU) มากน้อยแค่ไหน		
น้อย	29	28.4
ปานกลาง	39	38.2
มาก	20	19.6
มากที่สุด	14	13.7
นักศึกษาเข้าถึงอินเทอร์เน็ตของมหาวิทยาลัย (UDRU) ได้มากน้อยแค่ไหน		
เข้าถึงได้สะดวกและเสถียร	55	53.9
เข้าถึงได้ปานกลาง	35	34.3
เข้าถึงได้ยาก / ไม่เสถียร	12	11.8

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศชาย จำนวน 76 คน คิดเป็นร้อยละ 74.5 รองลงมาเป็นเพศหญิง จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 23.5 และเป็นเพศอื่น ๆ จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 2.0 ในด้านอายุพบว่า ผู้ตอบส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 18–20 ปี จำนวน 60 คน คิดเป็นร้อยละ 58.8 รองลงมาเป็นผู้ที่มีอายุต่ำกว่า 18 ปี จำนวน 38 คน คิดเป็นร้อยละ 37.3 ในขณะที่ผู้ที่มีอายุระหว่าง 21–23 ปี และ 24 ปีขึ้นไป มีสัดส่วนค่อนข้างน้อย

เมื่อพิจารณาตามคณะที่ศึกษา พบว่าส่วนใหญ่อยู่ในคณะครุศาสตร์ จำนวน 43 คน คิดเป็นร้อยละ 42.2 และคณะพยาบาลศาสตร์ จำนวน 41 คน คิดเป็นร้อยละ 40.2 ขณะที่คณะอื่น ๆ มีสัดส่วนที่น้อยกว่า ในด้านชั้นปีที่กำลังศึกษา พบว่า นักศึกษาชั้นปีที่ 3 มีจำนวนมากที่สุด จำนวน 40 คน คิดเป็นร้อยละ 39.2 รองลงมาเป็น

นักศึกษาชั้นปีที่ 1 และชั้นปีที่ 4 ตามลำดับ สำหรับรูปแบบการเรียนในปัจจุบัน พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เรียนในรูปแบบการเรียนในชั้นเรียน (On-site) จำนวน 85 คน คิดเป็นร้อยละ 83.3 รองลงมาเป็นรูปแบบการเรียนออนไลน์ (Online) จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 16.7 และไม่พบผู้เรียนในรูปแบบการเรียนแบบผสมผสาน (Hybrid) ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (GPA) พบว่า นักศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในระดับคะแนนเฉลี่ยสะสมระหว่าง 3.00–3.49 จำนวน 49 คน คิดเป็นร้อยละ 48.0 รองลงมาเป็นระดับ 2.50–2.99 จำนวน 38 คน คิดเป็นร้อยละ 37.3 ในส่วนของสถานที่พักอาศัย พบว่า นักศึกษาส่วนใหญ่พักอาศัยในหอพักภายนอกมหาวิทยาลัย จำนวน 57 คน คิดเป็นร้อยละ 55.9 รองลงมาคือพักอาศัยที่บ้านตนเองหรือบ้านญาติ และหอพักภายในมหาวิทยาลัย โดยรายได้ต่อเดือนของนักศึกษาพบว่า ส่วนใหญ่มีรายได้น้อยกว่า 3,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 34.3 รองลงมาเป็นช่วงรายได้ 3,001–5,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 28.4 ในด้านอุปกรณ์ที่ใช้ในการเรียน พบว่า นักศึกษาส่วนใหญ่ใช้โทรศัพท์มือถือเป็นอุปกรณ์หลักในการเรียน จำนวน 95 คน คิดเป็นร้อยละ 93.1 รองลงมาคืออุปกรณ์ประเภท iPad และโน้ตบุ๊ก ในขณะที่คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะมีการใช้งานน้อยที่สุด สำหรับการใช้งานและการเข้าถึงอินเทอร์เน็ตของมหาวิทยาลัย พบว่า นักศึกษาส่วนใหญ่ใช้งานอินเทอร์เน็ตในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 38.2 และมีความคิดเห็นว่าสามารถเข้าถึงเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้อย่างสะดวกและมีความเสถียรในระดับมาก คิดเป็นร้อยละ 53.9 แม้ว่ายังมีบางส่วนที่ประสบปัญหาด้านความเสถียรของเครือข่ายอยู่บ้าง

ตารางที่ 2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมในการปรับตัวในการเรียนรู้ของนักศึกษาในรั้วมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

รายการ	$\bar{x}$	S.D.	การแปลผล
1. Attitude (เจตคติต่อการปรับตัวในการเรียนรู้)			
1.1 คุณเชื่อว่าการปรับตัวให้เข้ากับรูปแบบการเรียนที่มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีเป็นสิ่งที่มีประโยชน์ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของฉัน	4.23	0.64	มาก
1.2 คุณรู้สึกว่าการเรียนรู้รูปแบบใหม่ ๆ (เช่น การเรียนออนไลน์ การเรียนแบบ Active Learning) เป็นสิ่งที่มีคุณค่าและควรปรับตัวให้เข้ากับมัน	4.05	0.79	มาก
1.3 คุณมีทัศนคติที่ดีต่อการเปลี่ยนวิธีการเรียนของตนเองให้เหมาะสมกับวิชาหรืออาจารย์แต่ละท่าน	4.15	0.70	มาก
1.4 คุณเชื่อว่าการปรับตัวกับสภาพแวดล้อมการเรียนในมหาวิทยาลัยจะช่วยให้ฉันประสบความสำเร็จในการศึกษา	4.18	0.78	มาก
1.5 คุณคิดว่าการพัฒนาทักษะใหม่ ๆ เพื่อใช้ในการเรียน เช่น การใช้เทคโนโลยีหรือแหล่งข้อมูลออนไลน์ เป็นเรื่องที่สำคัญ	4.23	0.77	มาก
1.6 คุณรู้สึกว่าการปรับตัวในการเรียนไม่ใช่เรื่องยากเกินไปสำหรับคุณ	4.02	0.82	มาก
1.7 คุณมีมุมมองเชิงบวกต่อการแก้ไขพฤติกรรมการเรียนของตนเองให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในมหาวิทยาลัย	4.16	0.47	มาก
1.8 คุณเชื่อว่าการเปิดใจรับวิธีการเรียนรู้ใหม่จะทำให้ฉันพัฒนาตนเองได้อย่างต่อเนื่อง	4.23	0.74	มาก
1.9 คุณมองว่าการปรับตัวต่อการใช้เทคโนโลยีในการเรียนเป็นประโยชน์ต่อการเรียนรู้ในมหาวิทยาลัย	4.22	0.76	มาก

รายการ	$\bar{x}$	S.D.	การแปลผล
1.10 คุณรู้สึกว่าการปรับตัวในการจัดการเวลาการเรียนและการทำงานเป็นสิ่งจำเป็นในการเรียนระดับมหาวิทยาลัย	4.18	0.79	มาก
1.11 คุณมีความตั้งใจที่จะค้นคว้าแหล่งข้อมูลเพิ่มเติมด้วยตนเองเพื่อปรับปรุงการเรียนรู้	3.96	0.86	ปานกลาง
1.12 คุณวางแผนที่จะเรียนรู้และใช้เทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนให้ได้มากขึ้น	4.12	0.80	มาก
ผลรวมด้าน Attitude	4.15	0.80	มาก
2. Subjective Norms (บรรทัดฐานทางสังคม)			
2.1 คนรอบตัวฉัน เช่น เพื่อนในชั้นเรียน คาดหวังให้ฉันปรับตัวให้เข้ากับรูปแบบการเรียนในมหาวิทยาลัย	3.94	0.88	ปานกลาง
2.2 ครอบครัวของฉันสนับสนุนให้ฉันปรับตัวในการเรียนเพื่อให้ประสบความสำเร็จในมหาวิทยาลัย	4.27	0.74	มาก
2.3 อาจารย์ส่วนใหญ่คาดหวังให้ฉันมีการปรับตัวให้เหมาะสมกับรูปแบบการสอนของพวกเขา	3.99	0.81	ปานกลาง
2.4 เพื่อนร่วมกลุ่มเรียนมักกระตุ้นให้ฉันเรียนรู้วิธีการเรียนใหม่ ๆ เพื่อให้ทำงานร่วมกันได้ดีขึ้น	4.07	0.79	มาก
2.5 คุณรู้สึกว่าคนสำคัญรอบตัวสนับสนุนให้ฉันพัฒนาทักษะด้านการใช้เทคโนโลยีเพื่อการเรียน	4.12	0.76	มาก
2.6 เพื่อนในคณะของคุณส่วนใหญ่เห็นว่าการปรับตัวในการเรียนเป็นสิ่งที่จำเป็นและสิ่งนี้มีอิทธิพลต่อทัศนคติของคุณ	4.18	0.74	มาก
2.7 คุณได้รับแรงกดดันทางบวกจากคนรอบตัวให้มีวินัยและปรับเวลาในการเรียนให้เหมาะสม	4.01	0.81	มาก
2.8 เพื่อนสนิทของคุณคาดหวังว่าฉันจะเรียนรู้เครื่องมือและเทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่ใช้ในการเรียนในมหาวิทยาลัย	4.06	0.76	มาก
2.9 คุณรู้สึกว่าบรรยากาศการเรียนในมหาวิทยาลัยส่งผลให้ฉันปรับตัวตามแบบอย่างของเพื่อนที่มีพฤติกรรมการเรียนรู้อย่างเหมาะสม	4.17	0.69	มาก
ผลรวมด้าน Subjective Norms	4.09	0.79	มาก
3. Perceived Behavioral Control			
3.1 คุณมีความตั้งใจที่จะเพิ่มทักษะการเรียนรู้ด้วยตนเองให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น	4.24	0.68	มาก
3.2 คุณตั้งใจที่จะปรับตัวให้เข้ากับวิธีการสอนของอาจารย์แต่ละท่านให้ดีที่สุด	4.21	0.69	มาก
3.3 คุณตั้งใจที่จะจัดสรรเวลาเรียนและทำงานต่าง ๆ ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น	4.21	0.71	มาก
3.4 คุณมีความตั้งใจที่จะพัฒนาวิธีการเรียนของตนเองให้เหมาะสมกับรูปแบบการเรียนในมหาวิทยาลัยอย่างต่อเนื่อง	4.11	0.70	มาก
3.5 คุณตั้งใจที่จะปรับพฤติกรรมการเรียนของตนเองให้เหมาะสมเมื่อพบเจออุปสรรคหรือปัญหาทางการเรียน	4.25	0.71	มาก

รายการ	$\bar{x}$	S.D.	การแปลผล
3.6 คุณจะพยายามนำเทคนิคการเรียนรู้ใหม่ ๆ มาปรับใช้กับการเรียนในมหาวิทยาลัย	4.23	0.64	มาก
3.7 คุณวางแผนที่จะพัฒนาวินัยในการเรียนเพื่อให้สามารถปรับตัวได้ดียิ่งขึ้น	4.21	0.65	มาก
3.8 คุณมีความตั้งใจที่จะเรียนรู้และปรับตัวให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ในมหาวิทยาลัย	4.235	0.6919	มาก
3.9 คุณตั้งใจที่จะปรับตัวให้เข้ากับวิธีการสอนของอาจารย์แต่ละท่านให้ดีที่สุด	4.22	0.70	มาก
ผลรวมด้าน Perceived Behavioral Control	4.22	0.73	มาก
4. Behavioral Intention			
4.1 คุณมีความตั้งใจที่จะพัฒนาวิธีการเรียนของตนเองให้เหมาะสมกับรูปแบบการเรียนในมหาวิทยาลัยอย่างต่อเนื่อง	4.25	0.67	มาก
4.2 คุณวางแผนที่จะเรียนรู้และใช้เทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนให้ได้มากขึ้น	4.21	0.65	มาก
4.3 คุณตั้งใจที่จะจัดสรรเวลาเรียนและทำงานต่าง ๆ ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น	4.23	0.64	มาก
4.4 คุณมีความตั้งใจที่จะค้นคว้าแหล่งข้อมูลเพิ่มเติมด้วยตนเองเพื่อปรับปรุงการเรียนรู้	4.12	0.71	มาก
4.5 คุณตั้งใจที่จะปรับพฤติกรรมการเรียนของตนเองให้เหมาะสมเมื่อพบเจออุปสรรคหรือปัญหาทางการเรียน	4.18	0.68	มาก
4.6 คุณจะพยายามนำเทคนิคการเรียนรู้ใหม่ ๆ มาปรับใช้กับการเรียนในมหาวิทยาลัย	4.19	0.67	มาก
4.7 คุณมีความตั้งใจที่จะเพิ่มทักษะการเรียนรู้ด้วยตนเองให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น	4.19	0.70	มาก
4.8 คุณวางแผนที่จะพัฒนาวินัยในการเรียนเพื่อให้สามารถปรับตัวได้ดียิ่งขึ้น	4.16	0.73	มาก
4.9 คุณมีความตั้งใจที่จะเรียนรู้และปรับตัวให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ในมหาวิทยาลัย	4.206	0.66	มาก
ผลรวมด้าน Behavioral Intention	4.20	0.67	มาก

จากตารางที่ 2 พบว่า จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้าน Attitude (ทัศนคติต่อการปรับตัวในการเรียน) พบว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากทุกรายการ ยกเว้นบางรายการที่อยู่ระดับปานกลาง โดยภาพรวมค่าเฉลี่ยอยู่ประมาณ 4.02–4.23 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ในช่วง 0.47–0.86 แสดงให้เห็นว่านักศึกษามีทัศนคติเชิงบวกต่อการปรับตัวด้านการเรียนค่อนข้างสูง โดยเฉพาะในด้านการเห็นความสำคัญของการพัฒนาทักษะใหม่ การใช้เทคโนโลยี และการปรับตัวให้เหมาะสมกับรูปแบบการเรียนในมหาวิทยาลัย ขณะที่ข้อ “การปรับตัวไม่ใช่เรื่องยากเกินไป” มีระดับความเห็นปานกลาง สะท้อนว่านักศึกษาบางส่วนยังรู้สึกว่าการปรับตัวต้องอาศัยความพยายามพอสมควร ในส่วนของ Subjective Norms (อิทธิพลทางสังคม) พบว่าค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากเกือบทุกรายการ ($\bar{x}$ ≈ 3.94–4.27) โดยเฉพาะอิทธิพลจากครอบครัว อาจารย์ และคนรอบข้างที่สนับสนุนให้มีการปรับตัว

ในการเรียน ซึ่งสะท้อนว่าสิ่งแวดล้อมทางสังคมมีผลต่อการกำหนดพฤติกรรมการเรียนของนักศึกษาในระดับสูง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ในระดับปานกลาง (0.69–0.88) แสดงถึงความคิดเห็นของนักศึกษาที่มีความใกล้เคียงกัน สำหรับด้าน Perceived Behavioral Control (การรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรม) พบว่าทุกรายการมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ ประมาณ 4.11–4.25) และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ในช่วง 0.64–0.71 แสดงว่านักศึกษามีความมั่นใจว่าตนเองสามารถปรับตัวในการเรียน วางแผน จัดการเวลา และแก้ไขปัญหาเมื่อเผชิญอุปสรรคด้านการเรียนได้ในระดับสูง แสดงถึงความพร้อมและศักยภาพของนักศึกษาในการควบคุมพฤติกรรมการเรียนของตนเอง ด้าน Behavioral Intention (ความตั้งใจในการปรับตัวทางการเรียน) พบว่าค่าเฉลี่ยในแต่ละรายการอยู่ในระดับมากทั้งหมด ($\bar{x}$ ประมาณ 4.12–4.25) พร้อมทั้งมีค่า S.D. ค่อนข้างต่ำ แสดงถึงความตั้งใจเชิงบวกและชัดเจนของนักศึกษาในการพัฒนาทักษะการเรียน การใช้เทคโนโลยี การจัดสรรเวลา และการปรับตัวให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมการเรียนในมหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของตัวแปร Attitude

ตัวแปร		**Sum of Squares**	**df**	**Mean Square**	**F**	**Sig.**
ค่าผลรวมของตัวแปร Attitude	Between Groups	24.192	24	1.008	8.711	.000
	Within Groups	8.910	77	.116		
	Total	33.102	101			

จากตารางที่ 3 พบว่า การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ความตั้งใจในการปรับตัวในการเรียนรู้ (Behavioral Intention) ของนักศึกษา โดยจำแนกตาม ระดับเจตคติต่อการปรับตัวในการเรียนรู้ (Attitude) พบว่า มีค่า Sum of Squares ระหว่างกลุ่ม (Between Groups) เท่ากับ 24.192 มีองศาอิสระ (df) เท่ากับ 24 และมีค่า Mean Square เท่ากับ 1.008 ขณะที่ Sum of Squares ภายในกลุ่ม (Within Groups) เท่ากับ 8.910 มีองศาอิสระ 77 และมีค่า Mean Square เท่ากับ 0.116 รวมความแปรปรวนทั้งหมด 33.102 จากค่าองศาอิสระรวม 101 จากการคำนวณพบว่า ค่า สถิติ F เท่ากับ 8.711 และมีค่า ระดับนัยสำคัญทางสถิติ (Sig.) เท่ากับ .000 ซึ่งน้อยกว่า .05 จึงสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยความตั้งใจในการปรับตัวในการเรียนรู้ของนักศึกษาที่มีระดับเจตคติต่อการปรับตัวแตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กล่าวคือ นักศึกษาที่มีทัศนคติหรือเจตคติต่อการปรับตัวในการเรียนรู้ต่างกัน ย่อมมีความตั้งใจในการปรับตัวต่อการเรียนรู้ที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน ไม่ได้เป็นความแตกต่างที่เกิดขึ้นโดยบังเอิญทางสถิติ

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของตัวแปร Subjective Norms

ตัวแปร		**Sum of Squares**	**df**	**Mean Square**	**F**	**Sig.**

ค่าผลรวมของตัวแปร Subjective Norms	Between Groups	21.602	19	1.137	8.107	.000
	Within Groups	11.500	82	.140		
	Total	33.102	101			

จากตารางที่ 4 พบว่า การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ความตั้งใจในการปรับตัวในการเรียนรู้ (Behavioral Intention) ของนักศึกษา โดยจำแนกตาม ระดับบรรทัดฐานทางสังคม (Subjective Norms) ซึ่งหมายถึงแรงกดดันหรือความคาดหวังจากบุคคลรอบข้าง เช่น ครอบครัว เพื่อน อาจารย์ และสังคมที่มีต่อพฤติกรรมการปรับตัวในการเรียนรู้ของนักศึกษา จากผลการวิเคราะห์ ANOVA พบว่า ค่า Sum of Squares ระหว่างกลุ่ม (Between Groups) เท่ากับ 21.602 มีองศาอิสระ (df) เท่ากับ 19 และมีค่า Mean Square เท่ากับ 1.137 ส่วน Sum of Squares ภายในกลุ่ม (Within Groups) เท่ากับ 11.500 มีองศาอิสระ 82 และค่า Mean Square เท่ากับ 0.140 รวมความแปรปรวนทั้งหมดเท่ากับ 33.102 โดยมีองศาอิสระรวม 101 จากการคำนวณได้ค่า สถิติ F เท่ากับ 8.107 และมีค่า ระดับนัยสำคัญทางสถิติ (Sig.) เท่ากับ .000 ซึ่งน้อยกว่า .05 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยความตั้งใจในการปรับตัวในการเรียนรู้ของนักศึกษาที่มีระดับ Subjective Norms แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักศึกษาที่รับรู้แรงกดดันหรือแรงคาดหวังทางสังคมแตกต่างกันจะมีระดับความตั้งใจในการปรับตัวในการเรียนรู้ที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน ไม่ใช่ความแตกต่างที่เกิดขึ้นโดยบังเอิญทางสถิติ

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของตัวแปร Perceived Behavioral Control

ตัวแปร		**Sum of Squares**	**df**	**Mean Square**	**F**	**Sig.**
ค่าผลรวมของตัวแปร Perceived Behavioral Control	Between Groups	27.810	17	1.636	25.966	.000
	Within Groups	5.292	84	.063		
	Total	33.102	101			

จากตารางที่ 5 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ความตั้งใจในการปรับตัวในการเรียนรู้ (Behavioral Intention) ของนักศึกษา โดยจำแนกตาม ระดับการควบคุมพฤติกรรมที่รับรู้ (Perceived Behavioral Control) ซึ่งหมายถึงระดับความเชื่อมั่นของนักศึกษาในการจัดการตนเอง การควบคุมสถานการณ์การเรียนรู้ และความสามารถในการรับมือกับปัญหาหรืออุปสรรคทางการเรียน จากการวิเคราะห์พบว่า ค่า Sum of Squares ระหว่างกลุ่ม (Between Groups) เท่ากับ 27.810 มีองศาอิสระ (df) เท่ากับ 17 และมีค่า Mean Square เท่ากับ 1.636 ส่วน Sum of Squares ภายในกลุ่ม (Within Groups) เท่ากับ 5.292 มีองศาอิสระ 84

และ Mean Square เท่ากับ 0.063 รวมความแปรปรวนทั้งหมดเท่ากับ 33.102 จากองศาอิสระรวม 101 จากการคำนวณพบค่า สถิติ F เท่ากับ 25.966 และมีค่า ระดับนัยสำคัญทางสถิติ (Sig.) เท่ากับ .000 ซึ่งน้อยกว่า .05 จึงสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยความตั้งใจในการปรับตัวในการเรียนรู้ของนักศึกษาที่มีระดับ Perceived Behavioral Control แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักศึกษาที่รับรู้ว่าตนเองสามารถควบคุมพฤติกรรมและจัดการการเรียนรู้ได้แตกต่างกัน จะมีระดับความตั้งใจในการปรับตัวในการเรียนรู้แตกต่างกันอย่างชัดเจน ไม่ได้เป็นความแตกต่างที่เกิดจากความบังเอิญทางสถิติ

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีส่วนใหญ่มีพฤติกรรมการปรับตัวในการเรียนรู้ในระดับดี โดยเฉพาะด้านการเรียนรู้ ซึ่งนักศึกษาสามารถวางแผนการเรียนด้วยตนเอง มีการแสวงหาความรู้เพิ่มเติมและใช้เทคโนโลยีหรือสื่อออนไลน์เพื่อสนับสนุนกระบวนการเรียนรู้อย่างเหมาะสม ผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดด้านการเรียนรู้ที่เน้นการเรียนรู้ด้วยตนเองและการจัดการตนเอง รวมถึงสอดคล้องกับงานวิจัยของกระทรวงศึกษาธิการ (พ.ศ. 2560) ที่ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการพัฒนาทักษะการเรียนรู้ การใช้เทคโนโลยีและการเสริมสร้างศักยภาพของนักศึกษาในการปรับตัวต่อรูปแบบการเรียนรู้ที่เปลี่ยนแปลงไปในระดับอุดมศึกษา ในด้านการดำเนินชีวิตในมหาวิทยาลัย พบว่านักศึกษาสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อม กฎระเบียบ และบทบาทหน้าที่ของตนเองได้ในระดับที่เหมาะสม อีกทั้งยังมีการปรับตัวด้านสังคม โดยสามารถสร้างความสัมพันธ์ที่ดีกับเพื่อนร่วมชั้น อาจารย์ และบุคลากรภายในมหาวิทยาลัย ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยหลายฉบับที่ระบุว่า การมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมที่เหมาะสมช่วยลดความตึงเครียด และเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ส่งเสริมการปรับตัวทางการเรียนรู้และการใช้ชีวิตในรั้วมหาวิทยาลัยของนักศึกษา อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยยังพบว่านักศึกษาบางส่วนประสบปัญหาในการบริหารเวลาและเผชิญกับความเครียดจากภาระทางการเรียน ซึ่งอาจส่งผลต่อการปรับตัวในการเรียนรู้ในบางช่วงเวลา ประเด็นดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงความจำเป็นในการจัดให้มีระบบสนับสนุนนักศึกษาอย่างเหมาะสม เช่น การแนะแนวด้านการเรียน การจัดกิจกรรมเสริมสร้างทักษะการบริหารเวลา และการให้คำปรึกษาด้านจิตวิทยา เพื่อช่วยให้นักศึกษาสามารถปรับตัวและพัฒนาศักยภาพในการเรียนรู้ได้อย่างเต็มที่

สรุปผลการวิจัย

สรุปผลการวิเคราะห์พฤติกรรมในการปรับตัวในการเรียนรู้ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี การวิจัยเรื่อง พฤติกรรมในการปรับตัวในการเรียนรู้ของนักศึกษาในรั้วมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี อำเภอเมืองอุดรธานี (Behavior in adapting to learning of students at Udon Thani Rajabhat University) มีวัตถุประสงค์เพื่อเพื่อศึกษาปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมทางการเรียนที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการปรับตัวในการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยใช้กรอบแนวคิดทฤษฎีพฤติกรรมตามแผน (Theory of Planned Behavior: TPB) เป็นแนวทางในการวิเคราะห์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยคือนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี จำนวน 102 คน เครื่องมือที่ใช้คือแบบสอบถามออนไลน์ ซึ่งผ่านการตรวจสอบความเชื่อมั่นของเครื่องมือด้วยวิธี Cronbach’s Alpha ได้ค่าเท่ากับ 0.947 แสดงความเชื่อมั่นในระดับสูงมาก ผลการวิจัยสามาถสรุปได้ ดังนี้ ข้อมูลทั่วไปของ

ผู้ตอบแบบสอบถาม ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศชาย อายุ 18–20 ปี ส่วนมากเรียนคณะครุศาสตร์และพยาบาลศาสตร์ อยู่ชั้นปีที่ 3 เรียนแบบ On-site เป็นหลัก ผลการเรียนส่วนใหญ่อยู่ช่วง 3.00–3.49 พักอาศัยในหอพักภายนอก รายได้ต่ำกว่า 3,000 บาท อุปกรณ์หลักที่ใช้เรียนคือโทรศัพท์มือถือ และโดยรวมสามารถเข้าถึงอินเทอร์เน็ตของมหาวิทยาลัยได้ค่อนข้างดี แม้ยังมีปัญหาสัญญาณบางส่วน พฤติกรรมการปรับตัวของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี นักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี มีพฤติกรรมการปรับตัวในการเรียนรู้ในระดับมาก โดยมีทัศนคติเชิงบวกต่อการเรียนรู้รูปแบบใหม่ ได้รับแรงสนับสนุนจากครอบครัว เพื่อน และอาจารย์ สามารถควบคุมและจัดการตนเองในการเรียนได้ดี และมีความตั้งใจที่จะพัฒนาวิธีการเรียนและปรับตัวให้เหมาะสมกับการเรียนในมหาวิทยาลัยอย่างต่อเนื่องด้านระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการปรับตัวของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามพบว่า โดยภาพรวมมีความคิดเห็นต่อปัจจัยต่าง ๆ อยู่ในระดับ มาก เมื่อพิจารณาเป็นรายได้ พบว่า ด้านทัศนคติ (Attitude) ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษามีทัศนคติเชิงบวกต่อการปรับตัวในการเรียนอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ย = 4.15 โดยตระหนักถึงความสำคัญของการปรับตัวเข้ากับรูปแบบการเรียนในมหาวิทยาลัย การพัฒนาทักษะใหม่และการใช้เทคโนโลยีเพื่อสนับสนุนการเรียน ซึ่งสะท้อนว่านักศึกษามีความพร้อมและเห็นคุณค่าของการปรับตัวต่อการเรียนรู้ในระดับอุดมศึกษา ด้านบรรทัดฐานเชิงอัตนวิสัย (Subjective Norms) ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า นักศึกษามีระดับความคิดเห็นด้านบรรทัดฐานเชิงอัตนวิสัยอยู่ในระดับมาก โดยเฉลี่ย = 4.09 โดยได้รับแรงสนับสนุนและอิทธิพลเชิงบวกจากบุคคลรอบข้าง ได้แก่ ครอบครัว เพื่อน และอาจารย์ รวมทั้งบรรยากาศทางการเรียนในมหาวิทยาลัย ซึ่งมีส่วนช่วยส่งเสริมให้นักศึกษาปรับตัวต่อการเรียนได้เหมาะสม ด้านการรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรม (Perceived Behavioral Control) จากผลการวิเคราะห์พบว่า ด้านการรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรมมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด โดยเฉลี่ย = 4.22 อยู่ในระดับมาก สะท้อนว่านักศึกษามีความมั่นใจในความสามารถของตนเองในการวางแผนการเรียน จัดสรรเวลา จัดการปัญหา และปรับวิธีการเรียนให้เหมาะสม ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยเสริมการปรับตัวในการเรียนรู้ ด้านความตั้งใจเชิงพฤติกรรม (Behavioral Intention) ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษามีความตั้งใจเชิงพฤติกรรมในการปรับตัวอยู่ในระดับมาก โดยเฉลี่ย = 4.20 โดยมีความมุ่งมั่นที่จะพัฒนาวิธีการเรียน ใช้เทคโนโลยี ค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติม จัดสรรเวลา และพร้อมปรับตัวให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมทางการเรียนรู้ในมหาวิทยาลัย

โดยสรุป นักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีมีพฤติกรรมการปรับตัวในการเรียนรู้โดยรวมอยู่ในระดับมาก นักศึกษามีทัศนคติที่ดีต่อการปรับตัว ได้รับแรงสนับสนุนจากครอบครัว เพื่อน และอาจารย์ สามารถควบคุมและจัดการตนเองด้านการเรียนได้ดี และมีความตั้งใจที่จะพัฒนาวิธีการเรียนรู้และปรับตัวให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมทางการเรียนรู้ในมหาวิทยาลัยอย่างต่อเนื่อง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องได้รับความกรุณาและการสนับสนุนจากคณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี พฤติกรรมในการปรับตัวในการเรียนรู้ของนักศึกษาในรั้วมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีอำเภอเมืองอุดรธานี ฉบับนี้

สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความร่วมมือและการสนับสนุนจากหลายฝ่าย ข้าพเจ้าขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งต่ออาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งได้ให้คำแนะนำแนวทางในการดำเนินงานวิจัยอย่างใกล้ชิด และข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ตลอดกระบวนการศึกษา รวมถึงขอขอบคุณนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามและให้ข้อมูลอย่างเต็มใจ ซึ่งมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อความสำเร็จของงานวิจัยฉบับนี้ ท้ายที่สุดข้าพเจ้าขอขอบคุณเพื่อนร่วมงานที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนข้าพเจ้าในทุกช่วงเวลาของการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณทุกท่านมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. 2560. นโยบายและแนวทางการจัดการศึกษาในระดับอุดมศึกษา. สำนักนโยบายและแผนการศึกษา, กรุงเทพมหานคร.

Ajzen, I. 1991. The theory of planned behavior. Organizational Behavior and Human Decision Processes. 50(2): 179–211.

Cronbach, L. J. 1951. Coefficient alpha and the internal structure of tests. Psychometrika. 16(3): 297–334.

Rovinelli, R. J., and R. K. Hambleton. 1977. On the use of content specialists in the assessment of criterion-referenced test item validity. Educational and Psychological Measurement. 37: 659–674.

Yamane, T. 1967. Statistics: An Introductory Analysis. 2nd Edition. Harper and Row, New York.

การพัฒนาระบบค้นหาและแนะนำหอพักอัตโนมัติ: กรณีศึกษาจังหวัดภูเก็ต

Development of Automated Dormitory Search and Recommendation System: Case Study Phuket Province

ชญานนท์ แก้วโยธา[1] , ฉัตรญาดา พิมงา[2] และ ณสิทธิ์ เหล□าเส็น[3*]

Chayanon Keawyota [1], Chatyada Phimnga[2] and Nasith Laosen[3*]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัล คณะวิทยาศาสตร□และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต 21 ม.6 ถ.เทพกระษัตรี ต.รัษฎา อ.เมือง จ.ภูเก็ต 83000

[1]Department of Digital Technology, Faculty of Science & Technology, Phuket Rajabhat University 21 Moo 6, Ratsada Subdistrict, Mueang District, Phuket 83000

*Corresponding author E-mail: nasith.l@pkru.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการพัฒนาระบบต้นแบบสำหรับค้นหาและช่วยตัดสินใจเลือกหอพักในจังหวัดภูเก็ต โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความสะดวกในการเปรียบเทียบข้อมูลที่พัก ลดขั้นตอนการค้นหาด้วยตนเอง และแก้ไขปัญหาความซับซ้อนของข้อมูลหอพักที่กระจายอยู่ในหลายแหล่ง ผู้วิจัยได้ใช้กระบวนการวิศวกรรมซอฟต์แวร์ในการออกแบบและพัฒนาระบบ โดยประยุกต์ใช้เทคนิค Web Scraping ในการดึงข้อมูลราคา ทำเล และค่าสาธารณูปโภคจากเว็บไซต์ที่เกี่ยวข้องแบบอัตโนมัติ ร่วมกับการประมวลผลด้วยอัลกอริทึม K-Means Clustering เพื่อจัดกลุ่มหอพักออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ Budget, Standard และ Premium พร้อมพัฒนาระบบการให้คะแนน (Scoring Algorithm) เพื่อจัดลำดับความเหมาะสมตามงบประมาณ ระยะทาง และสิ่งอำนวยความสะดวก ก่อนนำเสนอผลลัพธ์ในรูปแบบอินเทอร์เฟซที่ผู้ใช้สามารถค้นหาและเลือกที่พักได้อย่างรวดเร็ว จากผลการทดสอบประสิทธิภาพเชิงเทคนิคพบว่าระบบสามารถดึงข้อมูล วิเคราะห์ และแสดงผลได้ถูกต้องตามเงื่อนไขการออกแบบ และจากการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานจำนวน 38 คน พบว่ามีความพึงพอใจในระดับมาก ($\overline{X}$ = 3.79) โดยเฉพาะด้านความสะดวกในการใช้งานและการช่วยลดเวลาในการค้นหาข้อมูล ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถสนับสนุนการตัดสินใจเลือกหอพักได้จริง ลดภาระในการค้นหาด้วยตนเอง และช่วยให้ผู้ใช้งานเข้าถึงข้อมูลที่จำเป็นได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: การจัดกลุ่มหอพัก, K-Means Clustering, การทำเหมืองข้อมูล, เว็บแอปพลิเคชัน

Abstract

This article presents the development of a prototype system designed to support the search and decision-making process for selecting dormitories in Phuket Province. The primary objectives are to enhance convenience in comparing accommodation information, reduce

manual searching processes, and address the complexity caused by fragmented dormitory data across multiple sources. The system was designed and developed using software engineering principles, applying Web Scraping techniques to automatically retrieve price, location, and utility information from relevant websites. The retrieved data was then processed using the K-Means Clustering algorithm to categorize dormitories into three groups—Budget, Standard, and Premium. Additionally, a scoring algorithm was developed to rank suitable options based on budget, distance, and available amenities before presenting the results through an interface that enables users to efficiently search for and select accommodation options. The technical performance evaluation revealed that the system can retrieve, analyze, and display information accurately according to the established design criteria. Furthermore, based on satisfaction assessments from 38 users, the overall satisfaction level was rated as high ($\overline{X}$ = 3.79), particularly in terms of ease of use and reduced searching time. These findings indicate that the developed system effectively supports decision-making in dormitory selection, minimizes the burden of manual information gathering, and enables users to access essential data more quickly and conveniently.

Keywords: Dormitory clustering, K-Means Clustering, Data mining, Web application

บทนำ

หลักการและเหตุผล

จังหวัดภูเก็ตถือเป็นศูนย์กลางทางเศรษฐกิจและการท่องเที่ยวที่สำคัญระดับประเทศ ส่งผลให้มีการขยายตัวของประชากรแฝงอย่างต่อเนื่อง ทั้งกลุ่มนักศึกษา พนักงานบริษัท และแรงงานต่างถิ่นที่ย้ายเข้ามาพำนักเพื่อการศึกษาและการประกอบอาชีพ ปัจจัยดังกล่าวทำให้ความต้องการที่พักอาศัยประเภทหอพักเพิ่มสูงขึ้นตามลำดับ อย่างไรก็ตาม จากการสำรวจสถานการณ์ปัจจุบันพบว่า ข้อมูลหอพักมีปริมาณมากและกระจัดกระจายอยู่ตามแหล่งข้อมูลต่าง ๆ อีกทั้งยังมีความหลากหลายในด้านคุณลักษณะ ทั้งราคา (Price) ทำเลที่ตั้ง (Location) และสิ่งอำนวยความสะดวก (Amenities) ส่งผลให้ผู้ที่ต้องการหาที่พักประสบปัญหาความยุ่งยากในการรวบรวมข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบความคุ้มค่าและต้องใช้ระยะเวลานานในการตัดสินใจเลือกที่พักให้ตอบโจทย์ความต้องการและงบประมาณของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำเทคนิคการทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) มาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาความซับซ้อนของข้อมูลดังกล่าว โดยพัฒนาเป็นระบบต้นแบบสำหรับแนะนำหอพัก ระบบที่นำเสนอใช้อัลกอริทึม K-Means Clustering ร่วมกับการดึงข้อมูลแบบเรียลไทม์ (Web Scraping) เพื่อจำแนกกลุ่มหอพักออกเป็นระดับราคาต่าง ๆ (Budget, Standard, Premium) และคำนวณคะแนนความคุ้มค่าของหอพักจากปัจจัยด้านทำเลและสิ่งอำนวยความสะดวก วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้คือช่วยสนับสนุนการตัดสินใจเลือกที่พักที่สอดคล้องกับงบประมาณและความ

ต้องการของผู้ใช้ และยกระดับการค้นหาข้อมูลที่พักอาศัยด้วยเทคโนโลยีที่มีความทันสมัย และขอบเขตของงานวิจัยนี้ครอบคลุมการพัฒนาบนแพลตฟอร์ม Google Colab โดยใช้ภาษา Python ร่วมกับไลบรารี BeautifulSoup สำหรับดึงข้อมูล ไลบรารี scikit-learn สำหรับการจัดกลุ่มข้อมูล และไลบรารี ipywidgets สำหรับส่วนติดต่อผู้ใช้งาน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันมีงานวิจัยหลายงานที่นำเทคนิคทางวิทยาการข้อมูล (Data Science) และการทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) เช่น อัลกอริทึมการจัดกลุ่ม (Clustering) และการดึงข้อมูลจากเว็บไซต์ (Web Scraping) มาประยุกต์ใช้เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจและแก้ปัญหาความซับซ้อนของข้อมูลในธุรกิจอสังหาริมทรัพย์และที่พักอาศัย ตัวอย่างงานวิจัย เช่น พสธร วิทยาปรีชาพล (2563) ได้ศึกษาการประเมินราคาเสนอขายห้องชุดโดยใช้ Deep Neural Network ร่วมกับอัลกอริทึม K-Means Clustering เพื่อจัดกลุ่มห้องชุดที่มีลักษณะใกล้เคียงกันก่อนนำไปประเมินราคา ซึ่งช่วยเพิ่มความแม่นยำในการตั้งราคาให้สอดคล้องกับกลไกตลาด พัสกร เต็มแก้ว และคณะ (2566) ศึกษาปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการเลือกเช่าหอพักของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต พบว่าปัจจัยด้านราคา (Price) และลักษณะทางกายภาพของหอพัก (Product) เป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจสูงสุด และ วงศ์สิทธิ์ จิรพล (2559) พัฒนาแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่เพื่อค้นหาหอพักในจังหวัดมหาสารคาม โดยรวบรวมข้อมูลพิกัดและรายละเอียดหอพักมาแสดงผลบนแผนที่ ซึ่งช่วยลดระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการค้นหาที่พักได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ในต่างประเทศ Zhang et al. (2019) ได้ประยุกต์ใช้ K-Means ในการจัดสรรหอพักนักศึกษาโดยวิเคราะห์จากพฤติกรรมการใช้ชีวิต ซึ่งพบว่าอัลกอริทึมสามารถแบ่งกลุ่มข้อมูลที่ซับซ้อนได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ จากตัวอย่างงานวิจัยข้างต้น เทคโนโลยีการจัดกลุ่มข้อมูลและการพัฒนาแอปพลิเคชันค้นหาที่พักได้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในฐานะเครื่องมือสำคัญที่ช่วยลดความยุ่งยากในการสืบค้นข้อมูล และช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถเปรียบเทียบทางเลือกที่คุ้มค่าที่สุดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามหลักการวิศวกรรมซอฟต์แวร์เพื่อให้ระบบสามารถวิเคราะห์และจัดกลุ่มหอพักได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีรายละเอียดการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนดังนี้

1. การวิเคราะห์และการออกแบบระบบ

ผู้วิจัยเริ่มต้นการพัฒนาระบบโดยการวิเคราะห์ปัญหาและความต้องการของผู้ใช้งาน ซึ่งพบว่าปัญหาหลักคือความยากลำบากในการเปรียบเทียบข้อมูลหอพักที่มีปริมาณมากและหลากหลาย ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบสถาปัตยกรรมระบบโดยแบ่งการทำงานออกเป็น 3 โมดูลหลัก ได้แก่ (1) ส่วนการดึงข้อมูลและจัดกลุ่มข้อมูล (Data Acquisition and Clustering) ทำหน้าที่รวบรวมข้อมูลดิบจากเว็บไซต์แหล่งข้อมูลหอพัก (2) ส่วนการประมวลผลและระบบแนะนำ (Processing and Recommendation Module) และ (3) ส่วนการแสดงผล (User Interface) ทำหน้าที่รับค่าจากผู้ใช้และแสดงผลลัพธ์การค้นหา

2. การพัฒนาระบบ

ในขั้นตอนการพัฒนาระบบ ผู้วิจัยได้เลือกใช้ภาษา Python เป็นเครื่องมือหลัก เนื่องจากความพร้อมของไลบรารีที่สนับสนุนการวิเคราะห์ข้อมูลและปัญญาประดิษฐ์ที่มีประสิทธิภาพสูง โดยกระบวนการพัฒนาสามารถจำแนกออกเป็นขั้นตอนสำคัญต่างๆ ดังนี้

2.1 โมดูลการดึงข้อมูลและจัดกลุ่มข้อมูล (Data Acquisition and Clustering)

กระบวนการเริ่มต้นด้วยการดึงข้อมูลจากเว็บ RentHub โดยใช้ไลบรารี BeautifulSoup และ Requests เพื่อรวบรวมรายชื่อหอพักที่ตั้งอยู่ในบริเวณใกล้เคียงมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ข้อมูลที่รวบรวมได้ประกอบด้วยคุณลักษณะสำคัญ ได้แก่ ชื่อหอพัก (Name) ราคาเริ่มต้น (Price_Min) และตำบลที่ตั้ง (Subdistrict) จากนั้นระบบจะนำข้อมูลตำบลมาผ่านกระบวนการแปลงค่า (Data Transformation) เพื่อกำหนดเป็น รหัสโซนตัวเลข (Zone) เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการประมวลผล ดังตัวอย่างชุดข้อมูลที่แสดงในภาพที่ 1

จากนั้นเข้าสู่ขั้นตอนการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยอัลกอริทึม K-Means โดยกำหนดตัวแปรในการวิเคราะห์ไว้ 2 มิติ ได้แก่ ราคา (Price) และ โซนพื้นที่ (Zone) เนื่องจากเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกที่พักอาศัยของนักศึกษา การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของทั้งสองมิตินี้ช่วยให้การแบ่งกลุ่ม (Clustering) มีประสิทธิภาพและสะท้อนบริบทความเป็นจริงได้ดียิ่งขึ้น กล่าวคือ ระบบจะไม่พิจารณาเพียงแค่ระดับราคาเท่านั้น แต่จะนำทำเลที่ตั้งมาคำนวณร่วมด้วย ทำให้หอพักที่มีราคาเท่ากันแต่อยู่คนละทำเลสามารถถูกแยกแยะความแตกต่างและจัดกลุ่มได้อย่างเหมาะสม ผลลัพธ์จากการประมวลผลแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม Budget (ประหยัด), กลุ่ม Standard (มาตรฐาน) และ กลุ่ม Premium (พรีเมียม) ซึ่งจะถูกนำไปใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการคำนวณคะแนนความคุ้มค่าในลำดับถัดไป ดังแสดงในภาพที่ 2

Name	Price_Min	Subdistrict	Zone
ณัฐทิชา แมน	3800	วิชิต	2
MB wealth	4500	เทพกระษัตรี	0
หอพักบ้านอ	4000	ตลาดใหญ่	2
พลอยไพลิน	4200	ตลาดใหญ่	2
กิ๊ฟเฮาส์ บ้าน	18000	เทพกระษัตรี	0
บ้านปุณยภัท	5500	รัษฎา	3
sukipalm	16500	ฉลอง	1
สติงเลส วิลล่	25000	วิชิต	2

ภาพที่ 1 ตัวอย่างข้อมูลที่ดึงจากเว็บ RentHub

Cluster_Name	จำนวนหอ	ราคาเฉลี่ย (บาท)	ต่ำสุด (บาท)	สูงสุด (บาท)
Budget (ประหยัด)	335	5,237	2,000	11,000
Standard (มาตรฐาน)	74	17,015	12,000	35,000
Premium (พรีเมียม)	11	55,364	40,000	100,000

ภาพที่ 2 ผลการจัดกลุ่มหอพักที่สกัดข้อมูลจากแหล่งข้อมูลภายนอก โดยแบ่งระดับตามเกณฑ์ราคาและโซนพื้นที่

2.2 โมดูลการประมวลผลและระบบแนะนำ (Processing and Recommendation Module)

โมดูลนี้ทำหน้าที่เป็นแกนกลางในการประมวลผลเพื่อคัดเลือกและจัดลำดับหอพักที่สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้มากที่สุด โดยรับข้อมูลนำเข้า (Input) จากส่วนติดต่อผู้ใช้และทำงานร่วมกับโมเดล AI ที่ได้จัดเตรียมไว้ในโมดูลก่อนหน้า การทำงานของโมดูลนี้ประกอบด้วย 2 ฟังก์ชันหลักที่มีความสัมพันธ์กัน คือ (1) ฟังก์ชันการค้นหาและคัดกรอง และ (2) ฟังก์ชันการคำนวณคะแนนความคุ้มค่า รายละเอียดดังนี้

- *ฟังก์ชันการค้นหาและคัดกรอง (Function Run_Search)*: ฟังก์ชันนี้ทำหน้าที่เป็นกระบวนการหลักในการค้นหา (Main Execution Routine) โดยรับค่าพารามิเตอร์นำเข้า 2 ค่า ได้แก่ งบประมาณ (User_Budget) และทำเลที่ต้องการ (User_Location_Name) การทำงานเริ่มต้นด้วยการแปลงข้อมูลทำเลให้เป็นรหัสโซนพื้นที่ (Zone ID) จากนั้นระบบจะนำงบประมาณและรหัสโซนส่งเข้าสู่โมเดล K-Means เพื่อทำนายว่าผู้ใช้จัดอยู่ในกลุ่มเป้าหมายใด (Target Cluster: Economy, Standard หรือ Premium) เมื่อทราบกลุ่มเป้าหมาย ระบบจะทำการดึงข้อมูลหอพักทั้งหมดที่อยู่ในกลุ่มดังกล่าว (Candidate Selection) และทำการจัดลำดับความสำคัญเบื้องต้น (Prioritize) โดยให้ความสำคัญกับหอพักที่ตั้งอยู่ในตำบลที่ระบุเป็นลำดับแรก และหอพักที่มีราคาใกล้เคียงงบประมาณเป็นลำดับรอง จากนั้นระบบจะดำเนินการดึงข้อมูลเชิงลึกแบบเวลาจริง (Real-time Scraping) จากเว็บไซต์สำหรับหอพักในลำดับต้นๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลสถานะห้องว่างและอัตราค่าน้ำค่าไฟที่เป็นปัจจุบัน และส่งข้อมูลทั้งหมดไปให้ฟังก์ชันการคำนวณคะแนนความคุ้มค่าคำนวณต่อไป รหัสเทียมของฟังก์ชันการค้นหาและคัดกรองแสดงดังภาพที่ 3
- *ฟังก์ชันการคำนวณคะแนนความคุ้มค่า (Function Calculate_Score)*: ฟังก์ชันนี้ทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลเชิงลึกของหอพักแต่ละแห่งเพื่อประเมินระดับความเหมาะสมและแปลงเป็นคะแนนมาตรฐานในช่วง 0 ถึง 10 โดยอาศัยอัลกอริทึมการตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์ (Multi-criteria Decision Making) กระบวนการเริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์ปัจจัยด้านเศรษฐศาสตร์ โดยคำนวณส่วนต่างระหว่างราคาค่าเช่ากับงบประมาณที่ผู้ใช้กำหนด หากหอพักมีราคาต่ำกว่างบประมาณจะได้รับคะแนนในสัดส่วนที่สูงกว่าหอพักที่มีราคาสูงกว่างบประมาณควบคู่ไปกับการตรวจสอบอัตราค่าไฟฟ้าที่ได้จากการดึงข้อมูลล่าสุด ซึ่งระบบจะให้คะแนนพิเศษแก่หอพักที่คิดค่าไฟในอัตรามาตรฐานรัฐบาลหรือตามเรทหอพักปกติ เนื่องจากเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าใช้จ่ายรายเดือนระยะยาว จากนั้นระบบจะดำเนินการวิเคราะห์ปัจจัยด้านภูมิศาสตร์ด้วยการนำพิกัด GPS ของหอพักมาคำนวณระยะทางขจัดไปยังจุดหมายปลายทางโดยใช้สูตร Haversine Formula เพื่อให้คะแนนตามระดับความใกล้ไกล ซึ่งสะท้อนถึงความสะดวกในการเดินทาง นอกจากนี้ยังพิจารณาองค์ประกอบด้านคุณภาพชีวิตและความ

น่าเชื่อถือ โดยระบบจะตรวจสอบรายการสิ่งอำนวยความสะดวกสำคัญ ได้แก่ เครื่องปรับอากาศ อินเทอร์เน็ตไร้สาย ที่จอดรถ และระบบรักษาความปลอดภัย รวมถึงสถานะการยืนยันตัวตนของผู้ประกอบการ หากตรวจพบคุณลักษณะเหล่านี้จะมีการบวกคะแนนเพิ่มตามน้ำหนักความสำคัญที่กำหนดไว้ ขั้นตอนสุดท้ายคือการนำคะแนนรวมจากทุกมิติมาหารปรับสัดส่วน (Normalization) เพื่อให้ได้ผลลัพธ์เป็นเกรดความคุ้มค่าสุทธิสำหรับใช้ในการจัดลำดับการแนะนำต่อไป รหัสเทียมของฟังก์ชันการคำนวณคะแนนความคุ้มค่าแสดงดังภาพที่ 4

Function 1: Run_Search(User_Budget, User_Location_Name)

Input:

- User_Budget (Integer): The monthly budget limit provided by the user.
- User_Location_Name (String): The name of the subdistrict or location string provided by the user.

Output:

- Final_Results (List): A list of the top 5 recommended dormitories, sorted by score.

Algorithm:

1. AI Prediction & Filtering:
   - Convert User_Location_Name into a corresponding User_Zone_ID.
   - Predict the Target_Cluster (Economy/Standard/Premium) using the pre-trained KMeans_Model with inputs User_Budget and User_Zone_ID.
2. Select & Prioritize Candidates:
   - Select records from the database to create Candidates_List where the dormitory's cluster matches the Target_Cluster.
   - Sort Candidates_List by priority:
     - First, records where Subdistrict matches User_Location_Name (Exact Match).
     - Second, records sorted by price difference relative to User_Budget.
3. Iterate Through Candidates:
   - Initialize an empty list Final_Results.
   - For each Dorm in Candidates_List:
     - Scrape Real-time Data: Extract Real_Details (electricity rate, facilities, availability, GPS) from the dormitory's website.
     - Calculate Score: Compute the Score by calling Calculate_Score(Dorm, Real_Details, User_Budget, User_Location_Name).
     - Append {Dorm, Real_Details, Score} to Final_Results.
4. Return the result:
   - Return Final_Results sorted by Score in descending order.

ภาพที่ 3 รหัสเทียมของฟังก์ชันการค้นหาและคัดกรอง

Function 2: Calculate_Score(Dorm, Details, Budget, Target_Loc)

Input:

- Dorm (Object): Basic dormitory information (Name, Price).
- Details (Object): Deep-scraped details (Electricity rate, Facilities, GPS, Verified status).
- Budget (Integer): The user's specified budget.
- Target_Loc (String): The user's target location name.

Output:

- Final_Grade (Float): The calculated suitability score on a scale of 0 to 10.

Algorithm:

1. Calculate Diff = Dorm.Price - Budget.
   - If Diff <= -500 then add 25 to Total_Score.
   - If Diff <= 0 then add 20 to Total_Score.
   - If Diff <= 500 then add 15 to Total_Score.
   - Otherwise, add 5 to Total_Score.
2. Parse Elec_Rate from Details.
   - If Elec_Rate <= 5 (Government Rate) then add 15 to Total_Score.
   - If Elec_Rate <= 8 (Standard Rate) then add 10 to Total_Score.
3. Calculate Dist_KM using the Haversine Formula between Dorm.GPS and the target destination.
   - If Dist_KM < 3 km then add 20 to Total_Score.
   - If Dist_KM <= 7 km then add 15 to Total_Score.
   - Otherwise, add 5 to Total_Score.
4. Check features in Details:
   - If "Air Conditioner" is present then add 8 to Total_Score.
   - If "Wifi", "Parking", or "Security" is present then add 4 for each.
   - If Details.Is_Verified is True then add 10 to Total_Score.
5. Calculate Final_Grade = Total_Score / 10.0.
6. Return Final_Grade.

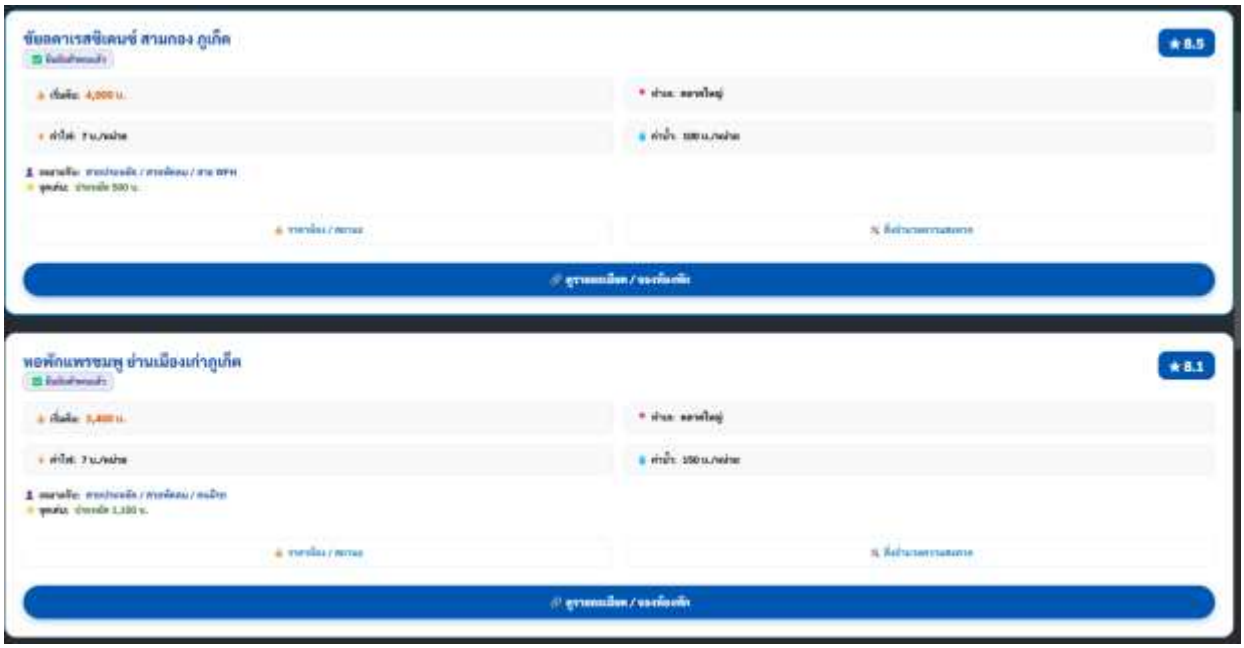
ภาพที่ 4 รหัสเทียมของฟังก์ชันการค้นหาและคัดกรอง

2.3 โมดูลการแสดงผล

ในส่วนของส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (User Interface) ระบบทำหน้าที่รับข้อมูลนำเข้าสำคัญ ได้แก่ งบประมาณ (Budget) และ ทำเลที่ต้องการ (Location) จากผู้ใช้ เพื่อส่งต่อไปยังโมดูลประมวลผลสำหรับคำนวณคะแนนความคุ้มค่าและคัดเลือกหอพักที่เหมาะสมที่สุด โดยผู้วิจัยได้ออกแบบหน้าจอภายใต้แนวคิด Modern Living ที่เน้นความทันสมัยผ่านโทนสีน้ำเงิน-ส้ม และจัดวางข้อมูลในรูปแบบการ์ด (Card UI) เพื่อให้การแสดงผลมีความสวยงามและอ่านง่าย ดังตัวอย่างหน้าจอระบบที่แสดงในภาพที่ 5 และตัวอย่างผลการค้นหาแสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 5 ตัวอย่างหน้าจอการรับข้อมูล



ภาพที่ 6 ตัวอย่างหน้าจอแสดงผลการค้นหา

3. การทดสอบระบบ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบระบบเพื่อให้มั่นใจว่าระบบต้นแบบทำงานได้ถูกต้องและมีประสิทธิภาพ โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ การทดสอบฟังก์ชันการทำงาน (Functional Testing) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเชิงเทคนิค และการทดสอบความพึงพอใจ (Satisfaction Testing) เพื่อประเมินผลการใช้งานจากผู้ใช้จริง

3.1 การทดสอบฟังก์ชันการทำงาน (Functional Testing)

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการทำงานของระบบตามฟีเจอร์หลักที่ได้ออกแบบไว้ โดยกำหนดกรณีทดสอบ (Test Cases) ที่สำคัญ 3 กรณี ดังนี้

- *กรณีทดสอบที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพการดึงข้อมูลอัตโนมัติ (Web Scraping)* ผู้วิจัยได้ทดสอบโดยการสั่งให้ระบบดึงข้อมูลจากเว็บไซต์เป้าหมาย (RentHub) ในขณะเวลาปัจจุบัน เพื่อตรวจสอบว่าระบบสามารถสกัดข้อมูลสำคัญ ได้แก่ ชื่อหอพัก ราคา ค่าน้ำ ค่าไฟ และสถานะห้องว่าง ออกมาได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน

หรือไม่ รวมถึงทดสอบการจัดการข้อผิดพลาด (Error Handling) ในกรณีที่โครงสร้างหน้าเว็บมีการเปลี่ยนแปลงหรือเกิดปัญหาการเชื่อมต่อ

- *กรณีทดสอบที่ 2 การทดสอบความถูกต้องของการประมวลผล (Processing Verification)* ผู้วิจัยตรวจสอบความแม่นยำของตรรกะการทำงานภายใน (Internal Logic) ของโมดูลประมวลผล โดยการป้อนชุดข้อมูลทดสอบเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของฟังก์ชัน Run_Search และ Calculate_Score ในการจัดกลุ่ม การดึงข้อมูล รวมทั้งการให้คะแนนตามเกณฑ์ต่าง ๆ ทั้งการคำนวณส่วนต่างราคา การแปลงอัตราค่าน้ำค่าไฟ และการคำนวณระยะทาง เพื่อให้มั่นใจว่าอัลกอริทึมสามารถคัดกรองและจัดลำดับหอพักที่มีคะแนนความคุ้มค่าสูงสุดได้อย่างถูกต้องตามเงื่อนไขที่กำหนด
- *กรณีทดสอบที่ 3 การทดสอบส่วนติดต่อผู้ใช้และการแสดงผล (User Interface Testing)* ผู้วิจัยได้ทดสอบการตอบสนองของส่วนติดต่อผู้ใช้ (User Interface) โดยจำลองสถานการณ์การใช้งานจริงในการป้อนค่างบประมาณและเลือกทำเลที่ตั้ง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการรับค่าและการแสดงผลลัพธ์ (Output Display) ว่าสามารถแสดงการ์ดข้อมูลหอพัก การจัดวางองค์ประกอบ และการเชื่อมโยงลิงก์ไปยังเว็บไซต์ต้นทางได้ถูกต้องและสวยงามตามรูปแบบที่ออกแบบไว้

3.2 การทดสอบความพึงพอใจ (Satisfaction Testing)

ในการทดสอบความพึงพอใจและการใช้งานจริง ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งประกอบด้วยนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ตและบุคคลทั่วไปที่กำลังมองหาที่พักอาศัย จำนวน 38 คน โดยให้ทดลองใช้งานระบบต้นแบบในการค้นหาหอพักจริง และประเมินผลผ่านแบบสอบถามครอบคลุม 5 ด้าน ได้แก่ ด้านการใช้งาน (Usability), ด้านการออกแบบ (UI/UX), ด้านประสิทธิภาพของระบบ AI, ด้านประโยชน์ในการใช้งานจริง และความพึงพอใจโดยรวม

ผลการวิจัย

จากการดำเนินการทดสอบระบบตามกรณีทดสอบที่กำหนดไว้ 3 กรณีหลัก ได้ผลการทดสอบดังนี้

- *กรณีทดสอบที่ 1 (การดึงข้อมูล)*: ผลการทดสอบพบว่าระบบสามารถเชื่อมต่อและดึงข้อมูลสถานะห้องว่าง ราคา และสิ่งอำนวยความสะดวกจากเว็บไซต์เป้าหมายได้ถูกต้องครบถ้วน และสามารถจัดการกับข้อผิดพลาด (Error Handling) ในกรณีที่ข้อมูลไม่สมบูรณ์ได้ดี (ผลการทดสอบ: ผ่าน)
- *กรณีทดสอบที่ 2 (การประมวลผลและระบบแนะนำ)*: ผลการทดสอบพบว่าอัลกอริทึมการคำนวณคะแนน (Scoring Algorithm) ทำงานได้อย่างแม่นยำ โดยสามารถคำนวณคะแนนความคุ้มค่าจากปัจจัยส่วนต่างราคา อัตราค่าสาธารณูปโภค และระยะทาง ได้ถูกต้องตรงตามตรรกะที่ออกแบบไว้ ส่งผลให้ระบบสามารถคัดกรองและจัดลำดับหอพักได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ผลการทดสอบ: ผ่าน)
- *กรณีทดสอบที่ 3 (ส่วนติดต่อผู้ใช้และการแสดงผล)*: ผลการทดสอบพบว่าส่วนติดต่อผู้ใช้ (UI) มีการตอบสนองต่อการรับค่างบประมาณและทำเลได้อย่างถูกต้อง และสามารถแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบกราฟิก ที่สวยงาม และสามารถเชื่อมโยงลิงก์ไปยังเว็บไซต์ต้นทางได้จริง (ผลการทดสอบ: ผ่าน)

ในส่วนของการประเมินความพึงพอใจ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้งานระบบจำนวน 38 คน โดยใช้เครื่องมือแบบสอบถามที่ครอบคลุมมิติการวัดผล 5 ด้านสำคัญ ได้แก่ ด้านความยากง่ายในการใช้งาน (Usability), ด้านการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ (UI/UX), ด้านประสิทธิภาพการประมวลผล, ด้านประโยชน์ในการนำไปใช้งานจริง และด้านความพึงพอใจโดยรวม ซึ่งกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ เริ่มจากระดับความพึงพอใจน้อยที่สุดไปหามากที่สุด

สำหรับการวิเคราะห์และแปลผลข้อมูล ผู้วิจัยใช้วิธีการทางสถิติด้วยการหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) โดยกำหนดเกณฑ์การแปลความหมายของคะแนนเฉลี่ยเพื่อระบุระดับความพึงพอใจ ดังนี้ ช่วงคะแนนเฉลี่ย 4.51 - 5.00 หมายถึงมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด, 3.51 - 4.50 หมายถึงระดับมาก, 2.51 - 3.50 หมายถึงระดับปานกลาง, 1.51 - 2.50 หมายถึงระดับน้อย และช่วงคะแนน 1.00 - 1.50 หมายถึงมีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด ซึ่งรายละเอียดผลการประเมินจำแนกตามรายด้านปรากฏดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความพึงพอใจต่อระบบ

หมวดหมู่การประเมิน	ค่า Mean ($\overline{X}$)	ค่า S.D.	ระดับความพึงพอใจ
หมวดที่ 1: ด้านการใช้งาน (Usability)			
ระบบใช้งานง่าย	4.09	1.00	มาก
การตอบสนองของระบบเข้าใจง่าย	3.97	0.93	มาก
ผู้ใช้เรียนรู้วิธีใช้งานได้ด้วยตนเอง	3.82	1.04	มาก
หมวดที่ 2: การออกแบบ UI/UX			
หน้าจอสวยงามเป็นระเบียบ	3.74	1.03	มาก
ขนาดตัวอักษร สี และการจัดวางเหมาะสม	3.71	1.01	มาก
การแสดงผลทำให้อ่านข้อมูลได้ง่าย	3.78	0.99	มาก
หมวดที่ 3: ประสิทธิภาพของระบบ			
ระบบตอบคำถามได้ตรงประเด็น/จัดกลุ่มแม่นยำ	3.73	1.08	มาก
ความรวดเร็วในการประมวลผล	3.70	1.02	มาก
ระบบเข้าใจความต้องการของผู้ใช้ได้ดี	3.67	1.00	มาก
หมวดที่ 4: ประโยชน์ในการใช้งานจริง			
ช่วยให้เข้าถึงข้อมูลได้สะดวกขึ้น	3.76	1.00	มาก
ช่วยลดเวลาในการค้นหาข้อมูล	3.91	0.95	มาก
มีประโยชน์ต่อการใช้งานในชีวิตนักศึกษา	3.72	1.08	มาก
หมวดที่ 5: ความพึงพอใจโดยรวม			
ภาพรวมความพึงพอใจต่อระบบ	3.79	0.95	มาก
ความต้องการให้พัฒนาต่อยอดในอนาคต	3.98	0.94	มาก

จากตารางที่ 1 พบว่าความพึงพอใจโดยรวมของผู้ใช้งานต่อระบบอยู่ในระดับ มาก ($\overline{X}$ = 3.79, S.D. = 0.95) เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ด้านการใช้งาน (Usability) มีค่าเฉลี่ยสูงสุดในหัวข้อ "ระบบใช้งานง่าย" ($\overline{X}$ = 4.09, S.D. = 1.00) รองลงมาคือความต้องการให้มีการพัฒนาต่อยอดในอนาคต ($\overline{X}$ = 3.98) และความสามารถในการช่วยลดเวลาในการค้นหาข้อมูล ($\overline{X}$ = 3.91) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการประเมินระบบต้นแบบพบว่าระบบสามารถดำเนินการได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด ทั้งในด้านการดึงข้อมูล การจัดกลุ่มด้วย K-Means และการประเมินคะแนนความคุ้มค่าของหอพัก ซึ่งส่งผลให้การตัดสินใจของผู้ใช้งานมีความสะดวกและเป็นระบบมากขึ้น การผ่านเกณฑ์การทดสอบเชิงเทคนิคทั้งสามด้าน ได้แก่ การดึงข้อมูลอัตโนมัติ การประมวลผล และการแสดงผล สะท้อนให้เห็นถึงความถูกต้องและความสอดคล้องของกระบวนการออกแบบระบบกับโจทย์ปัญหาที่ตั้งไว้ ในขณะที่ผลการประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้งานจริงจำนวน 38 คนอยู่ในระดับ มาก ($\overline{X}$ = 3.79) โดยเฉพาะด้านความง่ายในการใช้งานและประโยชน์เชิงปฏิบัติ ชี้ให้เห็นว่าระบบมีศักยภาพในการนำไปใช้สนับสนุนการค้นหาหอพักได้จริงในบริบทพื้นที่จังหวัดภูเก็ต

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยยังมีข้อจำกัดเชิงปฏิบัติที่ควรพิจารณา กล่าวคือ ระบบยังพึ่งพาการดึงข้อมูลแบบ Real-time ผ่าน Web Scraping ซึ่งอาจทำให้ประสิทธิภาพการประมวลผลแปรผันตามสภาพแวดล้อมเครือข่ายหรือการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเว็บไซต์ต้นทาง ส่งผลให้คะแนนความพึงพอใจด้านความเร็วและความต่อเนื่องของระบบในบางสถานการณ์อยู่ในระดับต่ำกว่าด้านอื่น แม้ผลลัพธ์จะยังอยู่ในระดับมาก แต่สะท้อนว่าระบบจำเป็นต้องมีการเพิ่มกลไกเสริม เช่น การจัดเก็บข้อมูลสำรอง (Caching) หรือฐานข้อมูลกลาง เพื่อเพิ่มเสถียรภาพและความเชื่อถือได้ของผลลัพธ์ในการใช้งานระยะยาว

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาระบบต้นแบบช่วยตัดสินใจเลือกหอพักในจังหวัดภูเก็ต โดยบูรณาการเทคนิคการดึงข้อมูลอัตโนมัติ (Web Scraping) ร่วมกับอัลกอริทึม K-Means Clustering เพื่อวิเคราะห์และจัดกลุ่มหอพักตามระดับราคาและทำเล รวมถึงระบบการให้คะแนน (Scoring) เพื่อประเมินความเหมาะสมของที่พักตามงบประมาณ ค่าสาธารณูปโภค ระยะทาง และสิ่งอำนวยความสะดวก ซึ่งจากผลการทดสอบประสิทธิภาพเชิงเทคนิคพบว่าระบบสามารถดึงข้อมูลจากเว็บไซต์จริง ประมวลผลการจัดกลุ่มตามเงื่อนไข และแสดงผลลัพธ์ผ่านหน้าจอผู้ใช้ได้อย่างถูกต้องตามที่ออกแบบไว้ ส่งผลให้การค้นหาหอพักมีความเป็นระบบและลดขั้นตอนที่ยุ่งยากของผู้ใช้งานลงได้อย่างชัดเจน

นอกจากนี้ ผลการประเมินจากกลุ่มผู้ใช้งานจริงจำนวน 38 คนพบว่ามีความพึงพอใจต่อระบบในระดับ มาก โดยเฉพาะด้านความง่ายในการใช้งาน ความสะดวกในการเปรียบเทียบทางเลือก และความสามารถในการเข้าถึงข้อมูลที่จำเป็นได้เร็วขึ้น ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบโจทย์ปัญหาการค้นหาหอพักที่ข้อมูลกระจัดกระจาย

และใช้เวลาในการตัดสินใจเป็นอย่างมาก ช่วยให้ผู้ใช้งานได้รับข้อมูลที่สอดคล้องกับความต้องการและงบประมาณของตนโดยไม่ต้องอาศัยการค้นหาด้วยตนเองทั้งหมด

แม้งานวิจัยจะมีข้อจำกัดในด้านความต่อเนื่องของประสิทธิภาพจากการพึ่งพาการดึงข้อมูลแบบ Real-time และมีความแปรผันตามสภาพแวดล้อมเครือข่าย แต่โดยภาพรวมผลการดำเนินงานในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าระบบมีความเหมาะสมและมีความพร้อมต่อการนำไปพัฒนาต่อยอด เช่น การจัดเก็บข้อมูลสำรอง (Caching/Database) การเพิ่มตัวแปรด้านคุณภาพที่พักจากผู้ใช้อื่น และการขยายผลสู่ระบบเว็บแอปพลิเคชันเต็มรูปแบบ ซึ่งจะช่วยยกระดับประสิทธิภาพการค้นหาหอพักในพื้นที่ภูเก็ตได้อย่างเป็นรูปธรรมในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

ธีระ ลาภิศชยางกูล. 2553. *ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ของหอพักนักศึกษา บริเวณรอบมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.* ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

พสธร วิทยาปรีชาพล. 2563. *การประเมินราคาเสนอขายห้องชุดด้วย Deep Neural Network และ K-Means Clustering Algorithm.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พัสกร เต็มแก้ว, และคณะ. 2566. ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการเลือกเช่าหอพักภายนอกมหาวิทยาลัยของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต. *วารสารวิชาการมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต.*

ลัดดาวัลย์ ประกอบมูล. 2558. *ปัจจัยที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกเช่าหอพักของนักศึกษามหาวิทยาลัยในจังหวัดปทุมธานี.* การค้นคว้าอิสระบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

วงศ์สิทธิ์ จิรพล. 2559. การพัฒนาแอปพลิเคชันค้นหาหอพัก อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม. *รายงานการประชุมวิชาการระดับชาติทางคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ครั้งที่ 12.*

วิศว์ชนนท์ แสงสุวรรณ์, และคณะ. 2564. ปัจจัยที่นักศึกษาใช้ในการตัดสินใจเลือกเช่าห้องพักรายเดือน กรณีศึกษาบริเวณรอบมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา. *วารสารวิชาการศรีปทุม ชลบุรี. 18*(2): 112-123.

Zhang, Y., & Liu, X. 2019. Application of K-Means Clustering Algorithm in Student Dormitory Allocation. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 563*(4): 042055. Available: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/563/4/042055/pdf

การพัฒนาระบบแจ้งเตือนข่าวสารสำหรับมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ตผ่านแอปพลิเคชันไลน์

Development of News Notification System for Phuket Rajabhat University via LINE Application

นภทีป์ กรีชัย[1] ธีรภัทร ปิ่นแก้ว[2] และ ณสิทธิ์ เหล่าเส็น[3*]

Nopatee Krechai[1], Teeraphat Pinkeaw[2] and Nasith Laosen[3*]

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต 21 ม.6 ถ.เทพกระษัตรี ต.รัษฎา อ.เมือง จ.ภูเก็ต 83000

[1] Department of Digital Technology, Faculty of Science & Technology, Phuket Rajabhat University 21 Moo 6, Ratsada Subdistrict, Mueang District, Phuket 83000

*Corresponding author E-mail: nasith.l@pkru.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการพัฒนาระบบแจ้งเตือนข่าวสารและสภาพอากาศอัตโนมัติผ่านแอปพลิเคชั่น LINE สำหรับมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยให้นักศึกษาและบุคลากรได้รับข้อมูลข่าวสารที่รวดเร็วทันเหตุการณ์ และเพื่อจะแก้ปัญหาความไม่สะดวกในการตรวจสอบข้อมูลผ่านหน้าเว็บไซต์ด้วยตนเอง ผู้วิจัยได้ใช้กระบวนการวิศวกรรมซอฟต์แวร์ในการดำเนินการวิจัย โดยพัฒนาบนแพลตฟอร์ม Low-Code (n8n) ในการสร้างกระบวนการทำงานอัตโนมัติ (Automated Workflow) ร่วมกับการใช้เทคนิค Web Scraping ในการดึงข้อมูลข่าวสาร และได้เชื่อมต่อ API เพื่อดึงข้อมูลสภาพอากาศโดยที่มีการจัดการข้อมูลซ้ำซ้อนด้วยฐานข้อมูล Airtable นอกจากนี้ยังมีการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์เพื่อสรุปเนื้อหาข่าวให้กระชับและเข้าใจง่ายก่อนจะส่งแจ้งเตือนในรูปแบบ Flex Message ผ่าน LINE Messaging API จากผลการประเมินทดสอบความพึงพอใจจากที่ได้กลุ่มตัวอย่างผู้ใช้งานพบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจด้านความสะดวกในการใช้งานในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.73) และด้านรูปแบบการแสดงผลในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.33) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ สามารถจะช่วยลดขั้นตอนในการค้นหาข้อมูลและช่วยให้ผู้ใช้งานไม่พลาดประกาศสำคัญของมหาวิทยาลัยได้จริง

คำสำคัญ: การแจ้งเตือนอัตโนมัติ, n8n, ปัญญาประดิษฐ์

Abstract

This article presents the development of an automated news and weather notification system via LINE Chatbot for Phuket Rajabhat University. The objectives are to assist students and staff in receiving timely information and to address the inconvenience of manually checking the website. The researchers employed software engineering processes, developing the system on the n8n Low-Code platform to create automated workflows. Web Scraping techniques were utilized to retrieve news data, and APIs were integrated to fetch weather information, with data deduplication managed by Airtable database. Additionally, Google Gemini Artificial Intelligence was applied to summarize news for clarity and conciseness before delivering notifications as Flex Messages via the LINE Messaging API. The satisfaction evaluation results from actual users revealed that the satisfaction level Ease of use was at the highest level ($\overline{X}$ = 4.73), and the satisfaction level Design format was at the high level ($\overline{X}$ = 4.33). This indicates that the developed system is effective, reduces the steps required to search for information, and ensures that users do not miss important university announcements.

Keywords: Automated Notification, n8n, Artificial Intelligence

บทนำ

หลักการและเหตุผล

ในยุคปัจจุบันการสื่อสารข้อมูลข่าวสารที่รวดเร็ว และมีความถูกต้องถือเป็นหัวใจที่สำคัญในการขับเคลื่อนองค์กร โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับของสถาบันการศึกษาที่มีข้อมูลสำคัญจำนวนมาก ไม่ว่าจะเป็นประกาศทางวิชาการ ข่าวสารทุนการศึกษา กิจกรรมพัฒนานักศึกษา หรือประกาศด่วนจากมหาวิทยาลัย ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ส่งผลโดยตรงต่อสิทธิประโยชน์และการวางแผนการเรียนของนักศึกษารวมถึงการปฏิบัติงานของบุคลากร

มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ตมีการแจ้งเตือนข่าวสารที่ต้องการแจ้งให้กับนักศึกษารับรู้ อย่างไรก็ตามจากการสำรวจบริบทการสื่อสารในปัจจุบันจะพบว่า ช่องทางสื่อสารหลักของมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ตมักทำการประกาศผ่านทางเว็บไซต์เป็นหลัก ซึ่งเป็นการสื่อสารแบบทิศทางเดียว (One Way Communication) และต้องอาศัยให้ผู้ใช้งานเป็นผู้เข้าหาข้อมูลเอง ส่งผลให้นักศึกษาและบุคลากรมักพลาดข้อมูลข่าวสารที่สำคัญ เนื่องจากไม่สะดวกในการเข้าตรวจสอบหน้าเว็บไซต์อย่างสม่ำเสมอ หรืออาจเกิดความล่าช้าในการรับรู้ข้อมูลทำให้เสียโอกาสในการเข้าร่วมกิจกรรมหรือรับทราบประกาศสำคัญได้อย่างทันท่วงที

จากเหตุดังกล่าวผู้วิจัยจึงนำเทคโนโลยีกระบวนการทำงานอัตโนมัติ (Automated Workflow) และ Generative AI มาประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยได้ทำการพัฒนาระบบ Automated Workflow ที่ทำงานร่วมกับ LINE เพื่อช่วยให้นักศึกษาและบุคลากรได้รับข้อมูลข่าวสารและสภาพอากาศที่ทันเหตุการณ์ เพื่อให้ไม่พลาดประกาศสำคัญของมหาวิทยาลัย และเพื่ออำนวยความสะดวกในการเข้าถึงข้อมูลแทนระบบเดิมที่ต้องตรวจสอบผ่านหน้าเว็บไซต์ด้วยตนเองซึ่งมีความล่าช้าและไม่สะดวกต่อการใช้งาน ขอบเขตของงานวิจัยนี้ครอบคลุมการพัฒนา Automated Workflow บนแพลตฟอร์ม n8n ที่สามารถเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล Airtable เพื่อตรวจสอบความซ้ำซ้อนของข้อมูล และมีการประยุกต์ใช้ Google Gemini API มาใช้ในการประมวลผลและสรุปเนื้อหาข่าวร่วมกับการดึงข้อมูลสภาพอากาศจาก OpenWeatherMap API เพื่อส่งการแจ้งเตือนในรูปแบบ Flex Message ผ่าน LINE Messaging API ซึ่งการพัฒนาระบบนี้สอดคล้องกับการใช้งานเทคโนโลยีเพื่อแก้ปัญหาและอำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวัน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เกรียงศักดิ์ และคณะ (2565) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การประยุกต์ใช้ LINE Notify เพื่อใช้ในการแจ้งเตือนสำหรับระบบสารสนเทศต่าง ๆ ของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานีโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการติดตาม และเฝ้าระวังของการทำงานของระบบสารสนเทศภายในของมหาวิทยาลัย และเพื่อให้ผู้ดูแลระบบสามารถจะรับทราบเหตุการณ์ผิดปกติได้อย่างทันท่วงทีผ่านแอปพลิเคชัน LINE ซึ่งถือเป็นช่องทางที่เข้าถึงได้ง่ายและมีความรวดเร็ว ผลการศึกษาพบว่า การนำ LINE Notify API มาประยุกต์ใช้ช่วยลดระยะเวลาในการตรวจสอบระบบและเพิ่มความรวดเร็วในการแก้ปัญหาได้อย่างมีนัยสำคัญ

สุทิน อุทธบูรณ์ (2560) ได้จัดทำโครงงานเรื่อง กรณีศึกษาการสกัดข้อมูลงานวิจัยบนเว็บเพจด้วยเว็บครอว์เลอร์ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาหลักการและกระบวนการทำงานของเทคโนโลยีเว็บครอเลอร์ (Web Crawler) ในการดึงข้อมูลจากหน้าเว็บไซต์ต่าง ๆ มาจัดเก็บอย่างเป็นระบบ เพื่อลดภาระการทำงานซ้ำซ้อนของมนุษย์ในการรวบรวมข้อมูลที่มีปริมาณมาก ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การใช้โปรแกรมอัตโนมัติในการสกัดข้อมูลช่วยให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง ครบถ้วน และประหยัดเวลา

สาวิตรี (2563) ได้ดำเนินการวิจัยเรื่อง การประยุกต์รูปแบบ ICT แจ้งเตือนข้อมูลสารสนเทศด้วยเทคนิค Line notify API ในสถานการณ์ COVID-19 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ปัญหาความล่าช้าและการเข้าถึงข้อมูลข่าวสารที่คลาดเคลื่อนในช่วงวิกฤตการแพร่ระบาด ซึ่งต้องการความรวดเร็วและความถูกต้องแม่นยำสูง โดยผู้วิจัยได้พัฒนาระบบส่งแจ้งเตือนข้อมูลสถิติและข่าวสารสำคัญผ่าน LINE Notify ไปยังกลุ่มเป้าหมาย ผลการวิจัย

ชี้ให้เห็นว่า ระบบดังกล่าวสามารถช่วยกระจายข่าวสารได้อย่างรวดเร็วและตรงกลุ่มเป้าหมาย (Real-time Push Notification) ช่วยลดความตระหนกและสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องแก่ผู้รับสาร

มัรวาน จูแซ (2568) ได้ดำเนินการวิจัยเรื่อง การสกัดข้อมูลอัตโนมัติด้วยเทคนิค Web Scraping และ AI สู่การสร้างฐานข้อมูลข่าวและเหตุการณ์ในจังหวัดชายแดนภาคใต้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ปัญหาความล่าช้าและภาระงานซ้ำซ้อนในการรวบรวมข้อมูลข่าวสารจากเว็บไซต์ต่าง ๆ ด้วยฝีมือมนุษย์ ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบอัตโนมัติโดยประยุกต์ใช้เทคนิคการดึงข้อมูลจากหน้าเว็บไซต์ (Web Scraping) ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) ในการประมวลผลและจำแนกหมวดหมู่ข้อมูล ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าระบบดังกล่าวสามารถลดระยะเวลาในการจัดการข้อมูลลงได้ถึงร้อยละ 85 (จากเดิม 1-2 ชั่วโมง เหลือเพียง 10-15 นาทีต่อวัน) และมีความถูกต้องแม่นยำในการดึงข้อมูลสูงถึงร้อยละ 97

ชนินทร์ และคณะ (2567) ได้ดำเนินการวิจัยเรื่อง การพัฒนาแอปพลิเคชันแจ้งเตือนกิจกรรมสำหรับนักศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อจะแก้ไขปัญหาการพลาดโอกาสเข้าร่วมกิจกรรมสำคัญของนักศึกษาและบุคลากร เนื่องจากความไม่สะดวกในการเข้าถึงข้อมูลผ่านเว็บไซต์รูปแบบเดิม คณะผู้ดำเนินงานได้พัฒนาระบบในรูปแบบโมบายแอปพลิเคชัน (Mobile Application) ด้วยภาษา Dart และ Flutter Framework ร่วมกับการเชื่อมต่อข้อมูลผ่าน API โดยยึดหลักการพัฒนาระบบตามแบบจำลองน้ำตก (Waterfall Model) ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าผู้ใช้งานทั่วไปมีความพึงพอใจต่อแอปพลิเคชันในระดับ มากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.58) ในขณะที่ผู้เชี่ยวชาญมีความพึงพอใจในระดับ มาก (ค่าเฉลี่ย 3.81)

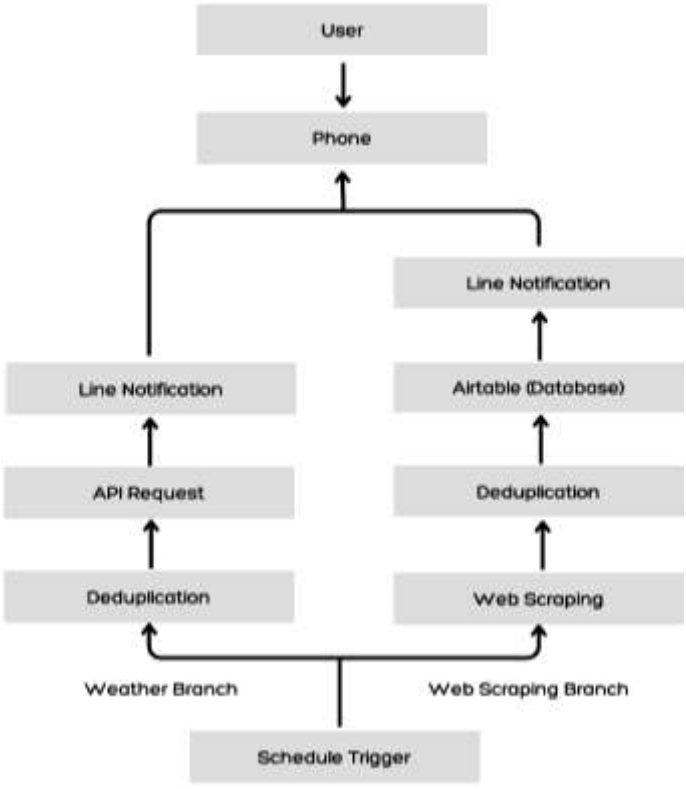
จากงานวิจัยข้างต้นช่วยยืนยันประสิทธิภาพขององค์ประกอบต่าง ๆ ในระบบได้โดยสามารแบ่งออกได้ออกเป็น 2 ประเด็นหลัก คือ 1) ด้านแพลตฟอร์ม ซึ่งประกอบด้วย งานวิจัยของเกรียงศักดิ์และคณะ (2565) และงานวิจัยของสาวิตรี (2563) ยืนยันตรงกันว่า LINE เป็นเครื่องมือสื่อสารเชิงรุกที่รวดเร็วและเสถียร ซึ่งตอบโจทย์ปัญหาการรับข่าวสารในมหาวิทยาลัยตามที่ งานวิจัยของชนินทร์และคณะ (2567) ระบุไว้ แต่ระบบของคณะผู้วิจัยนี้มีความได้เปรียบกว่าตรงที่ช่วยลดภาระการติดตั้งแอปพลิเคชันเพิ่มเติม และ 2) ด้านเทคโนโลยี ซึ่งประกอบด้วย งานวิจัยของสุทิน (2560) และงานวิจัยของมัรวาน (2568) ชี้ชัดว่าการผสานเทคโนโลยี Web Scraping เข้ากับ AI เป็นกลไกสำคัญที่ช่วยลดภาระงานซ้ำซ้อนและเพิ่มความแม่นยำได้จริง สอดคล้องกับกระบวนการทำงานอัตโนมัติของโครงงานของคณะผู้วิจัยนี้ ที่ช่วยให้นักศึกษาได้รับข้อมูลที่กระชับและถูกต้องโดยไม่ต้องเสียเวลาสืบค้นด้วยตนเอง

วิธีการดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยโดยประยุกต์ใช้กระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์บนแพลตฟอร์ม Low-Code n8n เพื่อให้ระบบมีความยืดหยุ่นในการเชื่อมต่อข้อมูลและทำงานอัตโนมัติร่วมกับแอปพลิเคชัน อย่าง LINE ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีรายละเอียดการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนดังนี้

1. การวิเคราะห์และการออกแบบระบบ

ผู้วิจัยเริ่มต้นการพัฒนาระบบโดยการวิเคราะห์กระบวนการไหลของข้อมูล (Data Flow Analysis) และความต้องการของระบบในการแจ้งเตือนอัตโนมัติ โดยทางผู้วิจัยได้ออกแบบสถาปัตยกรรมระบบโดยออกแบบในรูปแบบ กระบวนการทำงานแบบรวมศูนย์ (Unified Workflow) โดยใช้ตัวกระตุ้นการทำงานหลัก (Main Trigger) เพียงตัวเดียวในการควบคุมจังหวะการทำงาน และมีการใช้เงื่อนไขตรรกะในการแยกสายการทำงาน (Branching) ออกเป็น 2 ส่วนงานย่อยภายในกระบวนการเดียว ได้แก่ (1) ส่วนการแจ้งเตือนข่าวสาร ทำหน้าที่ดึงข้อมูลจากเว็บไซต์และตรวจสอบความซ้ำซ้อน และ (2) ส่วนการแจ้งเตือนสภาพอากาศ ทำหน้าที่ตรวจสอบเงื่อนไขเวลาและเชื่อมต่อข้อมูลผ่าน API สถาปัตยกรรมภาพรวมของระบบแสดงได้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 โครงสร้างภาพรวมของระบบ

2. การพัฒนาระบบ

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนากระบวนการทำงานอัตโนมัติบนแพลตฟอร์ม Low-Code อย่าง n8n โดยออกแบบสถาปัตยกรรมระบบให้เป็นรูปแบบ กระบวนการทำงานแบบรวมศูนย์ (Unified Workflow โดยใช้ตัวกระตุ้นการทำงานหลัก (Main Trigger) เพียงตัวเดียวในการควบคุมจังหวะการทำงานของทั้งระบบ และใช้เงื่อนไขตรรกะในการแยกกิ่งการทำงาน (Branching) โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนงานหลักดังที่แสดงในภาพที่ 2 และมีรายละเอียดของโหนด (Node) การทำงานดังนี้

2.1 ส่วนการควบคุมหลักและแจ้งเตือนข่าวสาร (Main Control & News Notification Branch) ทำการสร้างกระบวนการอัตโนมัติที่ทำหน้าที่คอยดึงข้อมูลข่าวประชาสัมพันธ์จากเว็บไซต์มหาวิทยาลัย โดยมีการตรวจสอบความซ้ำซ้อนของข้อมูล และสรุปเนื้อหาสำคัญด้วยเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) โดยจะมีลำดับการทำงานประกอบด้วยโหนด (Node) ต่าง ๆ และมีเนื้อหาดังนี้

- *โมดูล Schedule Trigger* ประกอบด้วย โหนด Schedule Trigger ที่กำหนดการทำงานตาม โดยสั่งให้ให้ระบบเริ่มดำเนินการตรวจสอบข่าวสารใหม่โดยอัตโนมัติในทุก ๆ 1 ชั่วโมง
- *โมดูล Web scraping* ประกอบด้วย โหนด HTTP Request และ HTML Extract ทำหน้าที่ส่งคำร้องขอไปยังเว็บไซต์ประชาสัมพันธ์ของมหาวิทยาลัย เพื่อเรียกดูและดึงข้อมูลรหัสต้นฉบับ (HTML Source Code) ของหน้าเว็บไว้ใช้สำหรับประมวลผล จากนั้นทำการสกัดข้อมูลจำเพาะ (Data Extraction) จากโครงสร้าง HTML ที่ได้รับมา โดยคัดกรองเฉพาะองค์ประกอบที่ต้องการนำไปใช้งาน ได้แก่ หัวข้อข่าว (Title), ลิงก์ (Link) และวันที่เผยแพร่ (date_pub)
- *โมดูล Deduplication* ประกอบด้วย โหนด Airtable (Search Records) และโหนด If ที่ทำการเชื่อมต่อเข้ากับฐานข้อมูล Airtable เพื่อดำเนินการตรวจสอบความซ้ำซ้อน (Deduplication) โดยนำลิงก์ข่าวที่ดึงมาได้ไปค้นหาในฐานข้อมูลว่าเคยมีการบันทึกประวัติไว้แล้วหรือไม่ หากผลการตรวจสอบพบว่า "ไม่พบข้อมูล" (True/Empty) ระบบจะอนุญาตให้ผ่านเข้าสู่ขั้นตอนถัดไป แต่หากพบว่าข้อมูลซ้ำซ้อน ระบบจะยุติการทำงานทันที
- *โมดูล Airtable (Create Records)* ทำการบันทึกข้อมูลข่าวรายการใหม่ที่ผ่านการคัดกรองแล้วลงในฐานข้อมูลเพื่อจัดเก็บเป็นประวัติการแจ้งเตือน (Log) และใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับการตรวจสอบความซ้ำซ้อนในขั้นตอนของโมดูล Deduplication
- *โมดูล LINE Notification* ประกอบด้วย โหนด AI Agent , Edit Fields และ HTTP Request (LINE API) ทำหน้าที่ส่งเนื้อหาข่าวให้ปัญญาประดิษฐ์ทำการวิเคราะห์และสรุปใจความสำคัญ จากนั้นทำการจัดรูปแบบข้อมูล (Data Formatting) และเตรียมชุดคำสั่งในรูปแบบ JSON (JSON Payload) ให้

สอดคล้องกับโครงสร้าง Flex Message ของ LINE API จากนั้นทำการส่งข้อมูลที่ผ่านการจัดรูปแบบสมบูรณ์แล้วไปยัง API ของ LINE เพื่อแสดงผลการแจ้งเตือนบนอุปกรณ์ของผู้ใช้งานในทันที

2.2 ส่วนการแจ้งเตือนสภาพอากาศ (Weather Notification Branch) สร้างสายการทำงานที่แยกออกมาจากตัวกระตุ้นหลัก (Branching) โดยทำงานคู่ขนานไปกับส่วนแจ้งเตือนข่าวสาร แต่จะมีเงื่อนไขตรวจสอบเวลาเพื่อกรองการทำงานเฉพาะช่วงเช้า ประกอบด้วยลำดับการทำงานดังนี้

- *โมดูล Deduplication* ประกอบด้วยโหนด If ทำหน้าที่ตรวจสอบเงื่อนไขเวลาโดยระบบจะตรวจสอบเวลาปัจจุบันหากตรงกับเวลา 07.00 น. (เงื่อนไขเป็นจริง) ระบบจะอนุญาตให้ข้อมูลไหลผ่านไปสู่กระบวนการดึงข้อมูลสภาพอากาศ แต่หากเป็นเวลาอื่น ระบบจะข้ามการทำงานในส่วนนี้ไป
- *โมดูล API Request* ประกอบด้วยโหนด HTTP Request ทำหน้าที่ส่งคำร้องขอข้อมูล (Request) ไปยัง API ของ OpenWeatherMap เพื่อดึงข้อมูลสภาพอากาศปัจจุบันรวมถึงค่าอุณหภูมิ
- *โมดูล Line Notification* ประกอบด้วยโหนด HTTP Request ที่คอยดำเนินการประมวลด้วยภาษา JavaScript เพื่อวิเคราะห์ค่าสภาพอากาศที่ได้รับมาจาก API พร้อมสร้างประโยคคำแนะนำให้สอดคล้องกับสถานการณ์จริง จากนั้นระบบจะทำการส่งข้อมูลพยากรณ์อากาศและคำแนะนำดังกล่าวไปยังผู้ใช้งานผ่าน LINE Messaging API ในรูปแบบ Flex Message ที่มีความสวยงามและอ่านง่าย ดังในภาพที่ 3



ภาพที่ 2 โครงสร้างการทำงานแบบรวมศูนย์



ภาพที่ 3 การแสดงผลการแจ้งเตือนบน Line OA

ภาพที่ 3 การแสดงผลการแจ้งเตือนบน Line OA ที่จะมีการส่งข้อความไปยังผู้ที่กดแอด Line Oa โดยจะส่งข้อความแจ้งเตือนมาบนรูปแบบของ Flex Message โดยที่ผู้ใช้สามารถคลิกลิงก์ของข่าวเพื่อไปยังหน้าข่าวสารได้แบบทันทีหากอยากอ่านข่าวสารแบบครบถ้วน และจะมีส่วนของการแจ้งเตือนสภาพอากาศว่าวันนี้อากาศเป็นอย่างไรบ้างทำให้สามารถเตรียมตัวก่อนการออกเดินทางไปทำงาน หรือเข้ามหาวิทยาลัยได้

3. การทดสอบระบบ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบระบบเพื่อให้มั่นใจว่าแอปพลิเคชันทำงานได้ถูกต้องและมีประสิทธิภาพ โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ส่วน คือ การทดสอบฟังก์ชันการทำงาน (Functional Testing) และการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งาน (Usability Testing)

3.1 การทดสอบฟังก์ชันการทำงาน (Functional Testing)

ผู้วิจัยจะทำการทดสอบการทำงานของระบบตามฟีเจอร์หลักที่ได้ออกแบบไว้ โดยมีกรณีทดสอบ 3 กรณี รายละเอียดดังนี้

- *กรณีทดสอบที่ 1* การทดสอบการแจ้งเตือนเมื่อพบข่าวสารใหม่ ผู้วิจัยจะจำลองสถานการณ์โดยให้ระบบดึงข้อมูลข่าวสารล่าสุดจากเว็บไซต์มหาวิทยาลัยที่ยังไม่เคยถูกบันทึกลงในฐานข้อมูล Airtable มาก่อน และตรวจสอบว่าสามารถส่งข้อความหาผู้ใช้ได้หรือไม่
- *กรณีทดสอบที่ 2* การทดสอบการระงับการแจ้งเตือนเมื่อพบข้อมูลซ้ำ ผู้วิจัยได้ทดสอบโดยการสั่งการให้ระบบดึงข้อมูลชุดเดิมที่เคยทำการแจ้งเตือนและบันทึกลงในฐานข้อมูลไปแล้ว และตรวจสอบว่าระบบส่งข้อมูลซ้ำไปให้ผู้ใช้หรือไม่
- *กรณีทดสอบที่ 3* การทดสอบความถูกต้องของเงื่อนไขสภาพอากาศ ผู้วิจัยได้ทดสอบการประมวลผลโดยจำลองค่าสภาพอากาศที่แตกต่างกันจาก API (เช่น ฝนตก, เมฆมาก, แดดจัด) เพื่อตรวจสอบการทำงานของ JavaScript Logic ภายในระบบ

3.2 การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งาน (Usability Testing)

ในการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งาน ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ประกอบด้วยนักศึกษาและบุคลากร เพื่อตรวจสอบความรวดเร็วในการแจ้งเตือน ความถูกต้องของเนื้อหา และความเหมาะสมของรูปแบบการแสดงผลต่อการใช้งานจริง ผลการทดสอบจะนำเสนอในหัวข้อถัดไป

ผลการวิจัย

ผลการทดสอบฟังก์ชันการทำงาน (Functional Testing)

กรณีทดสอบที่ 1 ผลการทดสอบพบว่าระบบสามารถตรวจสอบสถานะข้อมูลได้ถูกต้อง และดำเนินการส่งข้อมูลต่อไปยังส่วนประมวลผล AI เพื่อสรุปเนื้อหา จนกระทั่งส่งข้อความแจ้งเตือนรูปแบบ Flex Message ไปยังแอปพลิเคชัน LINE ของผู้ใช้งานได้สำเร็จตามกระบวนการที่ออกแบบไว้ (ผลการทดสอบ: ผ่าน)

กรณีทดสอบที่ 2 ผลการทดสอบพบว่าระบบตรรกะสามารถตรวจพบข้อมูลดังกล่าวในฐานข้อมูลที่บันทึกไว้ และสั่งให้ระบบระงับการทำงานขั้นตอนถัดไปทันทีทำให้ไม่มีข้อความแจ้งเตือนซ้ำถูกส่งไปยังผู้ใช้งาน ซึ่งครงตามเงื่อนไขการป้องกัน Spam ที่ตั้งไว้ (ผลการทดสอบ: ผ่าน)

กรณีทดสอบที่ 3 ผลการทดสอบพบว่า ระบบสามารถเลือกแสดงผล และสร้างประโยคคำแนะนำในการปฏิบัติตนได้สอดคล้องกับค่าสถานะสภาพอากาศจริงที่ได้รับมาอย่างถูกต้องแม่นยำ (ผลการทดสอบ: ผ่าน)

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งาน (Usability Testing)

การประเมินระบบแจ้งเตือนข่าวสารและสภาพอากาศอัตโนมัติผ่าน LINE สำหรับมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ตการ ประเมินโดยกลุ่มผู้ใช้งานจำนวน 33 คน โดยสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานทั้งหมดสี่ด้าน ได้แก่ ด้านรูปแบบการแสดงผล ด้านความถูกต้องของข้อมูล ด้านความสะดวกในการใช้งาน และด้านความสามารถใช้งานได้จริงและเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้ โดยกำหนดเกณฑ์ดังนี้

ระดับความพึงพอใจมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 5 คะแนน

ระดับความพึงพอใจมาก มีค่าเท่ากับ 4 คะแนน

ระดับความพึงพอใจปานกลาง มีค่าเท่ากับ 3 คะแนน

ระดับความพึงพอใจน้อย มีค่าเท่ากับ 2 คะแนน

ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 1 คะแนน

จากนั้นนำคะแนนไปหาค่าเฉลี่ย โดยใช้เกณฑ์ในการแปลความหมายค่าเฉลี่ยดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 - 5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51 - 4.50 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51 - 3.50 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 - 2.50 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.50 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด

การประเมินประสิทธิภาพของระบบจะใช้วิธีการวัดแบบประเมินค่าโดยใช้สถิติ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ผลการประเมินของผู้ใช้งานทั่วไปและผู้เชี่ยวชาญแสดงได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพของผู้ใช้งานทั่วไป

รายการประเมิน	**ระดับคุณภาพ**		
	ค่าเฉลี่ย	**S.D.**	**แปลผล**
รูปแบบการแสดงผล	4.33	0.65	มาก
ความถูกต้องของข้อมูล	4.52	0.57	มากที่สุด
ความสะดวกในการใช้งาน	4.73	0.45	มากที่สุด
สามารถใช้งานได้จริงและเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้	4.64	0.55	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม	4.56	0.56	มากที่สุด

จากตารางที่ 1 พบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อระบบแจ้งเตือนข่าวสารและสภาพอากาศอัตโนมัติผ่าน LINE อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด โดยมีภาพรวม ($\overline{X}$ = 4.56, S.D. = 0.56) เมื่อพิจารณารายด้านพบว่าด้านความสะดวกในการใช้งานมีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด มีระดับคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.73, S.D. = 0.45) รองลงมาคือ ด้านความสามารถใช้งานได้จริงและเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.64, S.D. = 0.55) และความถูกต้องของข้อมูล มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด มีระดับคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.52, S.D. = 0.57) ในขณะที่ด้านรูปแบบการแสดงผลมีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก มีระดับคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.33, S.D. = 0.65) ตามลำดับ

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบแจ้งเตือนข่าวสารและสภาพอากาศอัตโนมัติผ่าน LINE พบว่าภาพรวมอยู่ในระดับที่น่าพึงพอใจเป็นอย่างมาก โดยกลุ่มผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาจำแนกรายด้านพบว่า ด้านความสะดวกในการใช้งาน ได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงสุดที่ 4.73 ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการพัฒนาระบบบนแพลตฟอร์ม LINE ที่ช่วยลดภาระในการติดตั้งแอปพลิเคชันเพิ่มเติม

รองลงมาคือ ด้านการใช้งานจริงและประโยชน์ ที่มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับสูงถึง 4.64 ผลลัพธ์นี้สะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ ในการสรุปเนื้อหาข่าวให้กระชับและเข้าใจง่าย ช่วยให้ผู้ใช้งานเข้าถึงข้อมูลที่สำคัญได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพเหนือกว่าระบบแจ้งเตือนแบบดั้งเดิม

อย่างไรก็ตาม ในด้านรูปแบบการแสดงผลพบว่าผู้ใช้งานประเมินคะแนนไว้ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับด้านอื่น ๆ จากการวิเคราะห์สาเหตุ คาดว่าเกิดจากที่ข้อจำกัดเชิงโครงสร้างของรูปแบบข้อความ (Flex Message) บนทางแพลตฟอร์ม LINE ที่มีลักษณะเป็นเทมเพลตตายตัว (Template-based) ทำให้ขาดความยืดหยุ่นในการปรับแต่งส่วนติดต่อผู้ใช้ (User Interface) เมื่อเทียบกับการพัฒนาแอปพลิเคชันแบบ Native จึงส่งผลต่อความหลากหลายในการนำเสนอข้อมูล ทั้งนี้เพื่อให้สามารถยกระดับความพึงพอใจในด้านดังกล่าว ผู้วิจัยขอเสนอแนวทางแก้ไขโดยการออกแบบเมนูลัด (Rich Menu) ให้มีความสวยงามและสื่อความหมายที่ชัดเจนยิ่งขึ้น หรือการผนวกระบบสร้างภาพกราฟิกอัตโนมัติ (Dynamic Image Generation) เข้ามาเสริมในกระบวนการทำงาน เพื่อช่วยดึงดูดความสนใจและเพิ่มประสบการณ์ที่ดีในการใช้งานระบบต่อไป

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาระบบแจ้งเตือนข่าวสารและสภาพอากาศอัตโนมัติผ่าน LINE โดยบูรณาการการทำงานระหว่างแพลตฟอร์ม Low-Code (n8n) และปัญญาประดิษฐ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสื่อสารข้อมูล ซึ่งผลการทดสอบประสิทธิภาพเชิงเทคนิคพบว่าระบบสามารถดึงข้อมูลจากเว็บไซต์และตรวจสอบความซ้ำซ้อนร่วมกับฐานข้อมูล Airtable โดยพบว่ามีความถูกต้องแม่นยำ พร้อมทั้งสามารถประมวลผลสรุปเนื้อหาข่าวและรายงานสภาพอากาศได้ ซึ่งมีผลการประเมินจากกลุ่มตัวอย่างพบว่าผู้ใช้งานทั่วไปมีความพึงพอใจต่อระบบในระดับมากที่สุด โดยเฉพาะความสะดวกในการใช้งาน ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าระบบสามารถตอบโจทย์ความต้องการของผู้ใช้งานในการลดขั้นตอน และความซับซ้อนของการเข้าถึงข้อมูลช่วยให้ผู้ใช้งานได้รับข่าวสารสำคัญและข้อมูลสภาพอากาศอย่างรวดเร็ว ผ่านทางแอปพลิเคชันที่คุ้นเคยโดยไม่ต้องคอยเสียเวลาสืบค้นด้วยตนเอง นอกจากนี้ระบบยังช่วยลดภาระงานซ้ำซ้อนได้จริงตามแนวคิดกระบวนการทำงานอัตโนมัติ แม้จะมีข้อจำกัดเล็กน้อยในด้านความยืดหยุ่นของการออกแบบการแสดงผล บนแพลตฟอร์ม LINE แต่โดยภาพรวมแสดงให้เห็นว่าระบบที่ได้พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสม และมีความพร้อมอย่างยิ่งที่จะนำไปประยุกต์ใช้เพื่อยกระดับประสิทธิภาพการสื่อสารภายในมหาวิทยาลัยต่อไป

เอกสารอ้างอิง

เกรียงศักดิ์ ตรีประพิณ, ชิตชัย เลิศศิริวัฒนวงศ์, และ อภิสิทธิ์ รัตนา. 2565. *การประยุกต์ใช้ LINE Notify เพื่อใช้ในการแจ้งเตือนสำหรับระบบสารสนเทศต่าง ๆ.* การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยอุบลราชธานีวิจัย ครั้งที่ 16.

ชนินทร์ เซ็นนันท์, ธนพัฒน์ จิตต์ชะนะ, และ ณสิทธิ์ เหล่าเส็น. 2567. *การพัฒนาแอปพลิเคชันแจ้งเตือนกิจกรรมมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต*. งานการประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีเครือข่ายสถาบันอุดมศึกษาภาคใต้ ครั้งที่ 9.

มัรวาน จูแซ. 2568. การสกัดข้อมูลอัตโนมัติด้วยเทคนิค Web Scraping และ AI สู่การสร้างฐานข้อมูลข่าวและเหตุการณ์ในจังหวัดชายแดนภาคใต้. *PULINET Journal, 12*(2): น. 189-205.

สาวิตรี วงศ์นุ่น. 2563. การประยุกต์รูปแบบ ICT แจ้งเตือนข้อมูลสารสนเทศด้วยเทคนิค Line notify API ในสถานการณ์ COVID-19. *วารสารวิชาการ ปขมท. 9*(3): น. 178-187.

สุทิน อุทธบูรณ์. 2560. *กรณีศึกษาการสกัดข้อมูลงานวิจัยบนเว็บเพจด้วยเว็บครอว์เลอร์*. งานวิทยานิพนธ์ คณะวิทยาการสารสนเทศ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยบูรพา.

ระบบบริหารจัดการผู้ป่วยนอกโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านโต๊ะเด็ง จังหวัดนราธิวาส

Development of an Outpatient Management Information System for Ban To Deng Subdistrict Health Promoting Hospital Narathiwat Province

อนีส ยายอ[1] อาลามี ยามา[2] แพรวศรี เดิมราช[3*] และ รุสนี กาแมแล[4]

Anis Yayor[1] Alamee Yama[2] Praewsee Dermrach[3*] and Rusnee Kamaelae[4]

หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

[1] **มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 133 ถนนเทศบาล 3 ตำบลสะเตง อำเภอเมืองยะลา จังหวัดยะลา 95000**

[1] Yala Rajabhat University 133 Thetsaban 3 Road, Sateng Yala Province 95000

*Corresponding author E-mail: 406565004@yru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) วิเคราะห์ ออกแบบ และพัฒนาระบบบริหารจัดการผู้ป่วยนอกสำหรับโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านโต๊ะเด็ง 2) ประเมินคุณภาพของระบบ และ 3) ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน โดยใช้หลักการพัฒนาตามวงจรการพัฒนาระบบ (SDLC) และเครื่องมือประกอบด้วย VS Code ภาษา HTML, CSS, JavaScript และ MySQL ผลการวิจัยพบว่าระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ครอบคลุมกระบวนการตั้งแต่การลงทะเบียนจนถึงการชำระเงิน ผลการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับมาก และผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$= 4.51, S.D. = 0.55)

คำสำคัญ : ระบบ ผู้ป่วย โรงพยาบาล สุขภาพ

Abstract

The objectives of this research were: (1) to analyze, design, and develop an outpatient management information system for Ban To Deng Subdistrict Health Promoting Hospital; (2) to

evaluate the quality of the system; and (3) to assess user satisfaction. The system was developed based on the System Development Life Cycle (SDLC) using tools such as Visual Studio Code, HTML, CSS, JavaScript, and MySQL. The results revealed that the system operated efficiently across all service processes. Expert quality evaluation was at a high level, and overall user satisfaction was at the highest level ($\bar{X}$= 4.51, S.D. = 0.55)

Keywords : System, Patient, Hospital, Health

บทนำ

ในบริบทของการดูแลสุขภาพปัจจุบัน โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล (รพ.สต.) มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในฐานะสถานบริการระดับปฐมภูมิที่ทำหน้าที่เป็นด่านหน้าในการให้บริการดูแลสุขภาพประชาชนแบบองค์รวม ภารกิจหลักครอบคลุมตั้งแต่การส่งเสริมสุขภาพ การควบคุมป้องกันโรค การรักษาพยาบาลเบื้องต้น ไปจนถึงการฟื้นฟูสภาพและการจัดการปัจจัยเสี่ยงด้านสุขภาพในชุมชน การดำเนินงานที่ซับซ้อนและครอบคลุมนี้จำเป็นต้องอาศัยการจัดการข้อมูลที่มีความแม่นยำและเป็นระบบ เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจและการให้บริการผู้ป่วยได้อย่างราบรื่น การนำระบบสารสนเทศมาประยุกต์ใช้ในการจัดการข้อมูลจึงเป็นหัวใจสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของบุคลากรทางการแพทย์ และยกระดับคุณภาพของการบริการสาธารณสุขให้มีมาตรฐานในระดับสากล

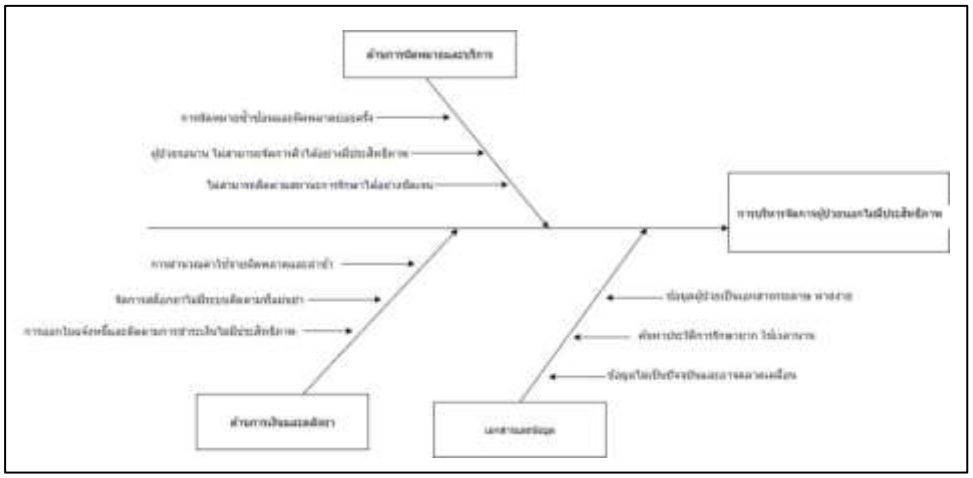
อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาพบว่าการดำเนินงานด้านบริการผู้ป่วยนอกของ รพ.สต. หลายแห่งยังคงประสบปัญหาสำคัญ โดยเฉพาะการจัดเก็บข้อมูลผู้ป่วยที่ยังคงพึ่งพาระบบเอกสารกระดาษเป็นหลัก ส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการเข้าถึงข้อมูลประวัติการรักษา ข้อมูลเวชระเบียนมีความซ้ำซ้อนหรือสูญหายได้ง่าย และการจัดทำรายงานสถิติเพื่อวางแผนงานบริการสุขภาพในชุมชนมักใช้เวลานานและขาดความแม่นยำ สำหรับโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านโต๊ะเด็ง จังหวัดนราธิวาส ซึ่งเป็นหน่วยบริการในพื้นที่สามจังหวัดชายแดนใต้ที่มีลักษณะภูมิศาสตร์เฉพาะตัว ประชาชนในพื้นที่ห่างไกลมักประสบความยากลำบากในการเข้าถึงบริการเนื่องด้วยการเดินทางที่ไกล สภาพอากาศที่ไม่เอื้ออำนวย และการต้องนั่งรอคิวเป็นเวลานาน นอกจากปัญหาด้านความล่าช้าแล้ว ระบบงานเดิมที่ไม่มีเทคโนโลยีเข้ามาช่วยจัดการยังส่งผลให้เกิดความเสี่ยงในด้านการบริหารจัดการยาและเวชภัณฑ์ที่ขาดระบบควบคุมอย่างเป็นระบบ ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ป่วยและการส่งต่อในภาวะฉุกเฉิน อีกทั้งยังไม่มีระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่ช่วยให้แพทย์หรือพยาบาลสามารถวิเคราะห์ข้อมูลการรักษาได้อย่างรวดเร็ว ปัญหาเหล่านี้ล้วนเป็นอุปสรรคสำคัญที่ทำให้ประชาชนในพื้นที่ไม่ได้รับบริการสุขภาพที่มีคุณภาพและเท่าเทียม

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นความจำเป็นในการวิเคราะห์ ออกแบบ และพัฒนาระบบบริหารจัดการผู้ป่วยนอกสำหรับโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านโต๊ะเด็งขึ้น เพื่อนำเทคโนโลยีสารสนเทศที่ทันสมัยมาปรับเปลี่ยนกระบวนการทำงานจากรูปแบบกระดาษสู่ระบบดิจิทัล โดยระบบที่พัฒนาขึ้นจะครอบคลุมสิทธิ์การใช้งานของบุคลากร 6 กลุ่ม ตั้งแต่เจ้าหน้าที่เวชระเบียน แพทย์ เภสัชกร ไปจนถึงเจ้าหน้าที่การเงินและตัวผู้ป่วยเอง เพื่อลดขั้นตอนที่ซ้ำซ้อน เพิ่มความแม่นยำในการบันทึกข้อมูล และช่วยให้การติดตามผลการรักษาเป็นไปอย่างต่อเนื่อง การพัฒนานี้ไม่เพียงแต่เป็นการปรับปรุงประสิทธิภาพภายในองค์กร แต่ยังมุ่งเน้นที่การยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนในพื้นที่ห่างไกลให้สามารถเข้าถึงบริการทางสุขภาพที่มีประสิทธิภาพและรวดเร็วอย่างยั่งยืน

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงประยุกต์ (Applied Research) โดยดำเนินการตามวงจรการพัฒนาระบบ (System Development ซึ่งแบ่งขั้นตอนการดำเนินงานออกเป็น 5 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

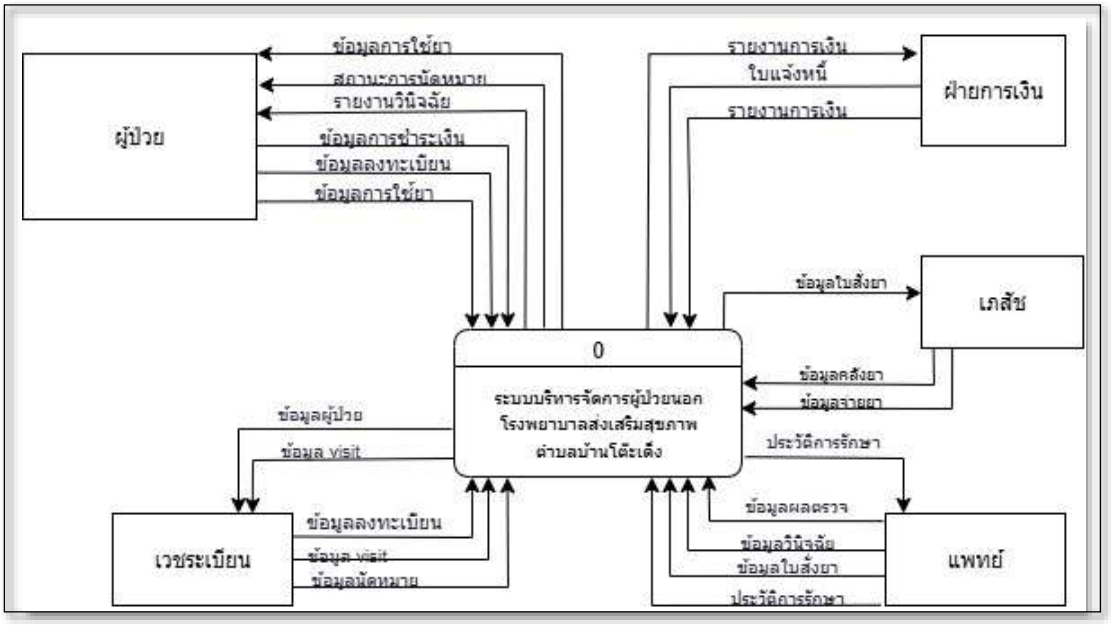
1. **การศึกษาและกำหนดปัญหา** ผู้วิจัยทำการศึกษาขั้นตอนการทำงานของระบบเดิมที่ยังใช้กระดาษแบบฟอร์มในการกรอกข้อมูล ซึ่งก่อให้เกิดข้อผิดพลาดและความล่าช้า โดยนำปัญหามาวิเคราะห์ผ่านแผนผังเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) พบประเด็นสำคัญคือ 1) ขาดสถานที่จัดเก็บเอกสารที่เหมาะสม 2) ข้อมูลในกระดาษเสื่อมสภาพและค้นหายาก 3) ขั้นตอนการจองแบบแมนนวลทำให้คิวซ้ำซ้อน และ 4) ความไม่สะดวกในการเดินทางและรอคิวนาน แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนผังเหตุและผล (Couse and effect Diagram) ของระบบงานเดิม

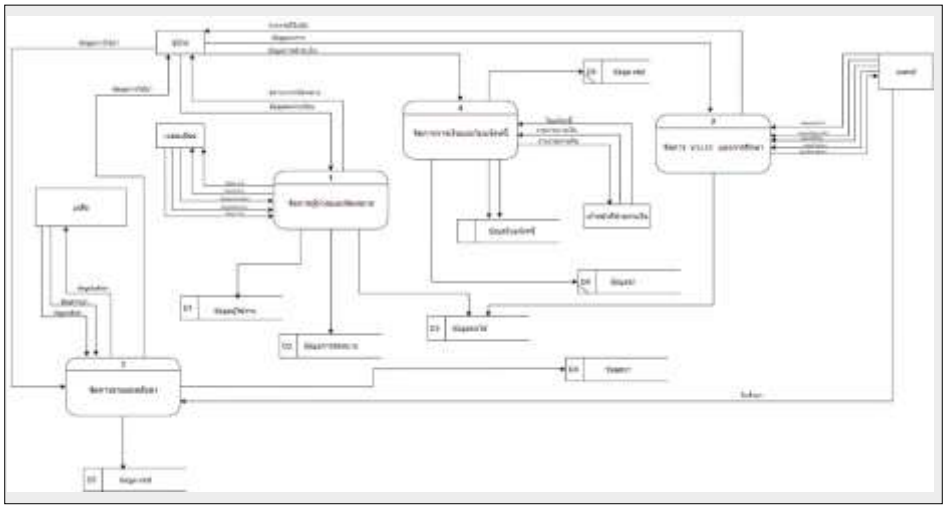
2. การวิเคราะห์ระบบ ผู้วิจัยรวบรวมความต้องการจากกลุ่มผู้เกี่ยวข้อง 6 กลุ่ม ได้แก่ ผู้ดูแลระบบ เจ้าหน้าที่เวชระเบียน แพทย์/พยาบาล เภสัชกร เจ้าหน้าที่การเงิน และผู้ป่วย แล้วนำมาจัดทำแบบจำลองลอจิคอล ดังนี้

2.1 แผนภาพบริบท (Context Diagram) แสดงภาพรวมการไหลของข้อมูลระหว่างระบบกับหน่วยงานภายนอก ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนภาพบริบทของระบบบริหารจัดการผู้ป่วยนอกโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านโต๊ะเด็ง จังหวัดนราธิวาส

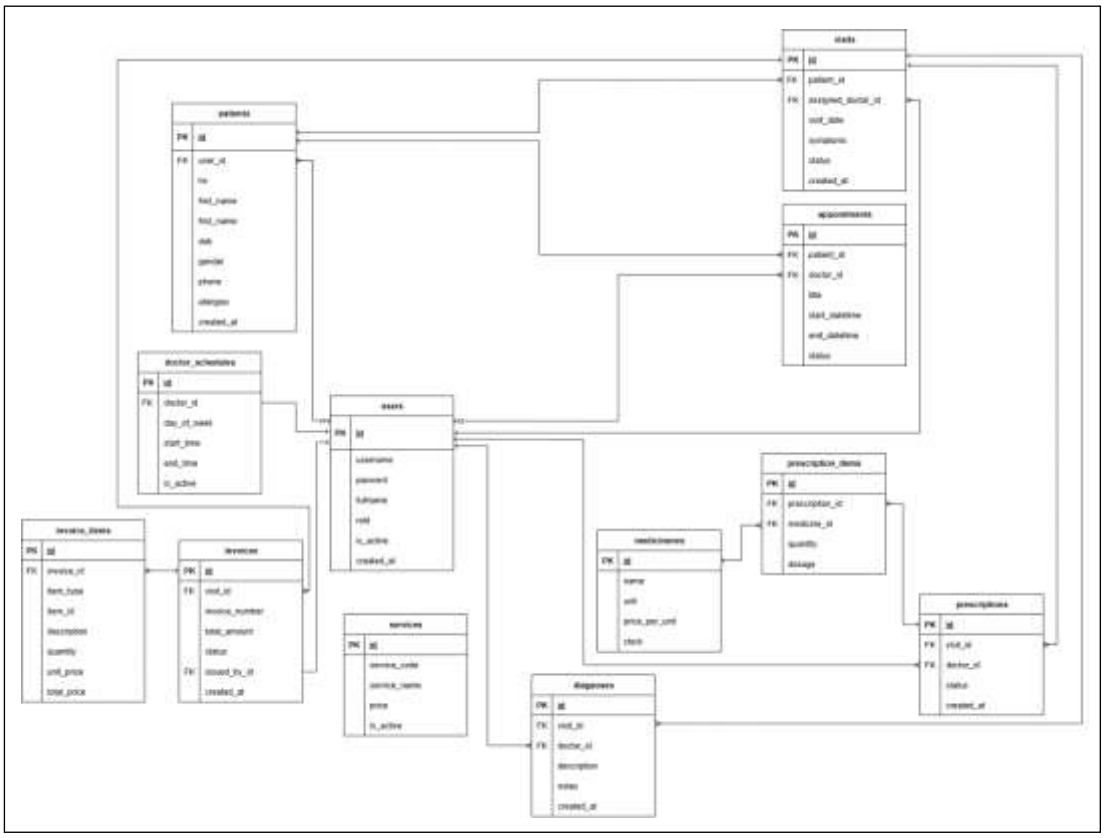
2.2 แผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram: DFD) แสดงรายละเอียดกระบวนการทำงานภายในระบบ เช่น การลงทะเบียน การตรวจรักษา การสั่งยา และการชำระเงิน ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แผนภาพกระแสข้อมูลระดับ 0 (DFD Level 0)
ระบบบริหารจัดการผู้ป่วยนอกโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านโต๊ะเด็ง จังหวัดนราธิวาส

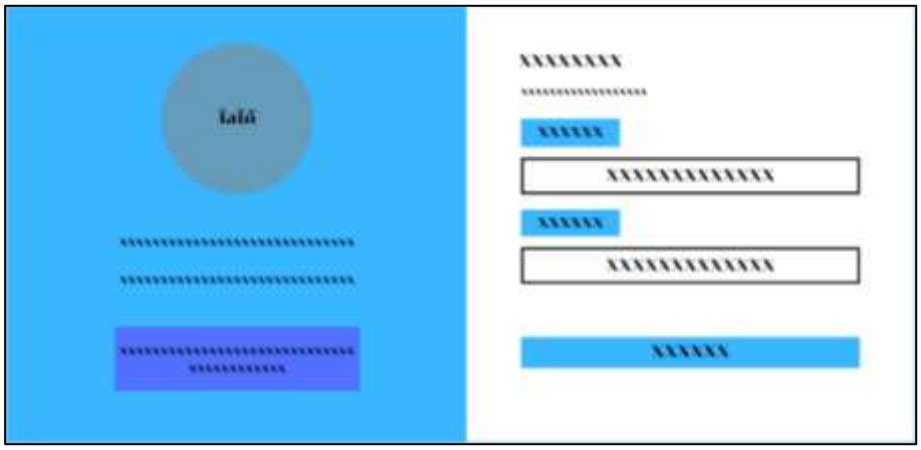
3. การออกแบบระบบ เป็นการนำผลการวิเคราะห์มาออกแบบโครงสร้างทางเทคนิค ประกอบด้วย

3.1 แบบจำลองความสัมพันธ์ของข้อมูล (ER-Diagram) ออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันทั้งหมด 12 ตาราง เช่น ตารางผู้ป่วย ตารางเวรแพทย์ และตารางใบสั่งยา เป็นต้น ดังภาพที่ 4

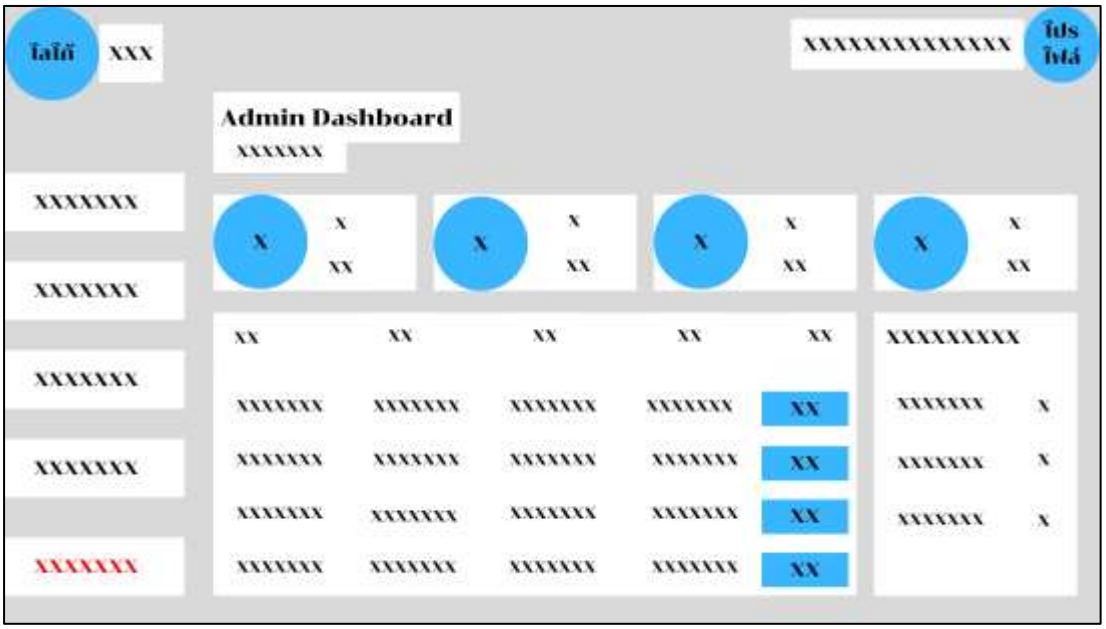


ภาพที่ 4 แบบจำลองความสัมพันธ์ของข้อมูล (ER- Diagram)
ระบบบริหารจัดการผู้ป่วยนอกโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านโต๊ะเด็ง จังหวัดนราธิวาส

3.2 การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ (User Interface Design) ออกแบบหน้าจอการใช้งานโดยแบ่งตามสิทธิ์ 6 กลุ่ม เพื่อให้ง่ายต่อการเข้าถึงข้อมูลและการปฏิบัติงาน ดังภาพที่ 5-6



ภาพที่ 5 หน้าจอเข้าสู่ระบบ



ภาพที่ 6 หน้าจอแสดงภาพรวมระบบ

4. การพัฒนาระบบ ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาระบบโดยใช้ภาษา HTML, CSS, JavaScript และ PHP โดยใช้โปรแกรม Visual Studio Code เป็นเครื่องมือหลักในการเขียนคำสั่ง (Coding) ในส่วนของการจัดการฐานข้อมูลได้เลือกใช้ MySQL และใช้ Apache สำหรับการจัดการเป็นเครื่องแม่ข่ายจำลอง ระบบที่พัฒนาขึ้นถูกออกแบบให้รองรับการทำงานตามสิทธิ์การใช้งานที่แตกต่างกันทั้งหมด 6 กลุ่ม เพื่อให้ครอบคลุมกระบวนการให้บริการของโรงพยาบาล ดังนี้

4.1 กลุ่มผู้ดูแลระบบ (Admin) มีขอบเขตการทำงานหลักในการควบคุมระบบ ได้แก่ การเข้าสู่ระบบและออกจากระบบ การจัดการข้อมูลผู้ใช้งานระบบทั้งหมด การกำหนดและจัดการสิทธิ์การเข้าถึงข้อมูลของเจ้าหน้าที่แต่ละแผนก รวมถึงการเปิดหรือปิดการใช้งานบัญชีผู้ใช้เพื่อความปลอดภัยของข้อมูล

4.2 กลุ่มเจ้าหน้าที่เวชระเบียน มีหน้าที่จัดการข้อมูลพื้นฐานของผู้ป่วย ประกอบด้วย การลงทะเบียนผู้ป่วยรายใหม่ การค้นหาและแก้ไขข้อมูลประวัติส่วนตัวของผู้ป่วย การสร้างรายการเข้ารับบริการ (Visit) การจัดการนัดหมาย และการตรวจสอบปฏิทินการนัดหมายรวมของโรงพยาบาล

4.3 กลุ่มแพทย์และพยาบาลวิชาชีพ มีขอบเขตการทำงานด้านการรักษา ได้แก่ การเรียกดูคิวผู้ป่วยและประวัติการรักษาย้อนหลัง การบันทึกอาการสำคัญและผลการวินิจฉัย การบันทึกคำแนะนำการดูแลสุขภาพ การสั่งยาผ่านระบบดิจิทัล รวมถึงการทำนัดหมายเพื่อติดตามผลการรักษา และการออกรายงานสรุปผลการตรวจรักษา

4.4 กลุ่มเภสัชกร ทำหน้าที่บริหารจัดการด้านยา ประกอบด้วย การตรวจสอบคิวใบสั่งยาจากห้องตรวจ การบันทึกข้อมูลการจัดยาตามคำสั่งแพทย์ การบริหารจัดการคลังยาและเวชภัณฑ์ การส่งข้อมูลค่าใช้จ่ายยาไปยังแผนกการเงิน และการสรุปรายงานทางเภสัชกรรม

4.5 กลุ่มเจ้าหน้าที่การเงิน มีหน้าที่จัดการด้านค่าใช้จ่าย ได้แก่ การตรวจสอบคิวผู้ป่วยที่รอชำระเงิน การบันทึกการรับชำระเงินค่ารักษาและค่ายา และการออกใบเสร็จรับเงินให้แก่ผู้รับบริการ

4.6 กลุ่มผู้ป่วย เป็นส่วนการใช้งานสำหรับประชาชนทั่วไป เพื่อเพิ่มความสะดวกในการเข้าถึงข้อมูล ประกอบด้วย การตรวจสอบรายการนัดหมายครั้งถัดไป การเรียกดูประวัติการเข้ารับบริการของตนเอง และการดูรายละเอียดคำแนะนำหรือผลการรักษาที่ผ่านมา

5. การทดสอบและการประเมินระบบ

หลังจากผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาระบบบริหารจัดการผู้ป่วยนอกเรียบร้อยแล้ว ได้ทำการทดสอบการใช้งานเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของฟังก์ชันต่างๆ จากนั้นจึงเข้าสู่ขั้นตอนการประเมินระบบซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ดังนี้

5.1 แบบประเมินคุณภาพระบบสำหรับผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยนำระบบที่พัฒนาขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ดำเนินการทดสอบและประเมินคุณภาพ เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ครอบคลุมการประเมินใน 4 ด้าน ได้แก่ ด้านความปลอดภัย ด้านความถูกต้องในการทำงานของระบบ ด้านการออกแบบ และด้านการนำไปใช้ประโยชน์ ผลการประเมินพบว่าคุณภาพของระบบในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$= 4.48, S.D. = 0.50) โดยด้านการออกแบบและด้านความปลอดภัยได้รับผลการประเมินอยู่ในระดับมากที่สุด

5.2 แบบประเมินความพึงพอใจสำหรับผู้ใช้งาน ผู้วิจัยได้นำระบบไปให้กลุ่มตัวอย่างผู้ใช้งานจริง จำนวน 22 คน (ประกอบด้วย บุคลากรทางการแพทย์ เจ้าหน้าที่ และผู้ป่วย) ได้ทดลองใช้งานและตอบแบบประเมินความพึงพอใจ การประเมินแบ่งออกเป็น 2 ด้านหลัก ได้แก่ ด้านกระบวนการทำงานของระบบงาน และด้านการติดต่อกับระบบงาน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อระบบในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$= 4.51, S.D. = 0.55) สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลจากคำถามปลายปิดด้วยค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$=) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) โดยใช้เกณฑ์การแปลผลคะแนน 5 ระดับ ดังนี้

4.51 – 5.00 หมายถึง มีคุณภาพหรือความพึงพอใจในระดับมากที่สุด

3.51 – 4.50 หมายถึง มีคุณภาพหรือความพึงพอใจในระดับมาก

2.51 – 3.50 หมายถึง มีคุณภาพหรือความพึงพอใจในระดับปานกลาง

1.51 – 2.50 หมายถึง มีคุณภาพหรือความพึงพอใจในระดับน้อย

1.00 – 1.50 หมายถึง มีคุณภาพหรือความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

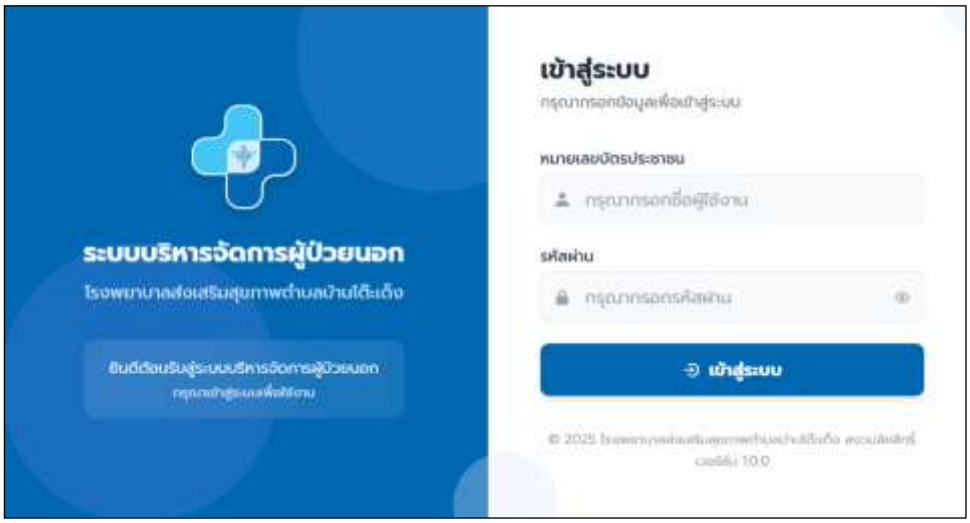
สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลจากคำถามปลายเปิดที่เกี่ยวกับข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ วิเคราะห์โดยแจกแจงความถี่ โดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) และนำเสนอในรูปตารางประกอบคำบรรยาย

ผลการวิจัย

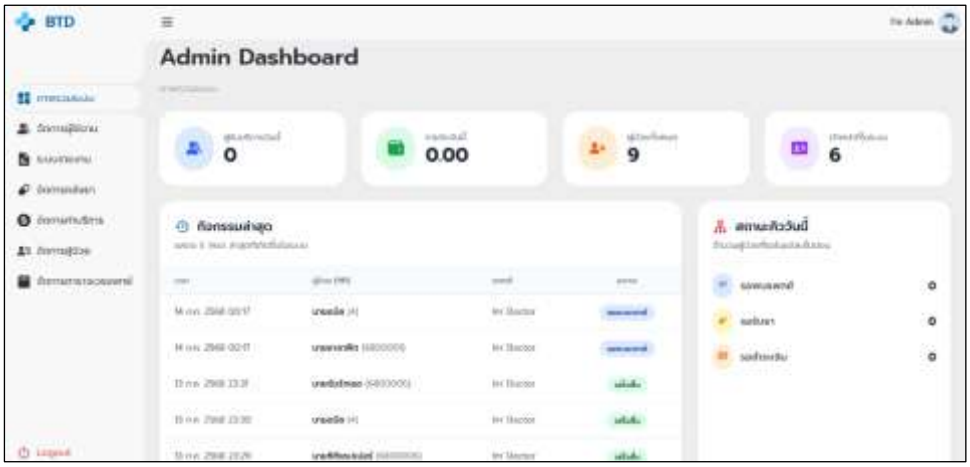
การวิจัยเพื่อพัฒนาระบบบริหารจัดการผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านโต๊ะเด็ง ได้ดำเนินการตามขั้นตอนจนได้ผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่ ผลการพัฒนาระบบ และผลการประเมินระบบ ดังนี้

1. ผลการพัฒนาระบบ ผลการพัฒนาระบบบริหารจัดการผู้ป่วยนอก ครอบคลุมกระบวนการให้บริการตั้งแต่การลงทะเบียนจนถึงการชำระเงิน โดยแบ่งสิทธิ์การใช้งานตามบทบาทหน้าที่ออกเป็น 5 กลุ่มหลัก ดังนี้

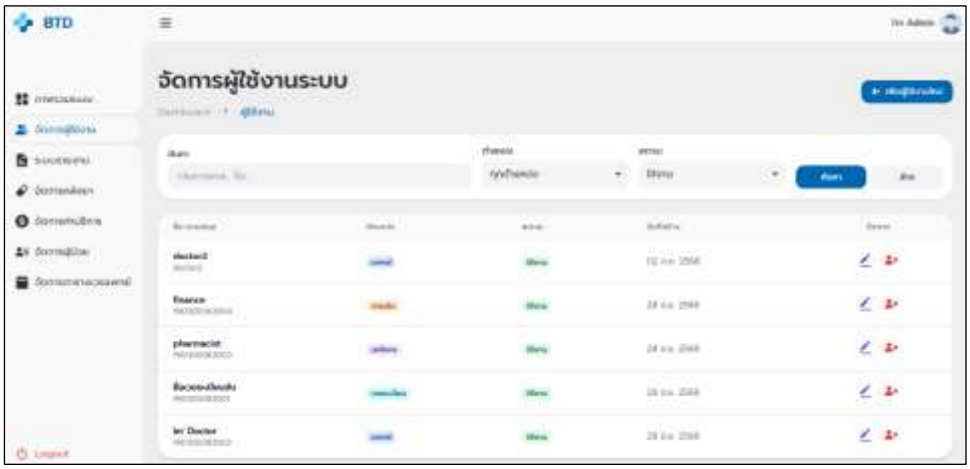
1.1) กลุ่มผู้ดูแลระบบ ใช้สำหรับจัดการโครงสร้างพื้นฐานของระบบ แบ่งเป็น 8 ส่วน เช่น การจัดการผู้ใช้งาน ระบบรายงานสรุปรายรับและการใช้ยา การจัดการคลังยา และการจัดการตารางเวรแพทย์ ดังตัวอย่างในภาพ 7-10



ภาพที่ 7 หน้าจอแสดงเข้าสู่ระบบ



ภาพที่ 8 หน้าจอแสดงหน้าหลัก

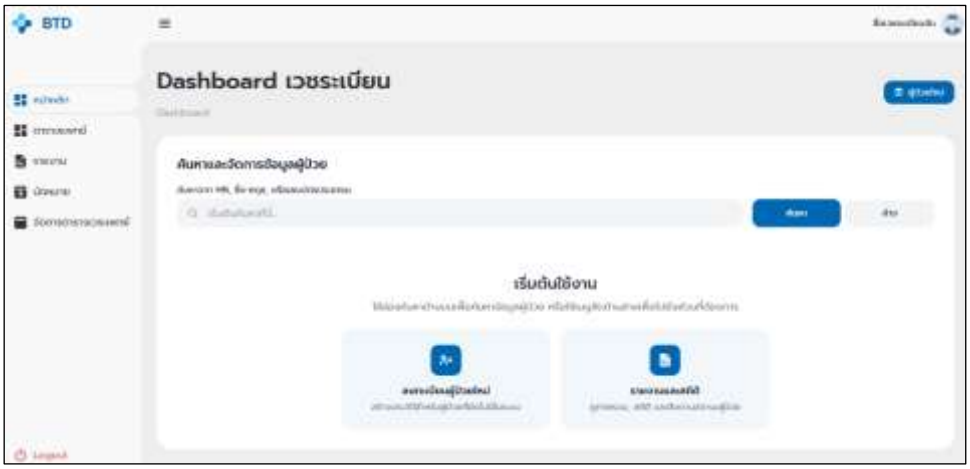


ภาพที่ 9 หน้าจอแสดงการจัดการผู้ใช้งาน

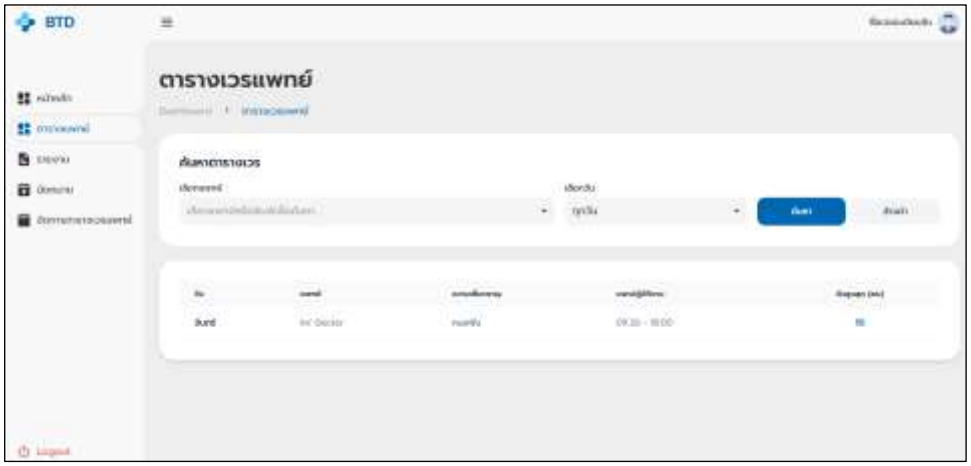


ภาพที่ 10 หน้าจอแสดงการจัดการระบบรายงาน

1.2) กลุ่มเจ้าหน้าที่เวชระเบียน ใช้สำหรับจัดการข้อมูลผู้รับบริการ แบ่งเป็น 5 ส่วน เช่น การลงทะเบียนผู้ป่วยใหม่ การจัดการตารางแพทย์ และการนัดหมายผู้ป่วยดังตัวอย่างในภาพที่ 11-12

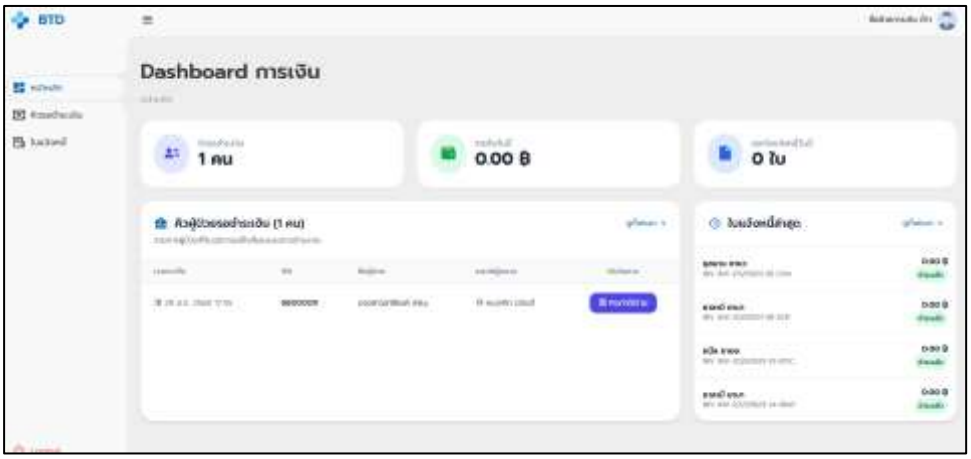


ภาพที่ 11 หน้าจอแสดงหน้าหลัก



ภาพที่ 12 หน้าจอแสดงการจัดการตารางแพทย์

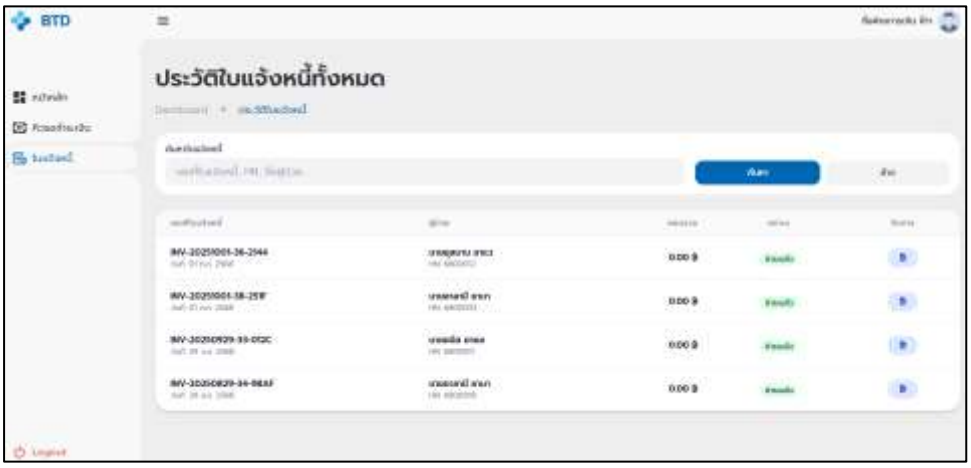
1.3) กลุ่มเจ้าหน้าที่การเงิน ใช้สำหรับจัดการด้านค่าใช้จ่าย แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ หน้าจอแสดงคิวรอชำระเงิน การตรวจสอบรายการวันนี้ และการออกใบแจ้งหนี้ ดังตัวอย่างในภาพที่ 13-15



ภาพที่ 13 หน้าจอแสดงหน้าหลัก

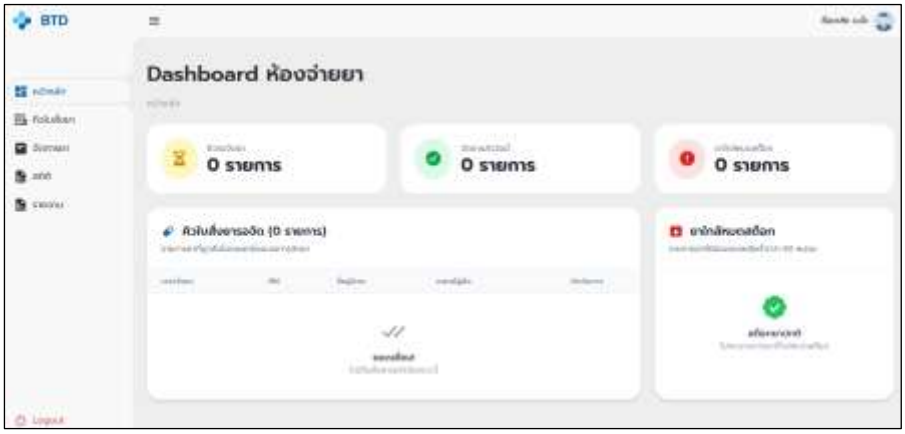


ภาพที่ 14 หน้าจอแสดงคิวรอชำระเงิน



ภาพที่ 15 หน้าจอแสดงใบแจ้งหนี้

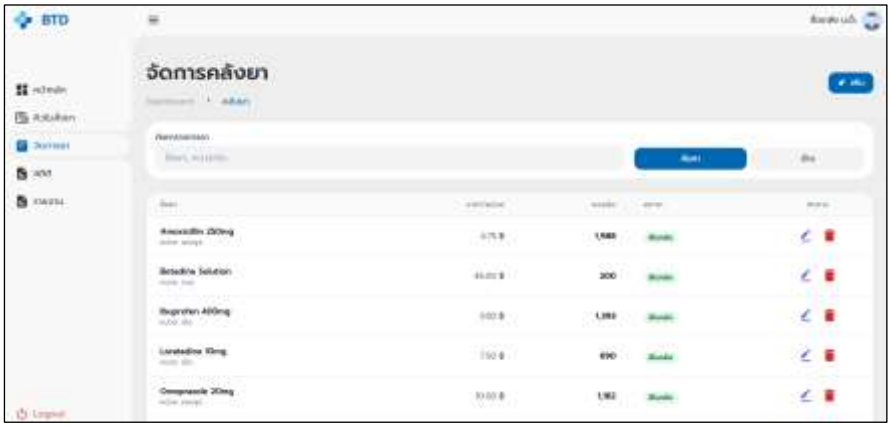
1.4) กลุ่มเภสัชกร ใช้สำหรับจัดการด้านยาและเวชภัณฑ์ แบ่งเป็น 5 ส่วน เช่น คิวใบสั่งยาจากห้องตรวจ การตรวจสอบและจัดยา และรายงานเภสัชกรรม ดังภาพตัวอย่างในภาพที่ 16-18



ภาพที่ 16 หน้าจอแสดงหน้าหลัก

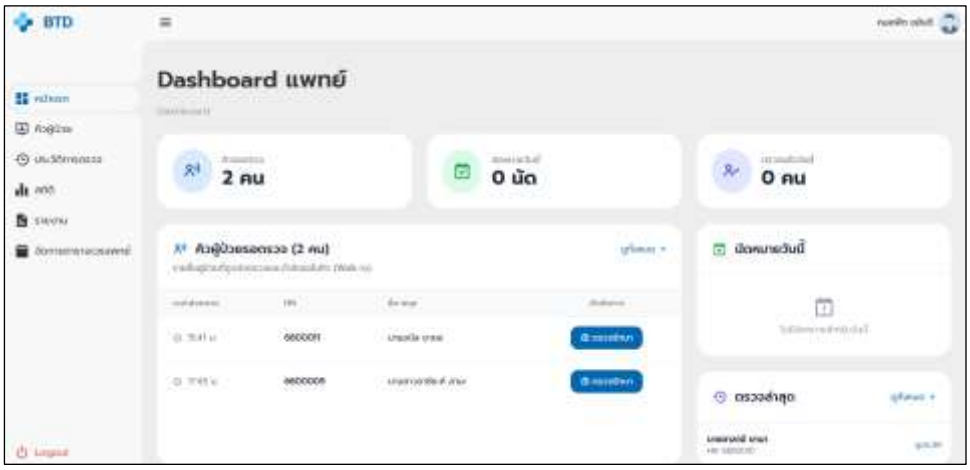


ภาพที่ 4.17 หน้าจอแสดงคิวใบสั่งยา



ภาพที่ 4.18 หน้าจอแสดงจัดการยา

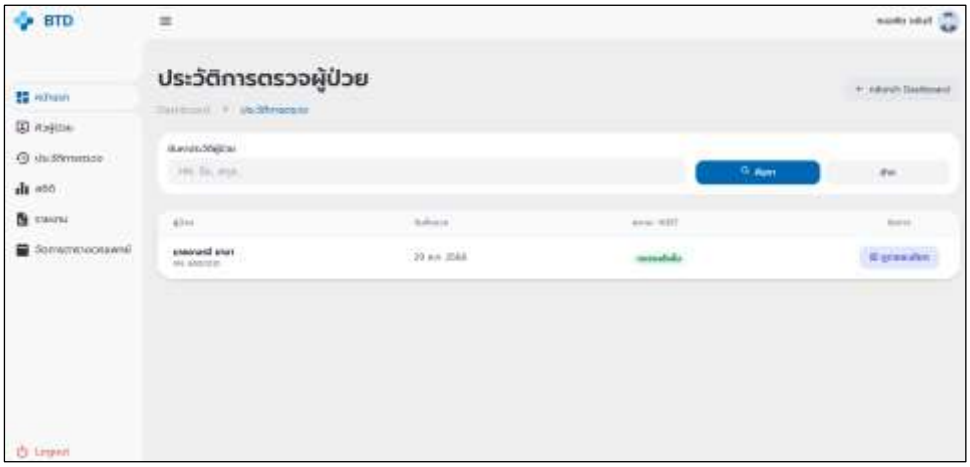
1.5) กลุ่มแพทย์ ใช้สำหรับกระบวนการตรวจรักษา แบ่งเป็น 6 ส่วน เช่น คิวรอตรวจ, การเรียกดูประวัติการรักษาย้อนหลัง การบันทึกผลวินิจฉัย และรายงานสถิติการตรวจ ดังภาพตัวอย่างในภาพที่ 19-21



ภาพที่ 19 หน้าจอแสดงหน้าแรก



ภาพที่ 20 หน้าจอแสดงคิวผู้ป่วย



ภาพที่ 21 หน้าจอแสดงประวัติการตรวจ

2. ผลการประเมินระบบ ผู้วิจัยได้แบ่งการประเมินออกเป็น 2 ชุด ดังนี้

2.1 ผลการประเมินคุณภาพระบบ โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ทำการประเมิน 4 ด้าน ประกอบด้วย ด้านความปลอดภัย ด้านความถูกต้อง ด้านการออกแบบ และด้านการนำไปใช้ประโยชน์ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพของระบบบริหารจัดการผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านโต๊ะเด็ง

รายการประเมิน	$\overline{x}$	S.D.	ความหมาย
1. ด้านความปลอดภัย	4.53	0.52	มากที่สุด
2. ด้านความถูกต้อง	4.43	0.51	มาก
3. ด้านการออกแบบ	4.57	0.51	มากที่สุด
4. ด้านการนำไปใช้ประโยชน์	4.33	0.49	มาก
ภาพรวม	**4.48**	**0.50**	**มาก**

จากตารางที่ 1 พบว่า ผลการประเมินคุณภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญในภาพรวมอยู่ในระดับ มาก ($\overline{x}$=4.48,S.D.=0.50) เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ด้านการออกแบบ มีค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{x}$=4.57,S.D.=0.51) รองลงมาคือ ด้านความปลอดภัย อยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{x}$=4.53,S.D.=0.52) ส่วนด้านความถูกต้องและด้านการนำไปใช้ประโยชน์อยู่ในระดับมาก ตามลำดับ

2.2 ผลการประเมินความพึงพอใจระบบโดยผู้ใช้งาน ผู้วิจัยได้นำระบบไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้งานจำนวน 22 คน เพื่อประเมินความพึงพอใจใน 2 ด้าน คือ ด้านกระบวนการทำงานของระบบงาน และด้านการติดต่อกับระบบงาน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจของระบบบริหารจัดการผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านโต๊ะเด็ง

รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	ความหมาย
1. ด้านกระบวนการทำงานของระบบ	4.51	0.52	มากที่สุด
2. ด้านการติดต่อกับระบบงาน	4.50	0.59	มากที่สุด
ภาพรวม	**4.51**	**0.55**	**มาก**ที่สุด

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ความพึงพอใจของระบบโดยผู้ใช้งานในภาพรวมอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{x}$=4.51, S.D.=0.55) เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ด้านกระบวนการทำงานของระบบงาน มีค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$=4.51,S.D.=0.52) และ ด้านการติดต่อกับระบบงาน อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$=4.50, S.D.=0.59) เช่นกัน

วิจารณ์ผล

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการริเริ่มจากการศึกษาข้อมูลต่าง ๆ และทำการออกแบบและพัฒนาระบบบริหารจัดการผู้ป่วยนอกโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านโต๊ะเด็ง จังหวัดนราธิวาส จนสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ อาจเนื่องมาจากความสำเร็จทางด้านการวิเคราะห์และออกแบบระบบที่ครอบคลุมความต้องการของผู้ใช้งานจริง โดยใช้ภาษา HTML, CSS, JavaScript, PHP และจัดการฐานข้อมูลด้วย MySQL ทั้งนี้ขอบเขตงานของระบบใหม่สามารถตอบโจทย์การบริหารจัดการข้อมูลผู้ป่วย ช่วยให้การแสดงผลลัพธ์ต่าง ๆ รวดเร็วและแม่นยำขึ้น ลดความผิดพลาดในการจัดเก็บข้อมูลจากรูปแบบเดิมที่ใช้กระดาษ และเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการให้บริการสุขภาพแก่ประชาชนในพื้นที่สามจังหวัดชายแดนใต้

ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับผลการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญที่อยู่ในระดับ มาก ($\bar{x}$= 4.48, S.D. = 0.50) โดยเฉพาะด้านการออกแบบและด้านความปลอดภัยที่ได้รับคะแนนในระดับมากที่สุด ในขณะเดียวกัน ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานภาพรวมอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{x}$= 4.51, S.D. = 0.55) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองความต้องการของบุคลากรทางการแพทย์และเจ้าหน้าที่ได้จริง. ผลการศึกษา

นี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ นิตยา เปล่งเจริญศิริชัย และคณะ (2561) ที่พบว่าระบบสารสนเทศช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานขององค์กรได้เป็นอย่างดี

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาระบบบริหารจัดการผู้ป่วยนอกโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านโต๊ะเด็ง จังหวัดนราธิวาส เป็นระบบที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการจัดเก็บและบริหารจัดการข้อมูลผู้ป่วยแทนระบบเดิมที่ใช้เอกสารกระดาษ ผู้วิจัยดำเนินการพัฒนาระบบตามขั้นตอน วงจรการพัฒนาระบบ (SDLC) โดยใช้เครื่องมือหลัก คือ Visual Studio Code และจัดการฐานข้อมูลด้วย MySQL ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถแบ่งสิทธิ์การใช้งานออกเป็น 6 กลุ่ม คือ ผู้ดูแลระบบ เจ้าหน้าที่เวชระเบียน แพทย์/พยาบาลวิชาชีพ เภสัชกร เจ้าหน้าที่การเงิน และผู้ป่วย ผลการทดสอบพบว่าระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ครอบคลุมตั้งแต่การลงทะเบียนผู้ป่วย การวินิจฉัยโรค การสั่งยา ไปจนถึงการรับชำระเงินและออกใบเสร็จ. จากผลการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญและผลประเมินความพึงพอใจโดยผู้ใช้งานที่อยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด สรุปได้ว่าระบบนี้ช่วยแก้ปัญหาระบบงานเดิมที่ล่าช้าและข้อมูลซ้ำซ้อน ช่วยให้การรายงานผลสถิติต่าง ๆ มีความแม่นยำและรวดเร็ว ยกระดับคุณภาพการให้บริการด้านสาธารณสุขในพื้นที่ได้อย่างแท้จริง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือและคำแนะนำจากหลายฝ่าย ผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณ อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ แพรวศรี เดิมราช ที่ได้มอบความรู้ ให้คำปรึกษา และข้อเสนอแนะทางวิชาการ ตลอดจนการสนับสนุนในทุกด้านอย่างเต็มที่ จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จสมบูรณ์
ขอขอบคุณ อาจารย์ พิมลพรรณ ลีลาภัทรพันธุ์ อาจารย์รุสนี กาแมแล และคณาจารย์ในหลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลาเป็นอย่างสูง ที่ให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์และส่งเสริมสนับสนุนในการนำเสนอผลงานวิจัยในครั้งนี้. รวมถึงขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบโครงงานและผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน ที่สละเวลาให้คำแนะนำและประเมินระบบ เพื่อให้ระบบบริหารจัดการผู้ป่วยนอกนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ท้ายที่สุดนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณบุคลากรทางการแพทย์และเจ้าหน้าที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านโต๊ะเด็ง จังหวัดนราธิวาส ทุกท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลและอำนวยความสะดวกในการทดสอบระบบงาน ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้การพัฒนาระบบในครั้งนี้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ทุกประการ

เอกสารอ้างอิง

กังวาน อัศวไชยวศิน. (2556). คู่มือสร้างเว็บไซต์ด้วย HTML 5 CSS 3 & JavaScript ฉบับสมบูรณ์. สืบค้นเมื่อวันที่ 28 มกราคม 2568, เข้าถึงได้จาก https://www.provision.co.th/2018/html-5-css-3-javascript

กิตติ ภักดีวัฒนะกุล และพนิดา พานิชกุล. (2546). คัมภีร์การวิเคราะห์และออกแบบระบบ. สืบค้นเมื่อวันที่ 28 มกราคม 2568, เข้าถึงได้จาก https://library.coj.go.th/en/book/19057/book-19057.html

กฤชฐา สีหบัณฑ์, พรรณี บัญชรหัตถกิจ, และ ทัศพร ชูศักดิ์. (2567). ปัญหาและความต้องการระบบเวชระเบียนอิเลคทรอนิกส์เพื่อรายงานการรักษาผู้ป่วยในงานการพยาบาลเรือนจำ. วารสารอนามัยสิ่งแวดล้อมและสุขภาพชุมชน, 9(6), 812-823.

เกียรติพงษ์ อุดมธนะธีระ. (2562). วงจรการพัฒนาระบบ. สืบค้นวันที่ 23 ตุลาคม 2568, สืบค้นได้จาก https://dol.dip.go.th/th/category/2019-02-08-08-57-30/2019-03-15-11-06-29

กุลฉัตร ยงยืนนาน, อรรถพล กาญจนพงษ์พร, ฐิตารีย์ ศิริศรีษรชัย และ อุดมสิทธิ์ จีรสิทธิ์กุล. (2565). การพัฒนาระบบสารสนเทศในการบันทึกเวชระเบียนผู้ป่วยนอกของแพทย์ กรณีศึกษาโรงพยาบาลราษฎร์บูรณะ. วารสารโรงพยาบาลเจริญกรุงประชารักษ์, 18(2), 43-61.

จตุพร กลมปั่น, อรรถพล กาญจนพงษ์พร, อุดมสิทธิ์ จีรสิทธิ์กุล และ ฐิตารีย์ ศิริศรีษรชัย. (2562). การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการรายงานความสมบูรณ์ของการสรุปเวชระเบียนผู้ป่วยใน โรงพยาบาลเจริญกรุงประชารักษ์. วารสารโรงพยาบาลเจริญกรุงประชารักษ์, 15(1), 54-79.

ชุติธรรม นิลพัฒน์, พีรพงศ์ นิลพัฒน์, ชิดชม สกุลไทย และ ธนภูมิ คำศุภประเสริฐ. (2566). การพัฒนาระบบบริการพยาบาลผู้ป่วยนอกสู่การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลตามรูปแบบบริการวิถีใหม่ โรงพยาบาลสีชมพู จังหวัดขอนแก่น. วารสารสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดขอนแก่น, 5(2), 1-18.

ถนอม กองใจ และอริษา ทาทอง. (2565). การพัฒนาระบบแจ้งเตือนกิจกรรมและการนัดหมายอัตโนมัติผ่านแอปพลิเคชันไลน์. Mahidol R2R e-Journal, 9(2), 32-45.

พิสุทธา อารีราษฎร์. (2551). การพัฒนาซอฟต์แวร์ทางการศึกษา. อภิชาตการพิมพ์.

มนต์ชัย เทียนทอง. (2554). การออกแบบและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ (พิมพ์ครั้งที่ 3). ภาควิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

วิทยา พลาอาด. (2567). การพัฒนาระบบการจองคิวตรวจล่วงหน้าของผู้รับบริการผ่านแอปพลิเคชันหมอพร้อมในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลเจ๊ะบิลัง อำเภอเมืองสตูล จังหวัดสตูล. วารสารสภาการสาธารณสุขชุมชน, 6(3), 21-37.

อรยา ปรีชานิช. (2557). คู่มือเรียนการวิเคราะห์และออกแบบระบบ (System Analysis and Design) ฉบับสมบูรณ์. ไอดีซีเมีเดีย จำกัด.

โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. (2548). การออกแบบและจัดการฐานข้อมูล. ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ThaiWinner. (2025). การเขียนผังงาน. สืบค้นวันที่ 23 ตุลาคม 2568 สืบค้นได้จาก https://thaiwinner.com/flow-chart/

การออกแบบระบบสารสนเทศสำหรับการควบคุมการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม

Information System Design for Production Control In Industrial Factories

รัฐพล ทุมผา[1] สรมย์พร เจริญพิทย์[2]

Rattapol Toompa[1] Saromporn Charoenpit[2]

[1]คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

เลขที่ 1771/1 ถนนพัฒนาการ แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250

[2]คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เลขที่ 1518 ถนนประชาราษฎร์ สาย 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

[1]Faculty of Information Technology Thai-Nichi Institute of Technology

1771/1, Soi Pattanakarn 37, Pattanakarn Rd., Suanluang, Bangkok 10250

[2]Faculty of Applied Science King Mongkut's University of Technology North Bangkok

1518 Pracharat 1 Road, Wongsawang, Bangsue, Bangkok 10800

Corresponding author E-mail: to.rattapol_st@tni.ac.th , saromporn.c@sci.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับการบริหารจัดการวัตถุดิบเรซินในสายการผลิตของโรงงานฉีดพลาสติกโดยใช้ Microsoft Power Apps ซึ่งเป็นแพลตฟอร์มแบบ Low-Code การศึกษาพบว่าระบบเดิมที่ใช้การบันทึกข้อมูลด้วยกระดาษมีปัญหาความล่าช้า ความผิดพลาดจากมนุษย์ และขาดความสามารถในการตรวจสอบย้อนกลับ จึงได้ออกแบบและพัฒนาระบบใหม่โดยประยุกต์ใช้แนวคิด Poka-Yoke เพื่อป้องกันข้อผิดพลาดและหลัก Nielsen's Usability Heuristics เพื่อให้การใช้งานสะดวกและมีประสิทธิภาพกลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยพนักงานจำนวน 38 คน แบ่งเป็นผู้คุ้นชินหน้างานเดิม 19 คน และผู้ไม่คุ้นชินหน้างานเดิม 19 คน ร่วมทดลองใช้งานระบบใหม่ในกระบวนการรับวัตถุดิบ การจ่ายวัตถุดิบ และการคืนวัตถุดิบ โดยใช้จับเวลาเปรียบเทียบกับระบบเดิมและวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ Independent t-test ผลการทดลองพบว่าระบบใหม่สามารถลดเวลาเฉลี่ยในขั้นตอนการจ่ายวัตถุดิบจาก 4.48 นาที เหลือ 2.48 นาที ลดลง 42% กระบวนการรับวัตถุดิบมีเวลาเพิ่มขึ้นจากการเพิ่มขั้นตอนตรวจสอบ แต่ช่วยเพิ่มความถูกต้องและความสามารถในการตรวจสอบย้อนกลับ ในขณะที่กระบวนการคืนวัตถุดิบมีความถูกต้องมากขึ้นและใช้เวลาใกล้เคียงกับระบบเดิม นอกจากนี้ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานอยู่ในระดับดีมาก ในด้านความเร็ว ความสะดวก และการลดความผิดพลาดของข้อมูลระบบ

คำสำคัญ : การรับวัตถุดิบ การจ่ายวัตถุดิบ การคืนวัตถุดิบ เครื่องมือพัฒนาแอปพลิเคชัน

Abstract

This research aimed to develop an application for managing resin raw materials in the production line of a plastic injection molding factory using Microsoft Power Apps, a low-code development platform. The existing paper-based recording system was found to suffer from delays, human errors, and a lack of traceability; therefore, a new system was designed and developed by applying the Poka-Yoke concept for error prevention and Nielsen's Usability Heuristics to enhance usability and operational efficiency. The sample group consisted of 38 employees, divided equally into two groups: 19 employees familiar with the existing operational process and 19 employees unfamiliar with it, who tested the new system in three main processes: receive material, issue material, and return material, with processing time measured and compared against the existing system and analyzed using an independent t-test. The results showed that the new system reduced the average processing time for the issue material process from 4.48 minutes to 2.48 minutes, representing a 42% reduction, while the receive material process required slightly more time due to additional verification steps but significantly improved data accuracy and traceability, and the return material process achieved higher accuracy with approximately the same processing time as the existing system. User satisfaction was rated at a very high level in terms of speed, convenience, and reduction of data entry errors.

Keywords : Receive material Issue material Return material Power Apps

บทนำ

ระบบสารสนเทศ (Information System) คือ ระบบที่ออกแบบมาเพื่อรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ และประมวลผลข้อมูลเหล่านั้น เพื่อให้มีข้อมูลที่มีคุณค่าและมีประโยชน์สำหรับการจัดการและการตัดสินใจในองค์กรหรือธุรกิจต่างๆ อีกทั้งยังช่วยในการเก็บรักษาข้อมูลอย่างเรียบร้อยและมีการเข้าถึงข้อมูลอย่างรวดเร็ว ระบบสารสนเทศประกอบด้วย 1) ฮาร์ดแวร์ (Hardware): เป็นอุปกรณ์ทางคอมพิวเตอร์ เช่น เซิร์ฟเวอร์ คอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล เครือข่ายคอมพิวเตอร์ ระบบเก็บข้อมูล เป็นต้น ที่ใช้ในการเก็บรักษาข้อมูลและประมวลผลข้อมูล 2) ซอฟต์แวร์ (Software): เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการจัดการข้อมูลและกระบวนการประมวลผลข้อมูล เช่น ระบบฐานข้อมูล (Database Management System), ระบบสารสนเทศสำเร็จรูป (Information System Software) และแอปพลิเคชันต่าง ๆ 3) มนุษย์ (People): ผู้ใช้ระบบสารสนเทศ

ที่ใช้ข้อมูลเพื่อให้สิ่งต่าง ๆ เกิดขึ้น รวมถึงผู้ดูแลและผู้ดูแลระบบที่จัดการและดูแลระบบสารสนเทศ 4) กระบวนการ (Processes): กระบวนการหรือวิธีการที่ใช้ในการประมวลผลข้อมูลและดำเนินการในระบบสารสนเทศ เช่น กระบวนการการจัดเก็บข้อมูล กระบวนการการสืบค้นข้อมูล และกระบวนการการรายงาน 5) ข้อมูล (Data): ข้อมูลเป็นส่วนสำคัญของระบบสารสนเทศ ระบบสารสนเทศจะรวบรวมและจัดเก็บข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ เพื่อใช้ในการตัดสินใจและการจัดการ ข้อมูลสามารถเป็นข้อมูลที่มีโครงสร้างและข้อมูลที่ไม่มีโครงสร้าง เช่น ข้อมูลตัวเลข ข้อมูลข้อความ รูปภาพ และวิดีโอระบบสารสนเทศมีความสำคัญในการช่วยให้องค์กรหรือธุรกิจทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีประสิทธิผล โดยช่วยในการเก็บรักษาข้อมูล การตัดสินใจ การวางแผน และการควบคุมกิจกรรมต่าง ๆ ในองค์กรหรือธุรกิจนั้น ๆ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) , 2562)

ในสถานที่ทำงานของ ผู้วิจัยซึ่งอยู่ในหน่วยงานควบคุมวัตถุดิบมีการเก็บข้อมูลในการทำงานจำนวน 3 ครั้ง คือ 1) การรับวัตถุดิบ 2) การจ่ายวัตถุดิบ 3) การคืนวัตถุดิบโดยมีการทำระบบมาตรฐาน ISO9001 และ IATF 16949 ซึ่งมีข้อกำหนดในการควบคุมวัตถุดิบต้องตรวจสอบประวัติของการเคลื่อนไหวของวัตถุดิบได้ โดยการเก็บข้อมูลของในหน่วยงาน คือ การเขียนข้อมูลในกระดาษตามแบบฟอร์ม ซึ่งการเก็บข้อมูลลักษณะนี้ง่ายต่อการจัดทำ แต่มีความยากต่อการจัดเก็บข้อมูลและนำข้อมูลไปใช้งาน อาจเกิดข้อมูลที่ผิดพลาดได้ มีต้นทุนที่ไม่จำเป็น เกิดเวลาที่สูญเปล่าในการทำงาน

หน่วยงานควบคุมวัตถุดิบ มีหน้าที่หลักในการจัดเก็บวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการฉีดพลาสติก โดยวัตถุดิบคือ เม็ดเรซิ่นบรรจุถุงละ 25 กิโลกรัม จะถูกจัดเรียงในพื้นที่คลังสินค้า และต้องควบคุมการรับเข้า–จ่ายออกตามมาตรฐานคุณภาพของโรงงาน

ในการดำเนินงานด้านการควบคุมวัตถุดิบของหน่วยงานยังใช้รูปแบบการจัดเก็บข้อมูลแบบเอกสารกระดาษเป็นหลัก โดยใช้แบบฟอร์มที่เรียกว่า**สต๊อคการ์ด** เพื่อบันทึกข้อมูลการรับเข้าและการเบิกจ่ายวัตถุดิบในแต่ละวัน ข้อมูลดังกล่าวถูกบันทึกด้วยลายมือของพนักงาน ซึ่งมีความเสี่ยงต่อความผิดพลาดในการกรอก การคำนวณ และการจัดเก็บ รวมถึงยากต่อการค้นหาย้อนหลัง เมื่อมีการตรวจสอบหรือสอบทานข้อมูลภายหลัง

ในขั้นตอนของการจ่ายวัตถุดิบเข้าสู่สายการผลิต พนักงานจะต้องบันทึกข้อมูลการจ่ายแต่ละครั้งด้วยมือบนแบบฟอร์มที่ติดอยู่บริเวณพื้นที่ทำงาน โดยระบุข้อมูลสำคัญ เช่น เวลาจ่ายวัตถุดิบ จำนวนที่จ่าย และผู้รับผิดชอบ ขั้นตอนดังกล่าวใช้เวลามากและมีโอกาสเกิดความคลาดเคลื่อนจากการบันทึกด้วยลายมือ หากมีข้อมูลตกหล่นหรืออ่านไม่ชัดเจน จะส่งทำให้ความถูกต้องของการควบคุมวัตถุดิบโดยรวม

เมื่อสิ้นสุดกระบวนการผลิตวัตถุดิบที่เหลือจากการใช้งาน วัตถุดิบถูกส่งคืนมายังหน่วยงานควบคุมวัตถุดิบ เพื่อบันทึกข้อมูลในแบบฟอร์ม **Return From Line** ซึ่งใช้ระบุรายละเอียดของวัสดุที่คืน เช่น ชื่อวัตถุดิบ หมายเลขล็อต น้ำหนัก วันที่เปิดใช้งาน วันที่หมดอายุ และถังเก็บ (Tank) ที่ใช้ในกระบวนการ โดยข้อมูลทั้งหมดนี้ต้อง

จัดเก็บเพื่อการตรวจสอบย้อนกลับตามข้อกำหนดของมาตรฐาน ISO 9001 และ IATF 16949 การบันทึกในรูปแบบเอกสารกระดาษ มีข้อจำกัดในการตรวจสอบและจัดเก็บข้อมูล

จากการจัดเก็บข้อมูลด้วยวิธีเอกสารกระดาษ ไม่สามารถตอบสนองต่อข้อกำหนดของระบบบริหารคุณภาพตามมาตรฐาน ISO 9001 และ IATF 16949 ได้อย่างสมบูรณ์ โดยเฉพาะในส่วนของ Clause 7.5 Documented Information ซึ่งระบุว่าองค์กรต้องจัดให้มีการควบคุมเอกสารและบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต เพื่อให้มั่นใจในความถูกต้อง ความครบถ้วน การเข้าถึงที่เหมาะสม และการป้องกันการแก้ไขโดยไม่ได้รับอนุญาต ทั้งยังต้องสามารถตรวจสอบย้อนกลับได้อย่างชัดเจน

ในบริบทของอุตสาหกรรมยานยนต์ มาตรฐาน IATF 16949 ได้เพิ่มเติมข้อกำหนดเฉพาะที่เข้มงวดมากขึ้น เช่น การเก็บบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับ การออกแบบและพัฒนา (Design and Development), การควบคุมการเปลี่ยนแปลง (Change Control), ผลการประเมินซัพพลายเออร์ (Supplier Evaluation) และ การติดตามย้อนกลับของผลิตภัณฑ์ (Traceability) ซึ่งล้วนต้องอาศัยระบบจัดการข้อมูลที่ถูกต้องและเข้าถึงได้รวดเร็ว เพื่อรองรับการตรวจสอบจากทั้งภายในและภายนอกองค์กร (International Automotive Task Force , 2559)

ดังนั้นการพัฒนาระบบสารสนเทศในหน่วยงานควบคุมวัตถุดิบของผู้วิจัย จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อให้สามารถจัดเก็บ ควบคุม และเรียกใช้ข้อมูลได้อย่างเป็นระบบ โปร่งใส และสอดคล้องตามข้อกำหนดของ ISO 9001 และ IATF 16949 ซึ่งจะช่วยลดความผิดพลาดของข้อมูล เพิ่มความสะดวกในการตรวจสอบ และส่งเสริมการดำเนินงานอย่างมีประสิทธิภาพตามมาตรฐานคุณภาพขององค์กร (International Organization for Standardization ISO Central Secretariat , 2558)

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงพัฒนาโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการควบคุมการรับวัตถุดิบ การจ่ายวัตถุดิบ การคืนวัตถุดิบ เรซินในสายการผลิตของโรงงานฉีดพลาสติกโดยดำเนินการตามวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC) แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์ความต้องการ

ผู้วิจัยศึกษาสภาพการทำงานจริงของหน่วยงานควบคุมวัตถุดิบโดยใช้การสังเกตการณ์ การสัมภาษณ์ผู้ปฏิบัติงานและการศึกษาจากเอกสารที่ใช้จริง เช่น สต๊อคการ์ด ใบจ่ายวัตถุดิบ และแบบฟอร์มการคืนวัตถุดิบ เพื่อนำมาวิเคราะห์กระบวนการทำงานปัจจุบันและระบุปัญหา เช่น ความล่าช้า ความผิดพลาดจากการกรอกข้อมูลด้วยมือและข้อจำกัดด้านการตรวจสอบย้อนกลับจากนั้นจึงสรุปความต้องการของระบบทั้งด้านฟังก์ชันการ

ทำงานและความต้องการของผู้ใช้เพื่อใช้เป็นข้อมูลตั้งต้นในการออกแบบระบบใหม่ผลการสรุปความต้องการของผู้ใช้งานแสดง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางสรุปความต้องการ

กลุ่มผู้ใช้	ผู้ใช้ย่อย	ความต้องการ (Requirement)
พนักงานควบคุมวัตถุดิบ (31 คน) พนักงานตรวจสอบคุณภาพ (1 คน)	MC , IQC	ต้องการบันทึกข้อมูล รับวัตถุดิบ,จ่ายวัตถุดิบ,คืนวัตถุดิบ,จ่ายวัตถุดิบที่คืนมาได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง
หัวหน้างาน (5 คน)	MC	ดูยอดวัตถุดิบเข้าและออกในแต่ละวันแบบสรุปง่ายและป้องกันการเติมผิดถัง
	QC	ต้องสอบกลับ (Traceability) ได้ หากพบปัญหาการผลิต ต้องค้นหาได้ว่างานใช้ Lot วัตถุดิบใด
	PR	ต้องการป้องกันการเติมวัตถุดิบผิดชนิดเหมือน QC
	Engineer	ต้องการดูว่า วัตถุดิบอะไรเหลืออยู่บ้าง เพื่อวางแผนการผลิต
	ISO	ต้องการระบบ ตรวจสอบวันหมดอายุ ของวัตถุดิบ เพื่อการ Audit
ผู้บริหาร (Management) (1 คน)	Sec.Head	ต้องการเครื่องมือควบคุมวัตถุดิบที่เป็นระบบ และสามารถตรวจสอบข้อมูลได้ตลอดเวลา

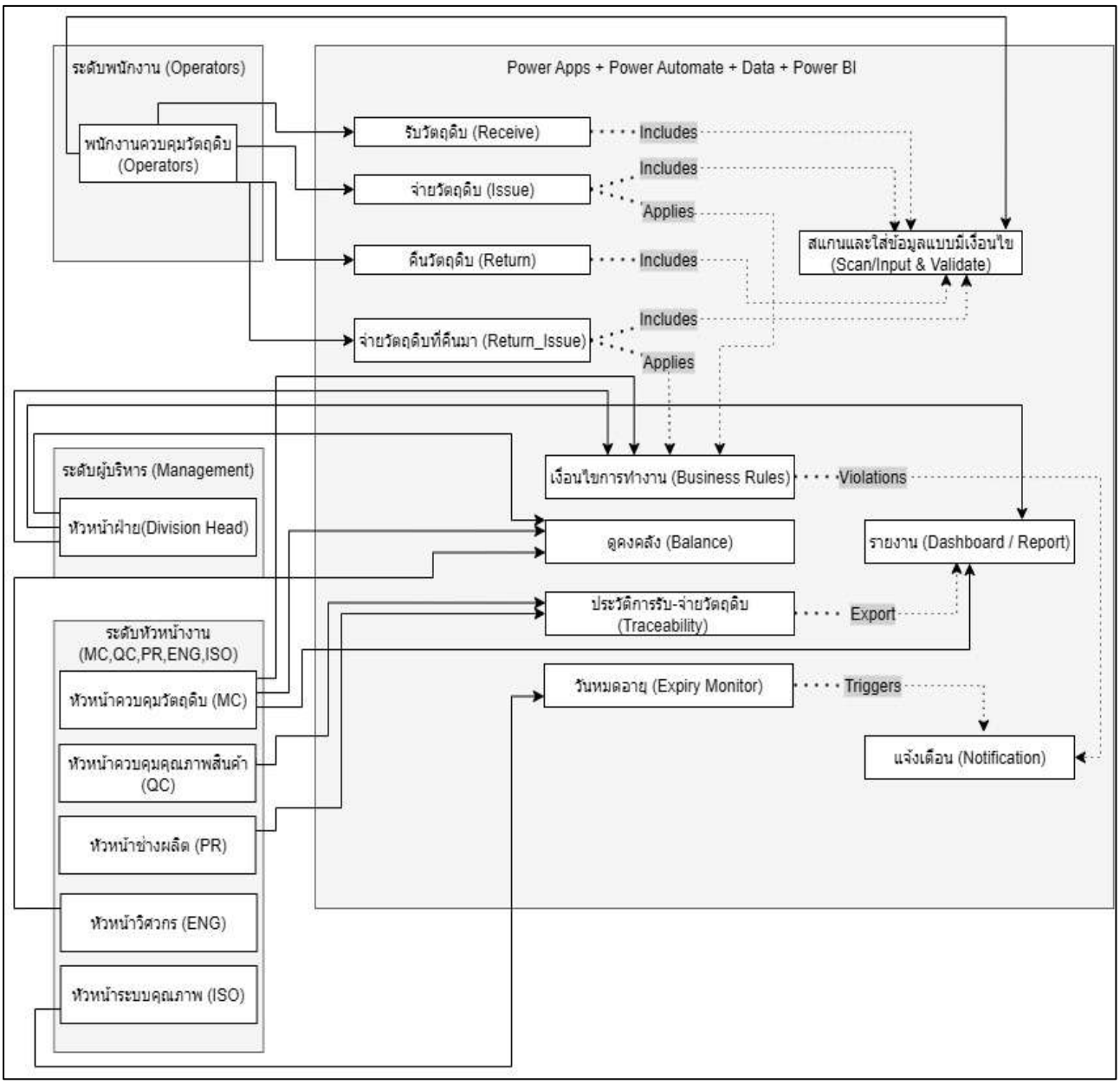
ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบระบบ

ผู้วิจัยออกแบบกระบวนการทำงานใหม่โดยใช้แนวคิด Business Process Analysis (BPA) เพื่อปรับปรุงขั้นตอนให้เหมาะสมกับการทำงานแบบดิจิทัลและออกแบบโครงสร้างระบบตามแนวคิด SDLC ครอบคลุมการออกแบบกระบวนการทำงานโครงสร้างข้อมูลและส่วนติดต่อผู้ใช้ระบบถูกออกแบบให้สนับสนุนการตรวจสอบย้อนกลับและลดความผิดพลาดโดยประยุกต์ใช้แนวคิด Poka-Yoke และหลัก Usability Heuristics เพื่อให้ใช้งานง่าย เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมหน้างาน

ในด้านโครงสร้างระบบ ผู้วิจัยออกแบบสถาปัตยกรรมระบบในลักษณะ Client–Cloud Architecture โดยให้ Power Apps ทำหน้าที่เป็นส่วนติดต่อผู้ใช้ (Client Interface) เชื่อมต่อกับ Google Sheets ซึ่งทำหน้าที่เป็นฐานข้อมูลกลาง ดังภาพที่ 1

ในด้านการออกแบบข้อมูล ผู้วิจัยได้ออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลโดยกำหนดเอนทิตีหลัก ได้แก่ Receive, Issue, Return, Return_Issue และ Balance พร้อมทั้งกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตีในรูปแบบ ER Diagram เพื่อให้สามารถติดตามการเคลื่อนไหวของวัตถุดิบในแต่ละล็อตได้อย่างต่อเนื่อง รองรับแนวคิด FIFO และ Traceability ตามข้อกำหนดของมาตรฐาน ISO 9001 และ IATF 16949

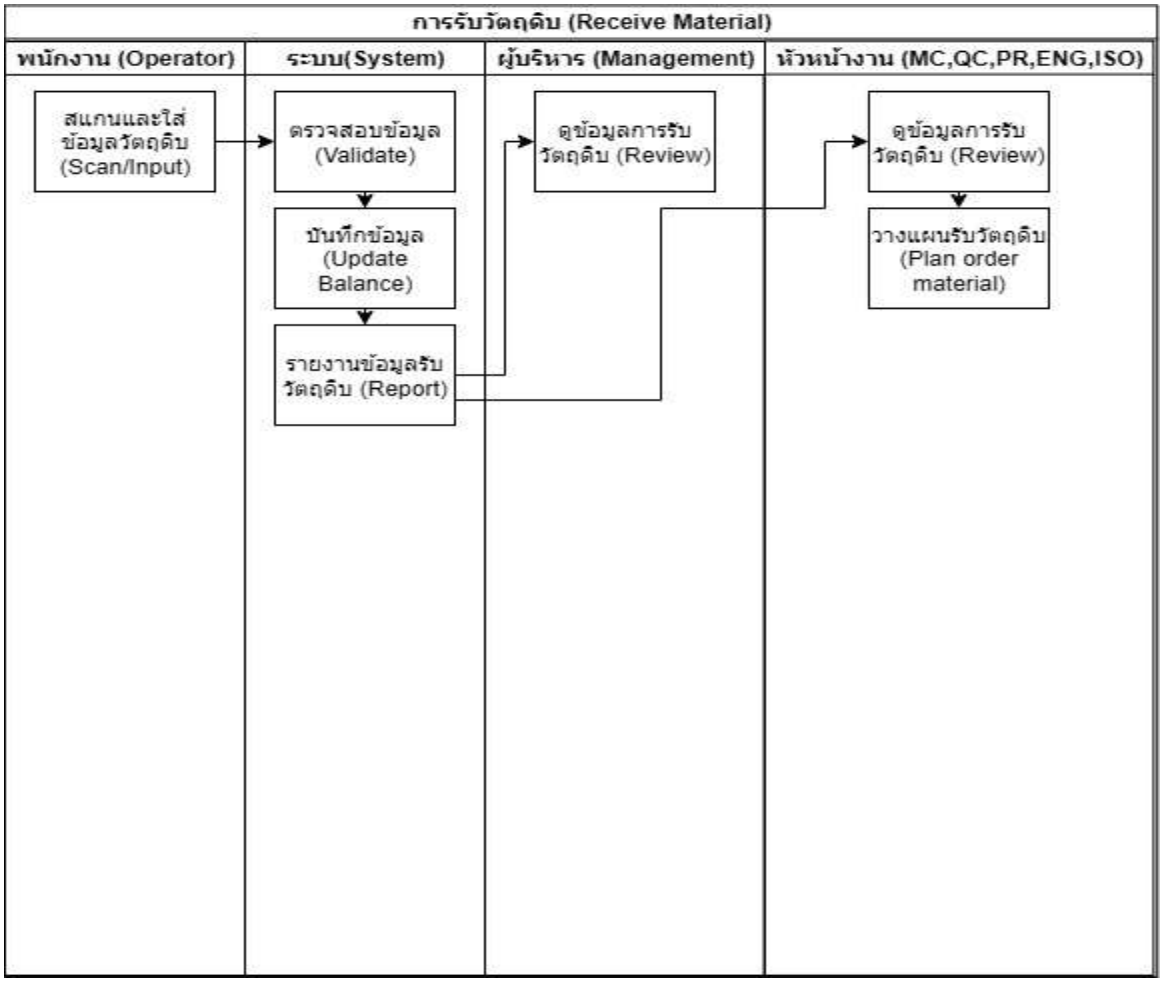
ภาพที่ 1 แผนภาพระบบการจัดการวัตถุดิบด้วย Power Platform และบทบาทผู้ใช้งาน



หลังจากที่ได้ออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบติดตามและควบคุมวัตถุดิบเรซิน ผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบกระบวนการทำงานย่อยของระบบในแต่ละส่วนเพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องตามลำดับขั้นตอน

และสอดคล้องกับการปฏิบัติงานจริงภายในหน่วยงานควบคุมวัตถุดิบการออกแบบผังกระบวนการทำงานใหม่มีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงให้เห็นถึงขั้นตอนการทำงานที่ได้รับการปรับปรุงให้มีความเป็นระบบมากขึ้น ดังภาพที่ 2

ภาพที่ 2 แผนภาพกระบวนการรับวัตถุดิบและบทบาทของผู้ใช้งานในระบบ



ขั้นตอนที่ 3 การพัฒนาโปรแกรม

ผู้วิจัยพัฒนาระบบต้นแบบโดยใช้ Microsoft Power Platform ได้แก่ Power Apps สำหรับสร้างแอปพลิเคชัน และ Power BI สำหรับการแสดงผลข้อมูลโดยใช้ Google Sheets เป็นฐานข้อมูลกลางมีการพัฒนาฟังก์ชันหลัก ได้แก่ การบันทึกการรับวัตถุดิบ การจ่ายวัตถุดิบ การคืนวัตถุดิบ และการแสดงผลยอดคงเหลือพร้อมทั้งเพิ่มกลไกการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลก่อนบันทึกเข้าสู่ระบบ

โครงสร้างหลักของหน้าจอในระบบประกอบด้วย 8 ส่วน ได้แก่:

1.Homepage : หน้าหลักของระบบ แสดงเมนูการทำงานหลัก ได้แก่ ระบบรับและจ่ายวัตถุดิบ (Material In and Out)และระบบคืนวัตถุดิบและจ่ายวัตถุดิบที่คืนมา (Return Material and Return_Issue)

2.Balance : แสดงรายการวัตถุดิบคงเหลือแบบเรียลไทม์ ประกอบด้วยข้อมูลรหัสวัตถุดิบ, ชื่อวัตถุดิบ, Lot, จำนวนคงเหลือ, วันรับ, วันหมดอายุ และพื้นที่จัดเก็บ เพื่อช่วยในการตรวจสอบ Traceability

3.Receive : ใช้สำหรับบันทึกข้อมูลการรับวัตถุดิบเข้าสู่ระบบ เช่น รหัสพนักงาน, รหัสผู้ขาย, รหัสวัตถุดิบ, Lot No, น้ำหนักถุงพร้อมแสดงรายการที่บันทึกไว้ด้านล่าง

4.Issue : สำหรับบันทึกการจ่ายวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการผลิต เช่น เลือกวัตถุดิบจาก Lot, ระบุอุณหภูมิ, สถานที่ใช้งาน, ชื่อผู้ใช้งาน

5.Return : ใช้สำหรับบันทึกการคืนวัตถุดิบจากหน่วยผลิตกลับเข้าระบบ เช่น ระบุจำนวนถุง, น้ำหนักถุง, รหัสพนักงาน, ถังที่ใช้งาน, Lot

6.Return_Issue : ใช้สำหรับบันทึกการคืนวัตถุดิบที่จ่ายไปแล้วแต่ไม่ได้ใช้งาน สามารถระบุข้อมูลเหมือนกับการจ่ายและแนบเหตุผลการคืน

7.Edit : หน้าสำหรับแก้ไขข้อมูลโดยต้องใส่รหัสผ่านก่อนเข้าใช้งาน เพื่อความปลอดภัยของข้อมูล

8.Dashboard : หน้าสำหรับแสดงผลข้อมูลเชิงวิเคราะห์

ขั้นตอนที่ 4 การทดสอบโปรแกรมต้นแบบ

การทดสอบโปรแกรมต้นแบบเป็นขั้นตอนสำคัญในการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบที่พัฒนาขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้มั่นใจว่าโปรแกรมสามารถทำงานได้ถูกต้อง ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน และไม่มีข้อผิดพลาดที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการทำงานจริง

การทดสอบในครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่

4.1 การทดสอบเชิงฟังก์ชัน (Functional Test)

4.2 การทดสอบโดยผู้ใช้งานจริง (User Acceptance Test: UAT)

4.1 การทดสอบเชิงฟังก์ชัน (Functional Test)

ในการออกแบบการทดสอบเชิงฟังก์ชันผู้วิจัยได้กำหนดแนวทางเพื่อประเมินความถูกต้องของฟังก์ชันต่างๆ ที่พัฒนาขึ้นในระบบโดยยึดหลักการออกแบบทดสอบตามแนวคิด **Software Testing Design** ซึ่งเน้นตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างอินพุต (Input) กระบวนการประมวลผล (Process) และเอาต์พุต (Output) ของแต่ละ

หน้าจอเพื่อให้มั่นใจว่าการทำงานของระบบเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการออกแบบรูปแบบการทดสอบถูกออกแบบให้ครอบคลุมทุกหน้าจอหลักของระบบ เช่น หน้า **Homepage, Receive Material, Issue Material, Return Material**, และ **Return Issue Material** โดยในแต่ละกรณีทดสอบจะกำหนด “เงื่อนไขการทดสอบ” และ “ผลลัพธ์ที่คาดหวัง”ไว้อย่างชัดเจนเพื่อใช้เป็นเกณฑ์ประเมินความถูกต้องของการออกแบบระบบทำการทดสอบแต่ละหน้าจอของระบบตามกรณีใช้งานหลัก ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตารางทดสอบระบบ

ข้อ	กรณีทดสอบ	คำอธิบาย	ผลลัพธ์ที่คาดหวัง
1	หน้าหลัก (Homepage)	มีปุ่ม Receive,Issue,Return,Return_Issue ให้คลิ๊กเพื่อไปยังหน้าที่ต้องการ	สามารถไปหน้า Receive,Issue,Return,Return_Issue ถูกต้องตามปุ่มที่คลิ๊ก
2	รับวัตถุดิบ (Receive)	สแกนข้อมูล ItemCode	Itemname ขึ้นอัตโนมัติ
3	รับวัตถุดิบ (Receive)	กรอกข้อมูลที่เป็นอักขระแปลกๆในช่อง Lot_No เช่น **,--,==	ไม่ให้บันทึกข้อมูลและแจ้งว่ากรอกข้อมูลให้ถูกต้อง
4	รับวัตถุดิบ (Receive)	กรอกข้อมูลเดิมในช่อง Lot_No	แจ้งเตือนว่า Lot_No นี้ซ้ำกับที่เคยรับเข้ามาก่อนหน้า
5	รับวัตถุดิบ (Receive)	กรอกจำนวนถุงวัตถุดิบในช่อง Weight_bag	ช่อง Weight_Lot คำนวณอัตโนมัติให้เป็นถุงละ 25 กิโล
6	รับวัตถุดิบ (Receive)	กรอกข้อมูลครบถ้วนและกด “Confirm”	ข้อมูลบันทึกถูกต้องในระบบและแสดงในตารางรับวัตถุดิบหากกรอกข้อมูลไม่ครบถ้วนแจ้งเตือนและปรับยอดคงเหลือตามจำนวนที่รับ

ข้อ	กรณีทดสอบ	คำอธิบาย	ผลลัพธ์ที่คาดหวัง
7	จ่ายวัตถุดิบ (Issue)	เลือกวัตถุดิบในช่อง Matl_Name	ข้อมูลในช่อง Matl_Itemcode,Start_Temp, End_Temp ขึ้นข้อมูลอัตโนมัติ
8	จ่ายวัตถุดิบ (Issue)	กรอกข้อมูลในช่อง Set_Temp น้อยกว่าหรือมากกว่าช่อง Start_Temp และ End_Temp	แจ้งเตือนว่าอุณหภูมินั้นน้อยกว่าหรือมากกว่าที่กำหนด
9	จ่ายวัตถุดิบ (Issue)	สแกนข้อมูลในช่อง Tank	ตรวจสอบและแจ้งเตือนหากถังที่สแกนไม่ตรงกับวัตถุดิบที่เลือกจะแจ้งเตือนว่ากรุณาจ่ายแมทให้ถูกต้อง
10	จ่ายวัตถุดิบ (Issue)	สแกนข้อมูลในช่อง Scan	แจ้งเตือนว่า Lot_No นี้ซ้ำกับที่เคยจ่ายออกก่อนหน้า
11	จ่ายวัตถุดิบ (Issue)	กรอกและสแกนข้อมูลการจ่ายครบถ้วน	ข้อมูลบันทึกถูกต้องในระบบและแสดงในตารางจ่ายวัตถุดิบและปรับยอดคงเหลือตามจำนวนที่จ่าย
12	คืนวัตถุดิบ (Return)	กรอกข้อมูลในช่อง Tank	ข้อมูลในช่อง ItemName,Lot_No_1 ขึ้นอัตโนมัติโดยดึงข้อมูลมาจากการจ่ายวัตถุดิบล่าสุดของถังนั้น
13	คืนวัตถุดิบ (Return)	เลือกข้อมูลในช่อง Qty_Bag_1	หากเลือก FullBag ให้ช่อง Weight/Bag_1 เป็น 25 อัตโนมัติแต่ถ้าเลือก NotFullBag

ข้อ	กรณีทดสอบ	คำอธิบาย	ผลลัพธ์ที่คาดหวัง
			ให้ช่อง Weight/Bag_1 สามารถกรอกข้อมูลเองได้
14	คืนวัตถุดิบ (Return)	เลือกข้อมูลในช่อง Lot_No_1 ซ้ำกับ Lot_No_2และกด “Confirm”	แจ้งเตือนว่าไม่ให้รับล๊อตซ้ำกัน
15	คืนวัตถุดิบ (Return)	กรอกข้อมูลครบถ้วนและกด “Confirm”	ข้อมูลบันทึกถูกต้องในระบบและแสดงในตารางคืนวัตถุดิบหากกรอกข้อมูลไม่ครบถ้วนแจ้งเตือนและปรับยอดคงเหลือตามจำนวนที่รับคืน
16	จ่ายวัตถุดิบที่คืน (Return_Issue)	เลือกวัตถุดิบในช่อง Matl_Name	ข้อมูลในช่อง Matl_Itemcode,Start_Temp, End_Temp ขึ้นข้อมูลอัตโนมัติ
17	จ่ายวัตถุดิบที่คืน (Return_Issue)	กรอกข้อมูลในช่อง Set_Temp น้อยกว่าหรือมากกว่าช่อง Start_Temp และ End_Temp	แจ้งเตือนว่าอุณหภูมินั้นน้อยกว่าหรือมากกว่าที่กำหนด
18	จ่ายวัตถุดิบที่คืน (Return_Issue)	สแกนข้อมูลในช่อง Tank	ตรวจสอบและแจ้งเตือนหากถังที่สแกนไม่ตรงกับวัตถุดิบที่เลือกจะแจ้งเตือนว่ากรุณาจ่ายแมทให้ถูกต้อง
19	จ่ายวัตถุดิบที่คืน (Return_Issue)	สแกนข้อมูลในช่อง Scan	แจ้งเตือนว่า Lot_No นี้ซ้ำกับที่เคยจ่ายออกก่อนหน้า
20	จ่ายวัตถุดิบที่คืน (Return_Issue)	กรอกและสแกนข้อมูลการจ่ายวัตถุดิบที่คืนครบถ้วน	ข้อมูลบันทึกถูกต้องในระบบและแสดงในตารางจ่ายวัตถุดิบที่คืน

ข้อ	กรณีทดสอบ	คำอธิบาย	ผลลัพธ์ที่คาดหวัง
			และปรับยอดคงเหลือตามจำนวนที่จ่าย
21	แก้ไขข้อมูล (Edit Receive)	ล็อกอินด้วยรหัสผ่านเพื่อแก้ไขข้อมูลการรับ	เข้าถึงได้เฉพาะผู้มีสิทธิ์

ข้อ	กรณีทดสอบ	คำอธิบาย	ผลลัพธ์ที่คาดหวัง
22	ดูยอดคงเหลือ (Balance)	ตรวจสอบรายการวัตถุดิบในคลัง	แสดงข้อมูลถูกต้องครบถ้วน
23	ปุ่ม "Clear"	คลิกปุ่ม "Clear"	เคลียร์ข้อมูลทั้งหน้าและเคเซอร์เมาส์ไปเริ่มต้นที่ EMP_No
24	ปุ่ม "Balance"	คลิกปุ่ม "Balance"	สามารถไปหน้า Balance ถูกต้อง

4.2 การทดสอบโดยผู้ใช้งานจริง (User Acceptance Test: UAT)

ในการออกแบบการทดสอบโดยผู้ใช้งานจริง (User Acceptance Test: UAT) ผู้วิจัยได้ออกแบบขั้นตอนการประเมินเพื่อวัดระดับประสิทธิภาพและความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบติดตามและควบคุมวัตถุดิบเรซินที่พัฒนาขึ้นโดยมุ่งเน้นให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างกระบวนการทำงานแบบเดิมและกระบวนการทำงานแบบระบบ

ผู้วิจัยได้แบ่งกลุ่มผู้เข้าทดสอบออกเป็น 2 กลุ่มตามลักษณะความคุ้นชินกับงานเดิม ได้แก่

1. กลุ่มที่คุ้นชินกับหน้างานเดิม จำนวน 19 คน ซึ่งเป็นพนักงานควบคุมวัตถุดิบที่มีประสบการณ์ในการทำงานจริง
2. กลุ่มที่ไม่คุ้นชินกับหน้างานเดิม จำนวน 19 คน ซึ่งเป็นผู้ที่ไม่มีประสบการณ์ตรงในกระบวนการควบคุมวัตถุดิบ

การออกแบบการทดสอบแบ่งออกเป็น 2 เงื่อนไขหลัก คือ

- กระบวนการเดิม : ให้ผู้เข้าร่วมทดลองดำการเก็บข้อมูลลงในกระดาษ ในกระบวนการดังนี้
    1. การรับวัตถุดิบ (Receive)
    2. การจ่ายวัตถุดิบ (Issue)
    3. การคืนวัตถุดิบ (Return)
- กระบวนการใหม่ : ให้ผู้เข้าร่วมทดลองใช้ระบบที่พัฒนาขึ้นผ่าน Power Apps ในกระบวนการเดียวกัน ได้แก่
    1. การรับวัตถุดิบ (Receive)
    2. การจ่ายวัตถุดิบ (Issue)
    3. การคืนวัตถุดิบ (Return)

ระหว่างการทดสอบ ผู้วิจัยได้ออกแบบการเก็บข้อมูลใน 2 มิติหลัก คือ

1. ด้านประสิทธิภาพการทำงาน (Performance Efficiency):
   โดยใช้วิธีจับเวลา (Time Measurement) ในแต่ละกระบวนการ เพื่อเปรียบเทียบเวลาการทำงานระหว่างระบบเดิมและระบบใหม่ของทั้งสองกลุ่มผู้เข้าร่วม
2. ด้านความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (User Satisfaction):
   โดยใช้แบบสอบถามประเมินความพึงพอใจต่อระบบใหม่ในด้านความง่ายในการใช้งาน ความรวดเร็ว ความถูกต้อง และประโยชน์ต่อการทำงาน

ผลการทดสอบนี้ถูกออกแบบให้ใช้ในการประเมินความเหมาะสมของระบบต้นแบบเพื่อยืนยันว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานลดขั้นตอนที่ซ้ำซ้อนและตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิผล

ขั้นตอนที่ 5 การนำระบบไปใช้งานและบำรุงรักษา

เพื่อประเมินความพร้อมของระบบต้นแบบก่อนนำไปใช้งานจริงในหน่วยงานผู้วิจัยได้ออกแบบขั้นตอนการนำระบบไปทดลองใช้งานจริงในลักษณะ**การใช้งานนำร่อง**เป็นระยะเวลา **1 เดือน** ภายในพื้นที่ทดลองของฝ่ายควบคุมวัตถุดิบโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบเสถียรภาพของระบบประสิทธิภาพในการทำงานจริงและความสะดวกของผู้ใช้งานในสภาพแวดล้อมที่ใกล้เคียงกับการใช้งานจริงมากที่สุด

ผลการวิจัย

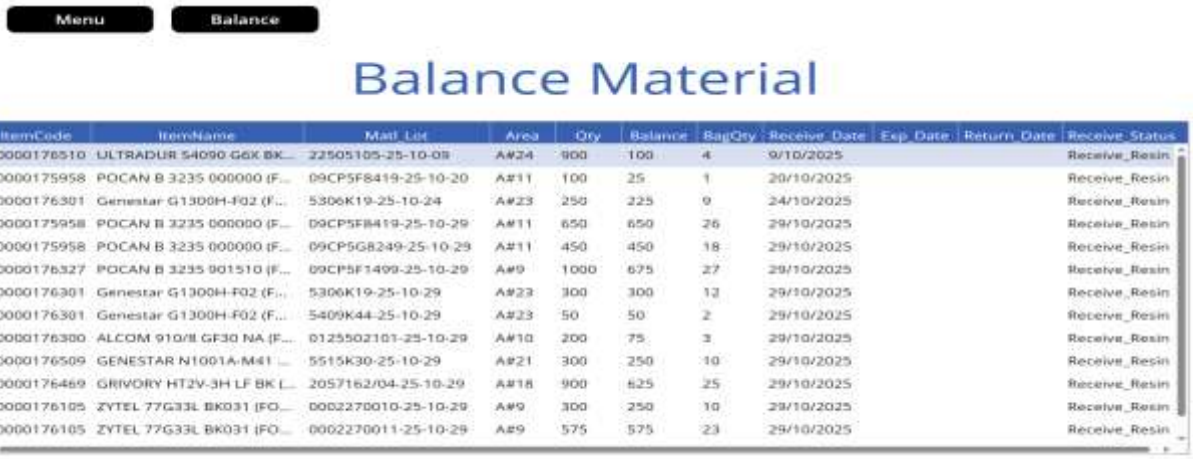
ผลการวิจัยจากการพัฒนาและทดลองใช้ระบบสารสนเทศสำหรับการควบคุมการรับ–จ่าย–คืนวัตถุดิบเรซินในสายการผลิตของโรงงานฉีดพลาสติก สามารถสรุปได้เป็น 3 ประเด็นหลัก ได้แก่ 1.ผลการออกแบบระบบ 2.ผลการทดสอบเชิงฟังก์ชันและ3.ผลการใช้งานระบบด้านประสิทธิภาพและความพึงพอใจการทำงานดังรายละเอียดต่อไปนี้

1.ผลการออกแบบระบบ

ผลการออกแบบระบบสารสนเทศสำหรับการควบคุมวัตถุดิบเรซินแสดงให้เห็นว่าหน้าจอและฟังก์ชันของระบบถูกพัฒนาให้สอดคล้องกับลำดับขั้นตอนการทำงานจริงของหน่วยงานโดยเริ่มตั้งแต่หน้าจอหลักที่ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงฟังก์ชันต่างๆได้อย่างชัดเจนและลดความสับสนในการเลือกเมนูตามด้วยหน้าจอแสดงข้อมูลคงคลังที่ช่วยให้สามารถตรวจสอบยอดคงเหลือและสถานะของวัตถุดิบได้แบบเรียลไทม์ ดังภาพที่ 3

ภาพที่ 3 ผลการออกแบบหน้าจอ Homepage และหน้าจอ Balance





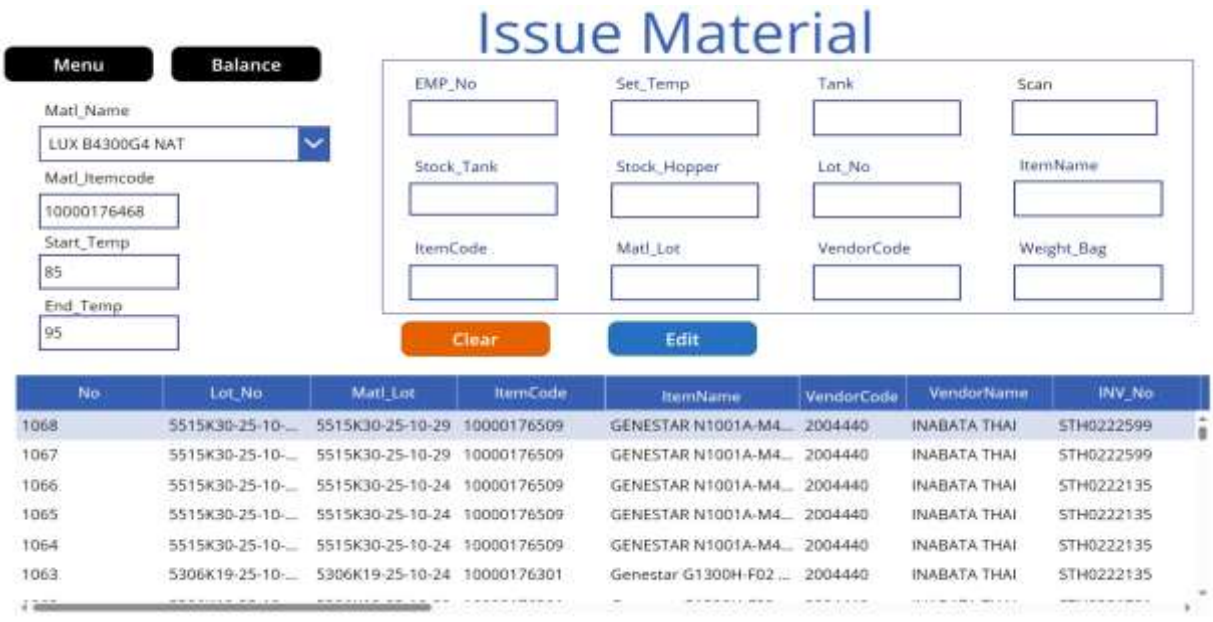
ItemCode	ItemName	Matl_Lot	Area	Qty	Balance	BagQty	Receive_Date	Exp_Date	Return_Date	Receive_Status
10000176510	ULTRADUR S4090 G6X BK...	22505105-25-10-09	A#24	900	100	4	9/10/2025			Receive_Resin
10000175958	POCAN B 3235 000000 (F...	09CP5F8419-25-10-20	A#11	100	25	1	20/10/2025			Receive_Resin
10000176301	Genestar G1300H-F02 (F...	5306K19-25-10-24	A#23	250	225	9	24/10/2025			Receive_Resin
10000175958	POCAN B 3235 000000 (F...	09CP5F8419-25-10-29	A#11	650	650	26	29/10/2025			Receive_Resin
10000175958	POCAN B 3235 000000 (F...	09CP5G8249-25-10-29	A#11	450	450	18	29/10/2025			Receive_Resin
10000176327	POCAN B 3235 901510 (F...	09CP5F1499-25-10-29	A#9	1000	675	27	29/10/2025			Receive_Resin
10000176301	Genestar G1300H-F02 (F...	5306K19-25-10-29	A#23	300	300	12	29/10/2025			Receive_Resin
10000176301	Genestar G1300H-F02 (F...	5409K44-25-10-29	A#23	50	50	2	29/10/2025			Receive_Resin
10000176300	ALCOM 910/8 GF30 NA (F...	0125502101-25-10-29	A#10	200	75	3	29/10/2025			Receive_Resin
10000176509	GENESTAR N1001A-M41 ...	5515K30-25-10-29	A#21	300	250	10	29/10/2025			Receive_Resin
10000176469	GRIVORY HT2V-3H LF BK (...	2057162/04-25-10-29	A#18	900	625	25	29/10/2025			Receive_Resin
10000176105	ZYTEL 77G33L BK031 (FO...	0002270010-25-10-29	A#9	300	250	10	29/10/2025			Receive_Resin
10000176105	ZYTEL 77G33L BK031 (FO...	0002270011-25-10-29	A#9	575	575	23	29/10/2025			Receive_Resin

หน้าจอสำหรับการรับ การจ่าย และการคืนวัตถุดิบถูกออกแบบให้ลดการกรอกข้อมูลซ้ำซ้อน โดยใช้การดึงข้อมูลอัตโนมัติจากฐานข้อมูลและการสแกนบาร์โค้ดซึ่งช่วยลดความผิดพลาดจากการกรอกข้อมูลด้วยมือและเพิ่มความรวดเร็วในการปฏิบัติงานนอกจากนี้ระบบยังมีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลก่อนการบันทึก เช่น การป้องกันการกรอกล็อตซ้ำ การแจ้งเตือนเมื่อเลือกวัตถุดิบหรือถังไม่ตรงกันและการตรวจสอบช่วงอุณหภูมิการใช้งาน ดังภาพที่ 4

ภาพที่ 4 ผลการออกแบบหน้าจอ Receive และ Issue



ภาพที่ 4 ผลการออกแบบหน้าจอ Receive และ Issue (ต่อ)



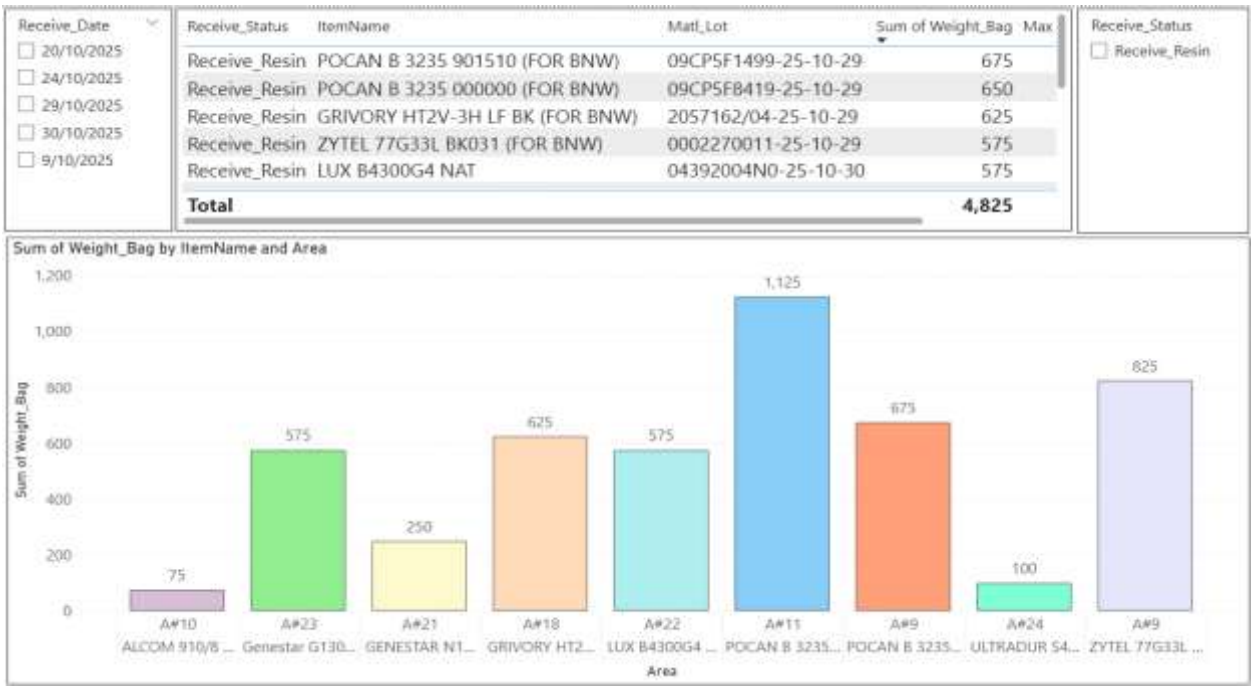
หน้าจอแก้ไขข้อมูลถูกออกแบบให้มีการควบคุมสิทธิ์การเข้าถึงเพื่อป้องกันการแก้ไขข้อมูลโดยไม่ได้รับอนุญาตส่วนหน้าจอแดชบอร์ดถูกออกแบบเพื่อสนับสนุนการติดตามสถานะวัตถุดิบและการตัดสินใจในระดับ

ผู้บริหาร โดยรวมผลการออกแบบแสดงให้เห็นว่าระบบมีความครบถ้วนด้านฟังก์ชันสอดคล้องกับกระบวนการทำงานจริง และสามารถสนับสนุนการตรวจสอบย้อนกลับของข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังภาพที่ 5

ภาพที่ 5 ผลการออกแบบหน้าจอ Edit และ Dashboard



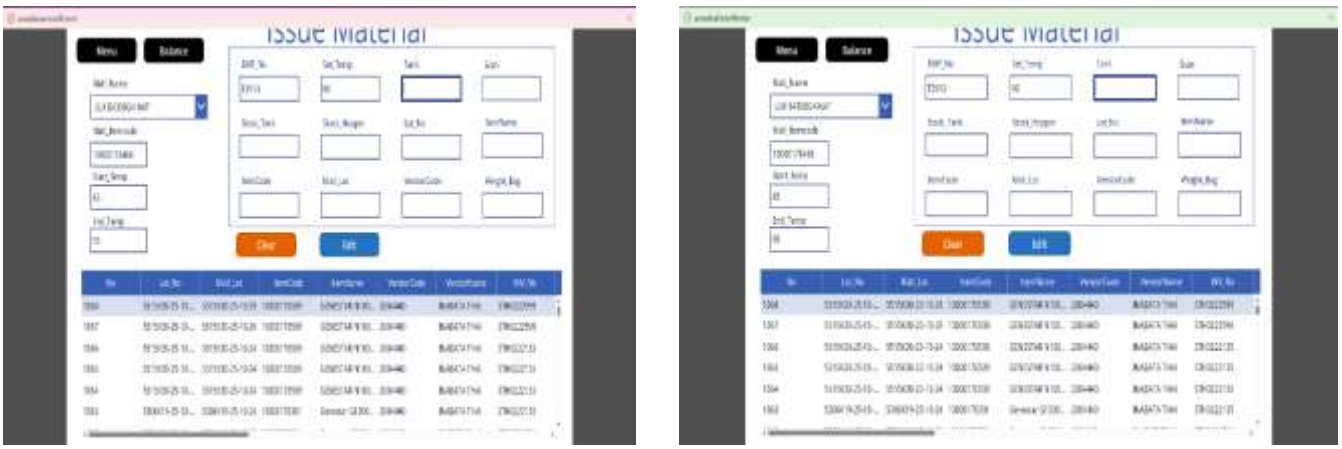
ภาพที่ 5 ผลการออกแบบหน้าจอ Edit และ Dashboard (ต่อ)



2.ผลการทดสอบเชิงฟังก์ชัน

จากการทดสอบเชิงฟังก์ชันของระบบครอบคลุมทุกหน้าจอหลักและทุกกรณีใช้งานพบว่าระบบสามารถทำงานได้ถูกต้องตามที่ออกแบบไว้โดยสามารถตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลป้องกันการกรอกข้อมูลที่ผิดเงื่อนไขและแจ้งเตือนผู้ใช้งานเมื่อเกิดข้อผิดพลาดได้อย่างเหมาะสมไม่พบข้อผิดพลาดระดับร้ายแรงที่ส่งผลต่อการใช้งานจริงแสดงให้เห็นว่าระบบมีความเสถียรและพร้อมสำหรับการนำไปใช้งานในสภาพแวดล้อมจริง ดังภาพที่ 6

ภาพที่ 6 ระบบแสดงแจ้งเตือนอุณหภูมิอยู่นอกช่วงที่กำหนดจะขึ้นแสดงสีแดงและระบบแสดงแจ้งเตือนอุณหภูมิอยู่ในช่วงที่กำหนดจะขึ้นสีเขียว



3.ผลการใช้งานระบบด้านประสิทธิภาพและผลความพึงพอใจ

ผลการใช้งานระบบด้านประสิทธิถาพจะเปรียบเทียบด้านประสิทธิภาพการทำงานระหว่างระบบเดิมและระบบใหม่ใน 3 กระบวนการหลัก ได้แก่ การรับ การจ่าย และการคืนวัตถุดิบตามกลุ่มทดลองที่แจ้งไว้ในวิธีดำเนินการวิจัยโดยจะแบ่งเป็นหัวข้อดังนี้ 1.ผลเวลาการใช้งานระหว่างผู้คุ้นชินกับผู้ไม่คุ้นชินที่ทดลองระบบเดิมและระบบใหม่ 2.การเปรียบเทียบผลการทดลองทางสถิติระหว่างระบบเดิมและระบบใหม่

1.ผลเวลาการใช้งานระหว่างผู้คุ้นชินกับผู้ไม่คุ้นชินที่ทดลองระบบเดิมและระบบใหม่

จากผลการเปรียบเทียบระยะเวลาในการรับวัตถุดิบ พบว่ากลุ่มผู้คุ้นชินใช้เวลาเพิ่มขึ้นจากระบบเดิมเป็นระบบใหม่ประมาณ **ร้อยละ 36.3** ขณะที่กลุ่มผู้ไม่คุ้นชินใช้เวลาเพิ่มขึ้นประมาณ **ร้อยละ 41.8** สะท้อนให้เห็นว่าระบบใหม่มีขั้นตอนการตรวจสอบข้อมูลเพิ่มเติม เช่น การสแกนบาร์โค้ดและการยืนยันข้อมูลก่อนบันทึกซึ่งช่วยเพิ่มความถูกต้องและความสามารถในการตรวจสอบย้อนกลับโดยกลุ่มผู้ไม่คุ้นชินมีอัตราการเพิ่มของเวลาสูงกว่าเนื่องจากยังอยู่ในช่วงการเรียนรู้การใช้งานระบบ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตารางเปรียบเทียบผลเวลาในการรับวัตถุดิบ

	กระบวนการรับวัตถุดิบ		
กลุ่ม	วิธีการ	ระยะเวลา	ความแตกต่าง
คุ้นชิน	เดิม	124.75	45.32
	ใหม่	170.07	
ไม่คุ้นชิน	เดิม	136.24	56.94
	ใหม่	193.17	

จากผลการเปรียบเทียบในกระบวนการจ่ายวัตถุดิบ พบว่าระบบใหม่ช่วยลดระยะเวลาในการทำงานลงอย่างชัดเจนโดยกลุ่มผู้คุ้นชินใช้เวลาลดลงจากระบบเดิมประมาณ **ร้อยละ 70.4** และกลุ่มผู้ไม่คุ้นชินลดลงประมาณ**ร้อยละ 72.9** แสดงให้เห็นว่าการใช้การสแกนและการดึงข้อมูลอัตโนมัติสามารถลดขั้นตอนการกรอกข้อมูลและการเขียนเอกสารด้วยมือได้อย่างมีประสิทธิภาพส่งผลให้กระบวนการจ่ายวัตถุดิบมีความรวดเร็วและแม่นยำมากขึ้น ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตารางเปรียบเทียบผลเวลาในการจ่ายวัตถุดิบ

	กระบวนการจ่ายวัตถุดิบ		
กลุ่ม	วิธีการ	ระยะเวลา	ความแตกต่าง
คุ้นชิน	เดิม	161.16	-113.56
	ใหม่	47.60	
ไม่คุ้นชิน	เดิม	191.44	-139.57
	ใหม่	51.87	

จากผลการเปรียบเทียบในกระบวนการคืนวัตถุดิบ พบว่าระบบใหม่ช่วยลดระยะเวลาในการทำงานลง โดยกลุ่มผู้คุ้นชินใช้เวลาลดลงจากระบบเดิมประมาณ ร้อยละ 29.9 และกลุ่มผู้ไม่คุ้นชินลดลงประมาณ ร้อยละ 33.5 สะท้อนให้เห็นว่าการดึงข้อมูลจากการจ่ายครั้งล่าสุดมาแสดงอัตโนมัติช่วยลดขั้นตอนการค้นหาและการกรอกข้อมูลซ้ำทำให้กระบวนการคืนวัตถุดิบมีความรวดเร็วและถูกต้องมากขึ้น ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ตารางเปรียบเทียบผลเวลาในการคืนวัตถุดิบ

	กระบวนการคืนวัตถุดิบ		
กลุ่ม	วิธีการ	ระยะเวลา	ความแตกต่าง
คุ้นชิน	เดิม	100.94	-30.16
	ใหม่	70.78	
ไม่คุ้นชิน	เดิม	119.24	-40.01
	ใหม่	79.24	

2.การเปรียบเทียบผลการทดลองทางสถิติระหว่างระบบเดิมและระบบใหม่

ในการวิเคราะห์ผลการทดลองเชิงสถิติผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลเวลาการปฏิบัติงานจากผู้เข้าร่วมการทดลองทั้งหมด 38 คน โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มผู้ที่คุ้นชินกับหน้างานเดิมจำนวน 19 คน และกลุ่มผู้ที่ไม่คุ้นชินกับหน้างานเดิมจำนวน 19 คน เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบเดิม (แบบบันทึกด้วยกระดาษ) กับระบบใหม่ (ที่พัฒนาด้วย Power Apps) โดยใช้สถิติ Independent t-test ในการวิเคราะห์ความแตกต่างของเวลาเฉลี่ยในการทำงานแต่ละกระบวนการ

การเปรียบเทียบผลแบ่งออกเป็น 9 ตาราง ตามเงื่อนไขการทดลอง ดังนี้

1. เปรียบเทียบเวลาการทำงานของกลุ่มผู้คุ้นชินระบบเดิมและระบบใหม่ในกระบวนการ “รับวัตถุดิบ”

การทดสอบ	จำนวน	X-Bar	S.D.	t	Sig.
เดิม	19	66.128	3.449	74.957	0.000
ใหม่	19	111.449	12.482		

2. เปรียบเทียบเวลาการทำงานของกลุ่มผู้คุ้นชินระบบเดิมและระบบใหม่ในกระบวนการ “จ่ายวัตถุดิบ”

การทดสอบ	จำนวน	X-bar	S.D.	t	Sig.
เดิม	19	161.156	18.562	-182.982	0.000
ใหม่	19	47.600	5.152		

3. เปรียบเทียบเวลาการทำงานของกลุ่มผู้คุ้นชินระบบเดิมและระบบใหม่ในกระบวนการ “คืนวัตถุดิบ”

การทดสอบ	จำนวน	X-bar	S.D.	t	Sig.
เดิม	19	111.449	12.482	-120.683	0.000
ใหม่	19	70.782	12.222		

4. เปรียบเทียบเวลาการทำงานของกลุ่มผู้ไม่คุ้นชินระบบเดิมและระบบใหม่ในกระบวนการ “รับวัตถุดิบ”

การทดสอบ	จำนวน	X-bar	S.D.	t	Sig.
เดิม	19	70.418	25.182	24.007	0.000
ใหม่	19	127.354	208.093		

5. เปรียบเทียบเวลาการทำงานของกลุ่มผู้ไม่คุ้นชินระบบเดิมและระบบใหม่ในกระบวนการ “จ่ายวัตถุดิบ”

การทดสอบ	จำนวน	X-bar	S.D.	t	Sig.
เดิม	19	191.440	539.282	-31.043	0.000
ใหม่	19	51.874	16.043		

6. เปรียบเทียบเวลาการทำงานของกลุ่มผู้ไม่คุ้นชินระบบเดิมและระบบใหม่ในกระบวนการ “คืนวัตถุดิบ”

การทดสอบ	จำนวน	X-bar	S.D.	t	Sig.
เดิม	19	127.354	208.093	-26.199	0.000
ใหม่	19	79.235	51.516		

7. เปรียบเทียบเวลาการทำงานของกลุ่มผู้คุ้นชินระบบใหม่และผู้ไม่คุ้นชินระบบใหม่ในกระบวนการ “รับวัตถุดิบ”

การทดสอบ	จำนวน	X-bar	S.D.	t	Sig.
เดิม	19	127.354	208.093	4.668	0.000
ใหม่	19	111.449	12.482		

8. เปรียบเทียบเวลาการทำงานของกลุ่มผู้คุ้นชินระบบใหม่และผู้ไม่คุ้นชินระบบใหม่ในกระบวนการ “จ่ายวัตถุดิบ”

การทดสอบ	จำนวน	X-bar	S.D.	t	Sig.
เดิม	19	51.874	16.043	4.047	0.000
ใหม่	19	47.600	5.152		

9. เปรียบเทียบเวลาการทำงานของกลุ่มผู้คุ้นชินระบบใหม่และผู้ไม่คุ้นชินระบบใหม่ในกระบวนการ “คืนวัตถุดิบ”

การทดสอบ	จำนวน	X-bar	S.D.	t	Sig.
เดิม	19	79.235	51.516	4.615	0.000
ใหม่	19	70.782	12.222		

จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ Independent t-test เพื่อเปรียบเทียบระยะเวลาในการทำงานระหว่างระบบเดิมและระบบใหม่ในกลุ่มผู้คุ้นชินและกลุ่มผู้ไม่คุ้นชินพบว่าระบบใหม่ส่งผลต่อระยะเวลาในการทำงานแตกต่างจากระบบเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกกระบวนการ ($p < 0.001$)

ในกลุ่มผู้คุ้นชินพบว่าระบบใหม่ทำให้กระบวนการรับวัตถุดิบใช้เวลาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($t = 74.957$, $p < 0.001$) ขณะที่กระบวนการจ่ายวัตถุดิบและคืนวัตถุดิบใช้เวลาลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($t = -182.982$ และ $t = -120.683$ ตามลำดับ, $p < 0.001$) สะท้อนให้เห็นว่าระบบใหม่เพิ่มขั้นตอนการตรวจสอบในกระบวนการรับแต่ช่วยลดขั้นตอนที่ซ้ำซ้อนในกระบวนการจ่ายและคืน

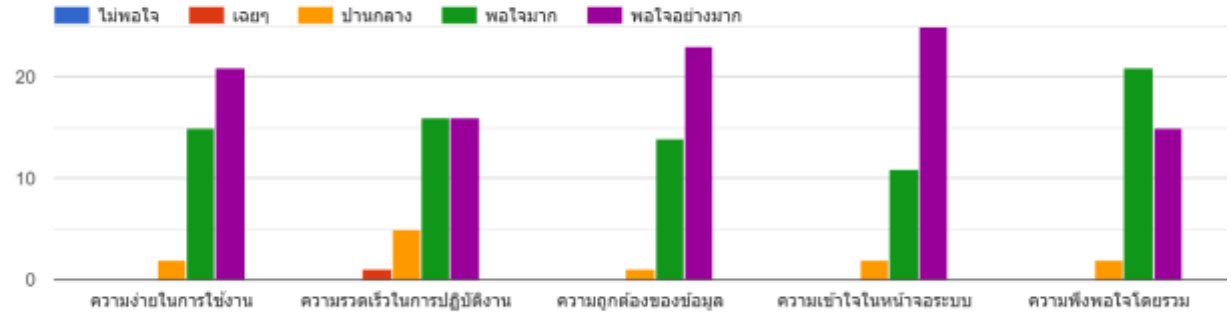
ในกลุ่มผู้ไม่คุ้นชินพบว่าระบบใหม่ทำให้กระบวนการรับวัตถุดิบใช้เวลาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($t = 24.007$, $p < 0.001$) ขณะที่กระบวนการจ่ายวัตถุดิบและคืนวัตถุดิบใช้เวลาลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($t = -31.043$ และ $t = -26.199$ ตามลำดับ, $p < 0.001$) โดยการลดลงในกระบวนการจ่ายมีขนาดผลชัดเจนที่สุด

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มผู้คุ้นชินและกลุ่มผู้ไม่คุ้นชินภายใต้ระบบเดียวกันพบว่ากลุ่มผู้คุ้นชินใช้เวลาน้อยกว่ากลุ่มผู้ไม่คุ้นชินอย่างมีนัยสำคัญในทุกกระบวนการทั้งในระบบเดิมและระบบใหม่โดยเฉพาะในกระบวนการรับวัตถุดิบ ($t = 4.668$, $p < 0.001$) การจ่ายวัตถุดิบ ($t = 4.047$, $p < 0.001$) และการคืนวัตถุดิบ ($t = 4.615$, $p < 0.001$) ซึ่งสะท้อนถึงผลของประสบการณ์และความคุ้นเคยต่อประสิทธิภาพในการทำงาน

โดยสรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติยืนยันว่าระบบใหม่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานอย่างมีนัยสำคัญ โดยช่วยลดเวลาในกระบวนการจ่ายและคืนวัตถุดิบขณะที่เพิ่มเวลาในกระบวนการรับวัตถุดิบเนื่องจากการเพิ่มขั้นตอนการตรวจสอบข้อมูลทั้งนี้กลุ่มผู้คุ้นชินยังคงมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงกว่ากลุ่มผู้ไม่คุ้นชินอย่างมีนัยสำคัญในทุกเงื่อนไข

ผลความพึงพอใจ

จากผลการประเมินพบว่า ผู้ใช้งานส่วนใหญ่มีระดับความพึงพอใจ **"พอใจอย่างมาก"** ในทุกด้าน โดยเฉพาะในด้าน “ความถูกต้องของข้อมูล” และ “ความพึงพอใจโดยรวม” ซึ่งได้รับคะแนนสูงที่สุด รองลงมาคือ “ความรวดเร็วในการปฏิบัติงาน” และ “ความง่ายในการใช้งาน” แสดงให้เห็นว่าแอปพลิเคชันต้นแบบสามารถตอบสนองการใช้งานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังภาพที่ 7



วิจารณ์ผลการวิจัย

การพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการควบคุมและติดตามการรับ–จ่าย–คืนวัตถุดิบเรซินในสายการผลิตของโรงงานฉีดพลาสติก มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน ลดความผิดพลาดจากมนุษย์ และเพิ่มความสามารถในการตรวจสอบย้อนกลับของข้อมูล จากผลการทดลองใช้งานและการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิผล โดยสามารถสรุปและวิจารณ์ผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ประสิทธิภาพของกระบวนการทำงาน
   ระบบใหม่ช่วยลดระยะเวลาในการทำงานของกระบวนการจ่ายและคืนวัตถุดิบอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่กระบวนการรับวัตถุดิบใช้เวลามากขึ้นในช่วงเริ่มต้น เนื่องจากมีการเพิ่มขั้นตอนการตรวจสอบข้อมูล อย่างไรก็ตาม ขั้นตอนดังกล่าวช่วยเพิ่มความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของข้อมูล ซึ่งเป็นผลเชิงบวกต่อการควบคุมวัตถุดิบในระยะยาว
2. ความแตกต่างของผู้ใช้งานและผลของการเรียนรู้ระบบ
   กลุ่มผู้คุ้นชินกับงานเดิมมีประสิทธิภาพในการใช้งานระบบสูงกว่ากลุ่มผู้ไม่คุ้นชินอย่างสม่ำเสมอ แสดงให้เห็นถึงผลของประสบการณ์ต่อความรวดเร็วในการทำงาน ขณะที่กลุ่มผู้ไม่คุ้นชินแสดงแนวโน้มการปรับตัวที่ดีขึ้นเมื่อใช้งานระบบต่อเนื่อง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดเส้นโค้งการเรียนรู้

3. คุณภาพและความถูกต้องของข้อมูล
   ระบบใหม่ช่วยลดข้อผิดพลาดจากการกรอกข้อมูลด้วยมือ และสนับสนุนการตรวจสอบย้อนกลับตามมาตรฐานคุณภาพ ส่งผลให้ข้อมูลมีความครบถ้วน ถูกต้อง และสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์และตัดสินใจได้อย่างน่าเชื่อถือ
4. ความเหมาะสมในการนำไปใช้งานจริง
   ผลการทดลองใช้งานแสดงให้เห็นว่าระบบมีความเสถียร ใช้งานได้จริงในสภาพแวดล้อมโรงงาน และได้รับการยอมรับจากผู้ใช้งานในระดับสูง แสดงให้เห็นว่าระบบมีความเหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ใช้จริงและสามารถขยายผลในอนาคตได้

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับการบริหารจัดการวัตถุดิบในสายการผลิตโดยใช้ Microsoft Power Apps ซึ่งเป็นเครื่องมือที่สนับสนุนแนวคิด Low-Code Development และสอดคล้องกับแนวทาง Digital Transformation ภายในองค์กรการดำเนินงานเริ่มต้นจากการศึกษาและวิเคราะห์กระบวนการทำงานเดิมผ่านการสัมภาษณ์พนักงานในหน้างานและระบุปัญหาที่สำคัญ เช่น การกรอกข้อมูลด้วยมือ ความล่าช้า และความผิดพลาดซ้ำซ้อนจากนั้นจึงออกแบบระบบโดยคำนึงถึงหลัก Poka-yoke และแนวทาง Nielsen’s Heuristics เพื่อลดข้อผิดพลาด และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งาน

หลังจากพัฒนาและนำระบบต้นแบบไปใช้งานจริงพบว่าในภาพรวมระบบสามารถลดเวลาและความซับซ้อนในการจ่ายวัตถุดิบได้อย่างชัดเจน ลดเวลาเฉลี่ยจาก 4.48 นาที เหลือเพียง 2.48 นาที คิดเป็นการลดลงกว่า 42% ขณะที่ขั้นตอนการรับวัตถุดิบมีเวลาเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเนื่องจากการเพิ่มกระบวนการตรวจสอบความถูกต้องและการพิมพ์ลาเบลซึ่งเป็นการแลกเปลี่ยนกับความถูกต้องของข้อมูลและการตรวจสอบย้อนกลับที่ดีขึ้น นอกจากนี้ ผลการประเมินจากแบบสอบถามผู้ใช้งานสะท้อนให้เห็นถึงความพึงพอใจที่ดีในด้านความง่ายในการใช้งาน ความเร็ว และการลดข้อผิดพลาดในการทำงานประจำ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือจากหลายภาคส่วนผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.สรมย์พร เจริญพิทย์ ซึ่งให้คำแนะนำอธิบายแนวคิดและให้คำปรึกษาอย่างใกล้ชิดตลอดระยะเวลาการดำเนินงานตลอดจนให้กำลังใจและแนวทางในการปรับปรุงงานอย่างเป็นระบบ

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ให้ข้อเสนอแนะอันมีคุณค่าซึ่งช่วยยกระดับคุณภาพของงานวิจัยให้มีความสมบูรณ์และรัดกุมมากยิ่งขึ้น

ขอแสดงความขอบคุณต่อผู้บริหารและเจ้าหน้าที่หน่วยงานควบคุมวัตถุดิบที่เอื้อเฟื้อข้อมูลอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลและให้ความร่วมมือในการทดสอบระบบต้นแบบอย่างจริงจังจนนำไปสู่ผลลัพธ์ที่สามารถนำไปพัฒนาระบบงานได้อย่างเป็นรูปธรรม

ขอขอบคุณเพื่อนร่วมรุ่นและทุกท่านที่มีส่วนช่วยเหลือทั้งโดยทางตรงและทางอ้อมที่คอยให้กำลังใจแลกเปลี่ยนความรู้และช่วยตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาในระหว่างการจัดทำงานวิจัย

ท้ายที่สุดผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ครอบครัว ที่เป็นแรงผลักดันสำคัญทั้งทางด้านจิตใจและการสนับสนุนด้านต่าง ๆ ซึ่งทำให้ผู้วิจัยมีพลังในการดำเนินงานจนสำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

กัญญาณัฐ มหาวงษ์. 2566. แอปตรวจสอบเครื่องจักรมาตรฐาน มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์. รายงานโครงงานวิศวกรรมซอฟต์แวร์, มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์.

จิตติพงษ์ พานิชพงษ์. 2565. แนวทางการพัฒนาแอปพลิเคชันด้วย AppSheet และ UX/UI Design. วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม. 10(2): 45–54.

ธนัชชา พรหมทวี. 2565. การพัฒนาระบบการจองผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเพื่อวางแผนการผลิต. สารนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

ธีรพัฒน์ เกียรติวัฒน์. 2565. ระบบยืม–คืนครุภัณฑ์และเครื่องมือ (ระดับอาชีวศึกษา). รายงานการวิจัย, วิทยาลัยเทคนิคขอนแก่น.

นฤมล สุริยะ. 2566. การพัฒนาระบบคืนสินค้าของลูกค้าโดยใช้โปรแกรม Power App. รายงานสหกิจศึกษา, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน.

พิสิษฐ์ นนท์เพ็ชร. 2565. การพัฒนาระบบสารสนเทศจัดการ ห้างหุ้นส่วนจำกัด วันชัย เมทัลเวิร์ค. รายงานการศึกษาค้นคว้าอิสระ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

สมชาย อินทร์ศรี. 2564. ระบบตรวจเช็คการดูแลแพะในโรงเรือนโดยใช้ Google Sheet. โครงงานวิศวกรรมคอมพิวเตอร์, มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

สุธารัตน์ ศรีทอง. 2566. การพัฒนาระบบการลาออนไลน์ด้วย Microsoft Power Platform. สารนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

สุภัตรา ทรัพย์อุปการ. 2562. มารู้จักระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ (MIS) ให้มากขึ้นกันดีกว่า. แหล่งข้อมูล: https://www.scimath.org/article-technology/item/10477-mis. ค้นเมื่อ 5 กันยายน 2567.

สุภาพร การย์บรรจบ. 2566. ระบบอัตโนมัติสำหรับการสกัดข้อมูลส่วนหัวการหยั่งธรณีหลุมเจาะ. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมข้อมูลขนาดใหญ่, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

ธารารัตน์ ขันอาษา. 2566. ระบบการจัดการคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้า: กรณีศึกษา บริษัท ซันร้อยแปด จำกัด. รายงานการศึกษาค้นคว้าอิสระ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน.

วิไลวรรณ คำสอน. 2566. การพัฒนาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการบริหารงานพัสดุโรงเรียนของสถานศึกษาในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประจวบคีรีขันธ์ เขต 2. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี.

International Automotive Task Force. 2016. IATF 16949:2016 Quality management system requirements for automotive production and relevant service parts organizations. Available: https://www.iatfglobaloversight.org/iatf-16949/. Accessed 7 September 2024.

International Organization for Standardization. 2015. ISO 9001:2015 Quality management systems — Requirements. Available: https://www.iso.org/standard/62085.html. Accessed 7 September 2024.

การพัฒนาระบบเช็คสต็อกสินค้าด้วย Line Bot

Development of Product Stock Checking System Using Line Bot

พงษ์เพ็ชร ชนะคุณ[1], ศุภวิชญ์ ขำสุวรรณ[2], ภวัต ฉิมเล็ก[3], ศุภชัย คนเที่ยง[4], พงษ์พิชญ์ เลิศเจริญวุฒา[5], ธงรบ อักษร[6] และไพฑูรย์ งิ้วทั่ง[7*]

Pongphet Chanakun[1], Supawit Khamsuwan[2], Parwat Chimlek[3], Suphachai Khonthiang[4], Phongphit Loescharoenwutha[5], Thongrob Auxsorn[6] and Paitoon Ngewtung[7*]

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม 156 หมู่ 5 ตำบล พลายชุมพล อำเภอ เมืองพิษณุโลก จังหวัด พิษณุโลก 65000

Student, Department of Information Technology, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, 156 Moo 5 Tambon Phlai Chumphon, Mueang Phitsanulok District, Phitsanulok 65000

Corresponding author E-mail: p_ngiwetung@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบ Line Bot สำหรับการจัดการสต็อกสินค้า เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน และเพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบ กลุ่มตัวอย่างคือผู้ประกอบการที่เปิดร้านค้าภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก จำนวน 10 คน ได้มาโดยวิธีการเลือกสุ่มแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย ระบบ Line Bot ที่พัฒนาขึ้นและแบบสอบถามความพึงพอใจ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับมาก สามารถลดข้อผิดพลาดในการบันทึกข้อมูลสต็อกสินค้า เพิ่มความโปร่งใสในการตรวจสอบย้อนหลัง และลดภาระการกรอกข้อมูลซ้ำซ้อน ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อระบบอยู่ในระดับมาก โดยเฉพาะด้านความสะดวกในการใช้งานและความรวดเร็วในการบันทึกข้อมูล ระบบ Line Bot นี้จึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับการจัดการสต็อกสินค้าของผู้ประกอบการร้านค้าขนาดเล็ก

คำสำคัญ: Line Bot, การจัดการสต็อกสินค้า, ระบบตรวจสอบสินค้าคงเหลือ, แชทบอท, ผู้ประกอบการร้านค้า

Abstract

This research aimed to design and develop a Line Bot system for inventory management, to evaluate user satisfaction, and to assess system efficiency. The sample group consisted of 10 shop entrepreneurs operating within Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok Province, selected through purposive sampling. Research instruments included the developed Line Bot system and a satisfaction questionnaire. Data were analyzed using descriptive statistics including percentage, mean, and standard deviation. The results showed that the developed system had high efficiency, reducing errors in inventory data recording, increasing transparency in retrospective checking, and reducing redundant data entry. Users expressed high satisfaction with the system, particularly regarding ease of use and speed of data recording. This Line Bot system is therefore a suitable alternative for inventory management for small shop entrepreneurs.

Keywords: Line Bot, Inventory Management, Stock Checking System, Chatbot, Shop Entrepreneurs

บทนำ

การจัดการสต็อกสินค้าเป็นหัวใจสำคัญของธุรกิจค้าปลีกและร้านค้าทุกประเภท การมีข้อมูลสต็อกสินค้าที่ถูกต้องและเป็นปัจจุบันจะช่วยให้ผู้ประกอบการสามารถวางแผนการสั่งซื้อสินค้า ควบคุมต้นทุน และให้บริการลูกค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม การจัดการสต็อกสินค้าในคลังหรือร้านค้ามักเผชิญกับปัญหาจากพนักงานที่ไม่ปฏิบัติตามระเบียบอย่างเคร่งครัด

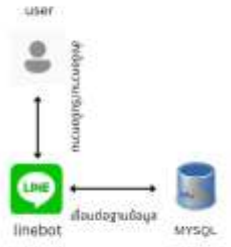
ในยุคดิจิทัลปัจจุบัน เทคโนโลยีสารสนเทศได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการแก้ไขปัญหาการจัดการธุรกิจ โดยเฉพาะแพลตฟอร์มสื่อสารสังคมออนไลน์ที่ผู้คนใช้งานอยู่แล้วในชีวิตประจำวัน LINE เป็นหนึ่งในแอปพลิเคชันที่ได้รับความนิยมสูงสุดในประเทศไทย มีผู้ใช้งานกว่า 50 ล้านคน จากความสำคัญดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาระบบเช็คสต็อกสินค้าด้วย Line Bot สำหรับผู้ประกอบการร้านค้า เพื่อแก้ไขปัญหาการบันทึกข้อมูลที่ไม่ถูกต้องและไม่ทันเวลา และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการสต็อกสินค้าให้กับผู้ประกอบการ

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาหาข้อมูลและคิดหัวข้อการศึกษาเกี่ยวกับเทคโนโลยี LINE Bot และการใช้เทคโนโลยีต่างๆ เช่น LINE Messaging API, MySQL, PHP, JSON ที่ใช้ในการทำงานของระบบจัดการสต็อกสินค้า รวมถึงศึกษาการทำงานของ Webhook และการเชื่อมต่อฐานข้อมูล

2. ศึกษาค้นคว้าจากแหล่งข้อมูล ค้นคว้าเกี่ยวกับระบบ LINE Bot, การเชื่อมต่อผ่าน Internet, วิธีการควบคุมจากระยะไกล การออกแบบ User Interface ด้วย Flex Message และการจัดการ Session สำหรับการป้อนข้อมูลหลายขั้นตอน

3. ออกแบบโครงสร้างของระบบการทำงาน โดยมีการกำหนดเทคโนโลยีที่จะใช้ LINE Messaging API, MySQL Database, PHP, JSON สำหรับการสร้าง Flex Message



กรอบแนวคิดในการวิจัย

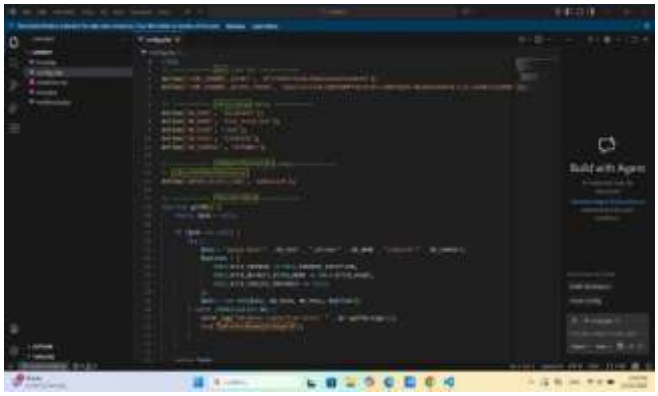
4. การพัฒนาระบบ แบ่งออกเป็นส่วนสำคัญดังนี้

4.1 ออกแบบ bot.php



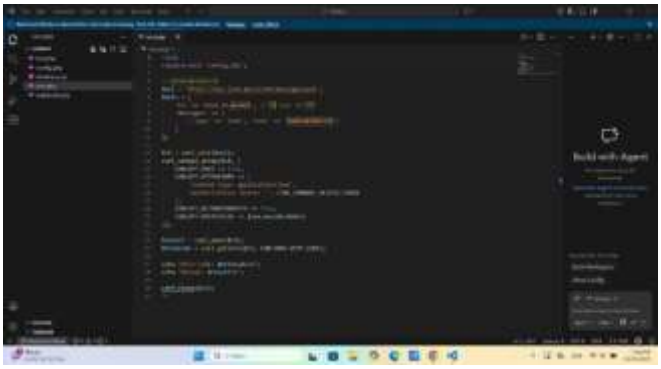
ภาพที่ 4.1

4.2 ออกแบบ config.php



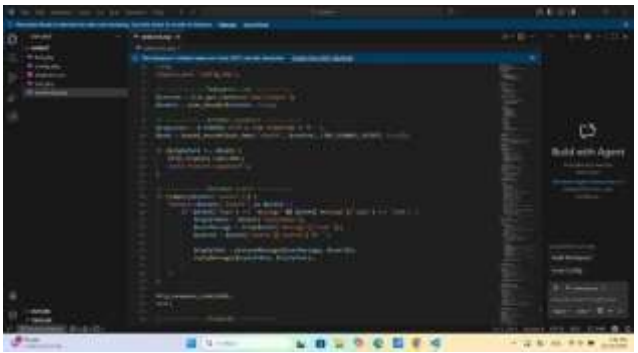
ภาพที่ 4.2

4.3 ออกแบบ test.php



ภาพที่ 4.3

4.4 ออกแบบ webhook.php



ภาพที่ 4.4

5. สร้าง LINE Developers เพื่อเชื่อมต่อฐานข้อมูลกับ webhook.php



ภาพที่ 5

6. เมื่อทำการทดสอบระบบจนมั่นใจว่าสามารถทำงานได้จริง และตรงกับความต้องการของผู้ใช้ระบบแล้ว



ภาพที่ 6

7. หลังจากระบบได้ถูกนำมาใช้งานเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ผู้พัฒนาระบบจำเป็นต้องบำรุงรักษา โดยดำเนินการติดตามและแก้ไขให้ถูกต้อง หากพบข้อผิดพลาดหรือข้อบกพร่องจากการทำงานของระบบงานใหม่และทำแบบสอบถามประเมินความพึงพอใจ

ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการพัฒนาระบบเช็คสต็อกสินค้าด้วย Line Bot และทดสอบกับผู้ประกอบการร้านค้าภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก จำนวน 10 คน ผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ใช้งานระบบ

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลผู้ใช้งานระบบ Line Bot สำหรับการจัดการสต็อกสินค้า จำนวน 10 คน พบว่า ผู้ใช้งานส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 60 และเพศชาย จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 40 โดยผู้ใช้งานมีอายุระหว่าง 25-35 ปี จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 40 อายุระหว่าง 36-45 ปี จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 40 และอายุมากกว่า 45 ปี จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 20 ประเภทของร้านค้าที่ผู้ใช้งานดำเนินการประกอบด้วย ร้านอาหารและเครื่องดื่ม จำนวน 5 ร้าน ร้านสะดวกซื้อ จำนวน 3 ร้าน และร้านเครื่องเขียน จำนวน 2 ร้าน ผู้ใช้งานทุกคนมีประสบการณ์ในการใช้งาน LINE ในชีวิตประจำวัน และร้อยละ 80 เคยใช้งาน Line Bot มาก่อน

ส่วนที่ 2 ผลการพัฒนาระบบ Line Bot สำหรับการจัดการสต็อกสินค้า

ระบบ Line Bot ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยฟังก์ชันหลักดังนี้

1. ฟังก์ชันการเพิ่มสินค้าเข้าสต็อก ผู้ใช้งานสามารถบันทึกข้อมูลสินค้าที่รับเข้ามาใหม่ได้โดยการส่งข้อความในรูปแบบที่กำหนด เช่น "เพิ่ม น้ำดื่ม 50 ขวด" ระบบจะทำการบันทึกข้อมูลเข้าสู่ฐานข้อมูลพร้อมระบุวันที่และเวลาที่บันทึก และแสดงยอดรวมสินค้าคงเหลือล่าสุด

2. ฟังก์ชันการตัดสินค้าออกจากสต็อก ผู้ใช้งานสามารถบันทึกการเบิกสินค้าหรือขายสินค้าได้โดยส่งข้อความ เช่น "ตัด น้ำดื่ม 10 ขวด" ระบบจะทำการหักยอดสินค้าออกจากสต็อกและแจ้งเตือนหากสินค้ามีจำนวนต่ำกว่าจุดสั่งซื้อที่กำหนดไว้

3. ฟังก์ชันการตรวจสอบสินค้าคงเหลือ ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบจำนวนสินค้าคงเหลือในสต็อกได้ทันทีโดยการส่งคำสั่ง "เช็คสต็อก" หรือระบุชื่อสินค้าที่ต้องการตรวจสอบ ระบบจะแสดงรายการสินค้าทั้งหมดพร้อมจำนวนคงเหลือในรูปแบบ Flex Message ที่อ่านง่ายและสวยงาม

4. ฟังก์ชันการแจ้งเตือนสินค้าใกล้หมด ระบบจะส่งการแจ้งเตือนอัตโนมัติเมื่อสินค้ามีจำนวนต่ำกว่าจุดสั่งซื้อที่กำหนดไว้ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถวางแผนการสั่งซื้อสินค้าได้ทันเวลา

5. ฟังก์ชันการดูประวัติการทำรายการ ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบประวัติการเพิ่มและตัดสินค้าย้อนหลังได้ โดยระบุช่วงเวลาที่ต้องการดู ระบบจะแสดงรายละเอียดว่ามีการทำรายการอะไรบ้าง โดยใคร และเมื่อไหร่

6. ฟังก์ชันการจัดทำรายงานสรุป ผู้ใช้งานสามารถขอรายงานสรุปสต็อกสินค้าประจำวัน ประจำสัปดาห์ หรือประจำเดือนได้ ระบบจะสรุปข้อมูลการเข้า-ออกของสินค้าและแสดงในรูปแบบที่เข้าใจง่าย

ระบบที่พัฒนาขึ้นใช้เทคโนโลยี LINE Messaging API เชื่อมต่อกับฐานข้อมูล MySQL โดยพัฒนา Backend ด้วยภาษา Python และ Flask Framework ใช้ JSON ในการสร้าง Flex Message เพื่อออกแบบ User Interface ให้สวยงามและใช้งานง่าย ระบบได้ผ่านการทดสอบการทำงานเบื้องต้นและปรับปรุงจนมีความเสถียรพร้อมใช้งานจริง

ส่วนที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจและประสิทธิภาพของระบบ

จากการให้กลุ่มตัวอย่างใช้งานระบบเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ และประเมินความพึงพอใจด้วยแบบสอบถาม พบผลดังนี้

ตารางที่ 1 ความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบ Line Bot สำหรับการจัดการสต็อกสินค้า

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย ($\overline{x}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ระดับความพึงพอใจ
1. ความสะดวกในการใช้งานระบบ	4.60	0.52	มากที่สุด
2. ความรวดเร็วในการบันทึกข้อมูล	4.50	0.53	มากที่สุด
3. ความถูกต้องของข้อมูลที่บันทึก	4.40	0.52	มาก
4. ความเหมาะสมของฟังก์ชันการทำงาน	4.30	0.48	มาก
5. การแสดงผลและการออกแบบหน้าจอ	4.50	0.53	มากที่สุด
6. ความสะดวกในการตรวจสอบย้อนหลัง	4.40	0.52	มาก
7. ประโยชน์ที่ได้รับจากระบบ	4.70	0.48	มากที่สุด
8. ความพึงพอใจโดยรวม	4.55	0.50	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.49**	**0.51**	**มาก**

จากตารางที่ 1 พบว่า ความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบ Line Bot สำหรับการจัดการสต็อกสินค้าโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\overline{x}$= 4.49, S.D. = 0.51) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ประโยชน์ที่ได้รับจากระบบมีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\overline{x}$ = 4.70, S.D. = 0.48) รองลงมาคือ ความสะดวกในการใช้งานระบบ ($\overline{x}$ = 4.60, S.D. = 0.52) ความรวดเร็วในการบันทึกข้อมูลและการแสดงผลและการออกแบบหน้าจอ ($\overline{x}$ = 4.50, S.D. = 0.53) ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบ

ตัวชี้วัดประสิทธิภาพ	ค่าเฉลี่ย ($\overline{x}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ระดับประสิทธิภาพ
1. ความถูกต้องในการบันทึกข้อมูล	4.60	0.52	มากที่สุด
2. ความรวดเร็วในการประมวลผล	4.50	0.53	มากที่สุด
3. ความเสถียรของระบบ	4.30	0.48	มาก
4. การลดข้อผิดพลาดในการจัดการสต็อก	4.70	0.48	มากที่สุด
5. การเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน	4.60	0.52	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.54**	**0.51**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 2 พบว่า ประสิทธิภาพของระบบโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{x}$ = 4.54, S.D. = 0.51) โดยการลดข้อผิดพลาดในการจัดการสต็อกมีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\overline{x}$= 4.70, S.D. = 0.48) แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถแก้ไขปัญหาหลักที่เกิดจากการบันทึกข้อมูลด้วยวิธีดั้งเดิมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ จากการสัมภาษณ์ผู้ใช้งานเพิ่มเติม พบว่า ผู้ใช้งานร้อยละ 90 ระบุว่าระบบช่วยลดเวลาในการบันทึกข้อมูลลงได้มากกว่าครึ่งหนึ่งเมื่อเทียบกับการบันทึกด้วยกระดาษหรือสมุด ผู้ใช้งานร้อยละ 100 ระบุว่าสามารถเข้าถึงข้อมูลสต็อกได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น และผู้ใช้งานร้อยละ 80 ระบุว่าต้องการใช้งานระบบนี้ต่อไปในระยะยาว

วิจารณ์ผล

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าระบบ Line Bot สำหรับการจัดการสต็อกสินค้ามีประสิทธิภาพสูงและได้รับความพึงพอใจจากผู้ใช้งานในระดับมาก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ กานดา ศรอินทร์ (2561) ที่พบว่าการนำ LINE Bot มาใช้ในการจัดการธุรกิจร้านกาแฟช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการหน้าร้านได้อย่างมีประสิทธิภาพ การออกแบบระบบให้ใช้งานผ่าน LINE ซึ่งเป็นแพลตฟอร์มที่ผู้ใช้งานคุ้นเคยช่วยลดอุปสรรคในการเรียนรู้การใช้งานระบบใหม่ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อนุวัฒน์ ใจดี และคณะ (2568) ที่ใช้ MySQL เป็นฐานข้อมูลในระบบบริหารจัดการร้านชานมไข่มุกและได้รับผลตอบรับที่ดี

สรุปผล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบ Line Bot สำหรับการจัดการสต็อกสินค้า เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน และเพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบ กลุ่มตัวอย่างคือผู้ประกอบการร้านค้าภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก จำนวน 10 คน

จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าระบบ Line Bot สำหรับการจัดการสต็อกสินค้าที่พัฒนาขึ้นสามารถแก้ไขปัญหาการบันทึกข้อมูลที่ไม่ถูกต้องและไม่ทันเวลาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยลดข้อผิดพลาดในการจัดการสต็อกสินค้า เพิ่มความโปร่งใสในการตรวจสอบย้อนหลัง และลดภาระในการกรอกข้อมูลซ้ำซ้อน

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก ที่ให้การสนับสนุนด้านสถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กานดา ศรอินทร์. 2561. การเพิ่มประสิทธิภาพระบบบริหารจัดการหน้าร้านของธุรกิจร้านกาแฟด้วยไลน์แชทบอท. วารสารวิชาการโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า 16: 1–12.

Chopra, S., and P. Meindl. 2016. Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation. 6th Edition. Pearson Education.

วันวิสาข์ หาดสูง และพีรยศ ภมรศิลปะธรรม. 2568. ไลน์แชทบอทให้ข้อมูลโฆษณาเครื่องสำอางด้วย Dialogflow และ Google Sheets. Thai Bulletin of Pharmaceutical Sciences 19(1): 45–58.

LINE Corporation. 2024. LINE Messaging API Documentation. Available: https://developers.line.biz/en/docs/messaging-api/. Accessed Feb. 7, 2026.

อนุวัฒน์ ใจดี, ณัฐวัตร หมื่นยศ, ธีรภัทร์ ศรีจันทร์, ภูวเดช แสนโซ้ง, ศราวุฒิ จำปาทอง และศิริวัลย์ จันทร์แก้ว. 2568. การออกแบบและพัฒนาระบบบริหารจัดการร้านชานมไข่มุกขนาดเล็กด้วยเว็บแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน. น. 289–302. ใน: การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ เบญจมิตรวิชาการ ครั้งที่ 15. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีธนบุรี.

Turban, E., J. Outland, D. King, J. K. Lee, T. P. Liang, and D. C. Turban. 2018. Electronic Commerce 2018: A Managerial and Social Networks Perspective. 9th Edition. Springer.

การพัฒนาระบบวิเคราะห์ความคิดเห็นของนักท่องเที่ยวต่อระบบขนส่งสาธารณะ: กรณีศึกษาจังหวัดภูเก็ต

Development of a Sentiment Analysis System for Tourist Opinions on Public Transportation: Case Study Phuket Province

พิริยะ รอดสวัสดิ์[1] พิทา จารุพูนผล[2] ณสิทธิ์ เหล่าเส็น[3*]

Piriya Rodsawat[1] Pita Jarupunphol[2] and Nasith Laosen[3*]

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต 21 ม.6 ถ.เทพกระษัตรี ต.รัษฎา อ.เมือง จ.ภูเก็ต 83000

[1] Department of Digital Technology, Faculty of Science & Technology, Phuket Rajabhat University 21 Moo 6, Ratsada Subdistrict, Mueang District, Phuket 83000

*Corresponding author E-mail: nasith.l@pkru.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการพัฒนาระบบวิเคราะห์ความคิดเห็นของนักท่องเที่ยวต่อการใช้บริการขนส่งสาธารณะในจังหวัดภูเก็ต โดยใช้ข้อมูลรีวิวจากเว็บไซต์ TripAdvisor เพื่อสะท้อนประสบการณ์จริงของผู้ใช้บริการและสนับสนุนการปรับปรุงคุณภาพการให้บริการ ระบบมีองค์ประกอบหลัก 3 ส่วน ได้แก่ (1) โมดูลการดึงข้อมูลด้วยเทคนิค Web Scraping (2) โมดูลวิเคราะห์ความคิดเห็นเชิงคุณลักษณะ (Aspect-Based Sentiment Analysis: ABSA) ซึ่งทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่าง PyABSA และ ChatGPT-4o และ (3) โมดูลแสดงผลข้อมูลผ่านแดชบอร์ดปฏิสัมพันธ์บน Google Looker Studio ผลการทดสอบเชิงระบบพบว่าโมดูลการดึงข้อมูลและโมดูลแสดงผลแดชบอร์ดสามารถทำงานได้ถูกต้องตามข้อกำหนด ขณะที่ผลการประเมินเชิงเปรียบเทียบพบว่า ChatGPT-4o มีประสิทธิภาพสูงกว่า PyABSA ในทุกมิติ โดยสามารถสกัดคุณลักษณะของบริการได้ครอบคลุมหลายหมวดหมู่สำคัญ เช่น Service, Punctuality และ Cleanliness และให้ค่าความแม่นยำรวมในการจำแนกอารมณ์ร้อยละ 88 ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีศักยภาพในการสนับสนุนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึก และสามารถประยุกต์ใช้เพื่อยกระดับคุณภาพบริการขนส่งสาธารณะในจังหวัดภูเก็ตได้อย่างเป็นรูปธรรม

คำสำคัญ : การวิเคราะห์ความคิดเห็นเชิงคุณลักษณะ, ขนส่งสาธารณะ, จังหวัดภูเก็ต

Abstract

This article presents the development of a sentiment analysis system for tourist opinions regarding public transportation services in Phuket Province, using review data from TripAdvisor to reflect real user experiences and support service quality improvement. The system consists of three core modules: (1) a data acquisition module using Web Scraping techniques, (2) an Aspect-Based Sentiment Analysis (ABSA) module that compares the performance of PyABSA and ChatGPT-4o, and (3) an interactive data visualization module implemented through Google Looker Studio. System-level testing indicated that both the data acquisition and dashboard modules functioned correctly according to the specified requirements. The comparative evaluation further revealed that ChatGPT-4o outperformed PyABSA across all performance metrics, demonstrating broader aspect coverage in key service categories—such as Service, Punctuality, and Cleanliness—and achieving an overall sentiment classification accuracy of 88 percent. The findings suggest that the proposed system effectively supports in-depth analytical tasks and has strong potential for practical application in improving the quality of public transportation services in Phuket Province

Keywords : Aspect-Based Sentiment Analysis, Public Transportation, Phuket Province

1. บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

อุตสาหกรรมการท่องเที่ยวถือเป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยมีบทบาทเชิงยุทธศาสตร์ต่อการสร้างรายได้ การจ้างงาน และการกระจายความเจริญสู่ระดับภูมิภาค จังหวัดภูเก็ตนับเป็นหนึ่งในจุดหมายปลายทางระดับโลกที่ดึงดูดนักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ ความพร้อมของโครงสร้างพื้นฐานด้านคมนาคมขนส่ง โดยเฉพาะระบบรถสาธารณะ ถือเป็นปัจจัยพื้นฐานที่มีความสำคัญยิ่งต่อการอำนวยความสะดวก เชื่อมโยงแหล่งท่องเที่ยว และสร้างประสบการณ์การเดินทางที่ดี ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อภาพลักษณ์และขีดความสามารถในการแข่งขันของพื้นที่ในระยะยาว

อย่างไรก็ตาม ระบบขนส่งสาธารณะของจังหวัดภูเก็ตยังคงเผชิญกับความท้าทายในหลายมิติ ผู้ใช้บริการจำนวนมากมักประสบปัญหาการจราจรที่ติดขัด ความไม่แน่นอนของเวลาในการเดินทาง และข้อจำกัดด้านการเข้าถึงบริการ นอกจากนี้ ยังพบข้อร้องเรียนเกี่ยวกับอัตราค่าโดยสารที่ไม่เป็นธรรม การไม่เปิดใช้หรือการดัดแปลงมิเตอร์ รวมถึงพฤติกรรมและคุณภาพการให้บริการของผู้ขับขี่ ปัญหาเหล่านี้ส่งผลกระทบโดยตรงต่อระดับความพึงพอใจของผู้ใช้บริการ และสะท้อนให้เห็นถึงประเด็นเร่งด่วนที่ควรได้รับการพิจารณาเพื่อยกระดับมาตรฐานระบบขนส่งสาธารณะของจังหวัด

ในยุคดิจิทัลปัจจุบัน นักท่องเที่ยวนิยมแบ่งปันประสบการณ์การเดินทางผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์อย่างกว้างขวาง โดยเว็บไซต์ TripAdvisor เป็นหนึ่งในแหล่งข้อมูลสำคัญที่รวบรวมความคิดเห็นจากนักท่องเที่ยวทั่วโลก ข้อมูลเหล่านี้จัดเป็นเนื้อหาที่สร้างขึ้นโดยผู้ใช้ (User-Generated Content) ซึ่งสะท้อนมุมมอง ทัศนคติ และประสบการณ์จริงที่มีต่อระบบขนส่งสาธารณะอย่างตรงไปตรงมา จึงถือเป็นแหล่งข้อมูลที่มีศักยภาพสูงในการนำมาวิเคราะห์เพื่อทำความเข้าใจความต้องการและปัญหาของนักท่องเที่ยวได้อย่างเป็นระบบ แม้ว่างานวิจัยปัจจุบันจะมีการนำข้อมูลความคิดเห็นออนไลน์มาวิเคราะห์ในบริบทของการท่องเที่ยวและการบริการอย่างแพร่หลาย แต่ส่วนใหญ่มักเน้นการวิเคราะห์ภาพรวม (Overall Sentiment) และยังขาดการศึกษาเชิงลึกที่จำเพาะเจาะจงต่อระบบขนส่งสาธารณะ โดยเฉพาะการระบุความรู้สึกในระดับคุณลักษณะย่อย (Aspect-level) ที่มีความซับซ้อน

ด้วยเหตุนี้ งานวิจัยนี้จึงมุ่งวิเคราะห์ความคิดเห็นของนักท่องเที่ยวต่อระบบขนส่งสาธารณะในจังหวัดภูเก็ตจากข้อมูลบนเว็บไซต์ TripAdvisor โดยประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ความรู้สึกเชิงคุณลักษณะ (Aspect-Based Sentiment Analysis: ABSA) เพื่อจำแนกประเด็นด้านการให้บริการในมิติต่าง ๆ อย่างเป็นระบบ ทั้งนี้ งานวิจัยนี้ดำเนินการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโมเดล ABSA สองแนวทาง ได้แก่ PyABSA และ ChatGPT-4o เพื่อคัดเลือกโมเดลที่มีความเหมาะสมที่สุดสำหรับบริบทข้อมูลจริง ผลลัพธ์ที่ได้จะถูกนำไปพัฒนาสู่ระบบนำเสนอข้อมูลเชิงโต้ตอบในรูปแบบ Dashboard เพื่อสรุปประเด็น ขยายความเข้าใจด้านความพึงพอใจ ปัญหา และความคาดหวังของนักท่องเที่ยวอย่างเป็นรูปธรรม อันจะเป็นข้อมูลสนับสนุนเชิงประจักษ์สำหรับการกำหนดนโยบายและวางแผนยกระดับคุณภาพระบบขนส่งสาธารณะของจังหวัดภูเก็ตให้มีความน่าเชื่อถือ มีประสิทธิภาพ และมีความยั่งยืนต่อไป

1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันมีงานวิจัยจำนวนมากที่นำการวิเคราะห์ความคิดเห็นจากข้อมูลออนไลน์มาประยุกต์ใช้ในการศึกษาพฤติกรรมและประสบการณ์ของผู้ใช้บริการในบริบทด้านการท่องเที่ยวและการบริการอย่างแพร่หลาย งานวิจัยเหล่านี้อาศัยข้อมูลความคิดเห็นและรีวิวจากผู้ใช้บริการจริงเพื่อทำความเข้าใจมุมมอง ทัศนคติ และระดับความพึงพอใจต่อการให้บริการในมิติต่าง ๆ ตัวอย่างงานวิจัยมีดังนี้

Chu และคณะ (2022) ได้นำเสนอการใช้ Aspect-Based Sentiment Analysis (ABSA) ในการวิเคราะห์รีวิวบน TripAdvisor เพื่อสกัดหมวดหมู่คุณลักษณะและการจำแนกอารมณ์ความรู้สึกจากความคิดเห็นของนักท่องเที่ยว โดยอาศัยโมเดล BERT ร่วมกับเทคนิค Text Enhancement ด้วยการแปลซ้ำหลายภาษาเพื่อขยายชุดข้อมูล จากนั้นแยกรีวิวเป็น 10 หมวดหมู่และประเมินขั้วอารมณ์ความรู้สึก ซึ่งพบว่าวิธีนี้สามารถสร้างคำแนะนำทั่วไปและเฉพาะบุคคลสำหรับผู้ใช้ รวมทั้งช่วยผู้ประกอบการในการปรับปรุงบริการหรือผลิตภัณฑ์ของตนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Af'idah และคณะ (2024) นำเสนอระบบ ABSA เพื่อวิเคราะห์รีวิวสถานที่ท่องเที่ยวในอินโดนีเซีย โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดล LSTM และ Bi-LSTM ในการจำแนกคุณลักษณะและอารมณ์ความรู้สึกของ

รีวิว หลังจากทดลองพบว่า Bi-LSTM ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าในทั้งการจำแนกคุณลักษณะและการจำแนกอารมณ์ พร้อมคะแนนความแม่นยำเฉลี่ยและ F1 ที่สูงกว่า LSTM

Nawawi และคณะ (2024) แสดงให้เห็นการรวม Zero-Shot Learning เข้ากับ ABSA เพื่อวิเคราะห์รีวิวออนไลน์ของนักท่องเที่ยวโดยไม่ต้องใช้ชุดข้อมูลที่ถูกติดป้ายกำกับจำนวนมาก โดยใช้โมเดลที่ฝึกล่วงหน้า เช่น RoBERTa เพื่อแยกคำสำคัญ วิเคราะห์ประโยค สร้างคุณลักษณะ และกำหนดขั้วอารมณ์ ผลการศึกษาชี้ว่าการผสาน ZSL ช่วยขจัดข้อจำกัดของชุดข้อมูลที่มีคำติดป้ายและสามารถนำข้อมูลเชิงวิเคราะห์มาใช้ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์สำหรับผู้ให้บริการด้านการต้อนรับได้

Li (2023) ใช้ ABSA วิเคราะห์รีวิวออนไลน์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความคิดเห็นของผู้ใช้และโอกาสในการอยู่รอดของร้านอาหาร โดยเปรียบเทียบความสามารถของ ABSA กับการวิเคราะห์อารมณ์รวมแบบเดิม ผ่านโมเดล Conditional Survival Forest (CSF) เพื่อพยากรณ์ผลตอบรับและแนวโน้มการดำเนินธุรกิจ ผลการศึกษาพบว่า ABSA มีประสิทธิภาพในการพยากรณ์สถานการณ์ธุรกิจได้ดีกว่าการใช้เพียงการวิเคราะห์อารมณ์รวม (Overall Sentiment) และช่วยชี้ให้เห็นถึงแง่มุมของรีวิวที่สัมพันธ์ต่อผลลัพธ์การอยู่รอดของธุรกิจได้อย่างชัดเจน

ธิดารัตน์ ศิวะนาถนุสรณ์ และคณะ (2568) พัฒนาระบบวิเคราะห์ความคิดเห็นของนักท่องเที่ยวบนแพลตฟอร์ม X กรณีศึกษาจังหวัดภูเก็ต โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาษาธรรมชาติและการเรียนรู้ของเครื่อง ซึ่งผลการวิจัยพบว่าระบบสามารถสกัดข้อมูลเชิงลึกและจำแนกขั้วอารมณ์ของนักท่องเที่ยวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยให้เห็นภาพรวมของความพึงพอใจและปัญหาที่เกิดขึ้นในพื้นที่ได้ดีขึ้น

งานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นสะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพของการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ความคิดเห็นเชิงคุณลักษณะ (ABSA) เพื่อทำความเข้าใจประสบการณ์ของผู้ใช้บริการและสนับสนุนการตัดสินใจในภาคการท่องเที่ยวและบริการให้ดียิ่งขึ้น

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ใช้หลักวิศวกรรมซอฟต์แวร์ในการพัฒนาระบบ โดยมีขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอน ได้แก่ การวิเคราะห์และออกแบบระบบ การพัฒนาระบบ และการทดสอบระบบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

ผู้วิจัยเริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบและกระบวนการทำงานของระบบวิเคราะห์ความคิดเห็นของนักท่องเที่ยว โดยออกแบบการทำงานของระบบให้เป็นลำดับขั้นตอนอย่างเป็นระบบ กระบวนการทำงานแบ่งออกเป็น 3 โมดูลหลัก ได้แก่ (1) โมดูลการดึงข้อมูลรีวิวจากเว็บไซต์ TripAdvisor และเตรียมข้อมูล (2) โมดูลการวิเคราะห์ Aspect-Based Sentiment Analysis (ABSA) ของความคิดเห็นเพื่อระบุประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการให้บริการรถสาธารณะและขั้วอารมณ์ และ (3) โมดูลการนำเสนอผลการวิเคราะห์ในรูปแบบแดชบอร์ด เพื่อแสดง

ภาพรวม แนวโน้ม และประเด็นสำคัญของความคิดเห็นอย่างเป็นระบบ รายละเอียดของแต่ละโมดูลจะถูกนำเสนอในหัวข้อถัดไป

2.2 การพัฒนาระบบ

ผู้วิจัยดำเนินการพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษา Python บนแพลตฟอร์ม Google Colab เพื่อประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูล และนำผลลัพธ์ที่ได้ไปนำเสนอผ่านแดชบอร์ดที่สร้างด้วย Google Looker Studio โดยมีรายละเอียดของกระบวนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

2.2.1 โมดูลการดึงข้อมูล

ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลรีวิวและความคิดเห็นจากเว็บไซต์ TripAdvisor โดยใช้วิธีการดึงข้อมูลจากเว็บ (Web Scraping) ผ่านไลบรารี BeautifulSoup ของภาษา Python ร่วมกับการค้นหาส่วนประกอบของหน้าเว็บตาม HTML Tags และ CSS Selectors เพื่อให้สามารถสกัดข้อความรีวิวที่เกี่ยวข้องกับการใช้บริการรถสาธารณะในจังหวัดภูเก็ตได้อย่างถูกต้อง ข้อมูลที่ได้ประกอบด้วย (1) ข้อความรีวิว (Review Text) (2) วันและเวลาเผยแพร่รีวิว (Review Date) และ (3) ประเทศหรือสัญชาติของผู้เขียนรีวิว (Reviewer Location) จากนั้นผู้วิจัยได้ตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูล (Data Validation) และดำเนินการลบข้อมูลที่ซ้ำซ้อนหรือข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง (Duplicate & Irrelevant Data Removal) เพื่อให้ได้ชุดข้อมูลที่มีความถูกต้องและพร้อมสำหรับการประมวลผลเชิงวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

2.2.2 โมดูลการวิเคราะห์ ABSA

ในการวิเคราะห์ ABSA นั้น งานวิจัยนี้เลือกใช้และเปรียบเทียบโมเดล 2 แบบ คือ โมเดลของไลบรารี PyABSA (Python Aspect-Based Sentiment Analysis) และโมเดล ChatGPT-4o โดยมีรายละเอียดดังนี้

PyABSA เป็นไลบรารีโอเพนซอร์สสำหรับการประมวลผลภาษาธรรมชาติ (NLP) โดย PyABSA ทำงานบนพื้นฐานของโมเดลภาษาขนาดใหญ่ (Large Language Model: LLM) ตระกูล BERT ที่มีความสามารถในการทำ Aspect Term Extraction and Polarity Classification (ATEPC) กล่าวคือ สามารถสกัดคำศัพท์ที่เป็นคุณลักษณะ (Aspect Term) และระบุอารมณ์ความรู้สึก (Sentiment Polarity) ที่มีต่อคุณลักษณะนั้น ๆ ได้พร้อมกันในขั้นตอนเดียว ซึ่งเหมาะสมกับการวิเคราะห์รีวิวที่มีความซับซ้อนและกล่าวถึงหลายประเด็นในประโยคเดียว ขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วย PyABSA ที่งานวิจัยนี้ดำเนินการแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนหลัก คือ

1. *การสกัดคุณลักษณะและอารมณ์ความรู้สึก (Aspect & Sentiment Extraction)*: ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากโมดูลการดึงข้อมูลและเตรียมข้อมูล เข้าสู่กระบวนการประมวลผลโดยเรียกใช้ฟังก์ชัน AspectTermExtraction (ATEPC) จาก PyABSA โดยกำหนด (Checkpoint) ภาษาอังกฤษ (English)

จากนั้นระบบจะทำการทำนายผลแบบกลุ่ม (Batch Prediction) เพื่อสกัดข้อมูลสำคัญ 3 ส่วนจากข้อความรีวิว ได้แก่ Aspect คำศัพท์ที่ระบุถึงคุณลักษณะหรือบริการ (เช่น Driver, Seat, Price) Sentiment ขั้วอารมณ์ความรู้สึก (Positive, Negative หรือ Neutral) และ Confidence Score ค่าความเชื่อมั่นของการทำนาย

2. *การจัดกลุ่มคุณลักษณะด้วยความคล้ายคลึงทางความหมาย (Semantic Categorization)*: เนื่องจากคำศัพท์ที่สกัดได้ (Extracted Aspects) มีความหลากหลายและอาจใช้คำต่างกันแต่สื่อความหมายเดียวกัน เช่น Cab, Taxi, Car ควรอยู่ในหมวดเดียวกัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดหมวดหมู่เป้าหมาย (Target Categories) ไว้ 8 กลุ่ม เพื่อให้ครอบคลุมมิติการให้บริการขนส่งสาธารณะ ได้แก่ Driver (คนขับ), Service (การบริการ), Communication (การสื่อสาร), Vehicle (ยานพาหนะ), Price (ราคา), Punctuality (ความตรงต่อเวลา), Safety (ความปลอดภัย) และ Cleanliness (ความสะอาด) จากนั้นจึงประยุกต์ใช้ SentenceTransformer ร่วมกับแบบจำลอง All-Minilm-L6-V2 เพื่อจัดกลุ่ม Extracted Aspects ให้เข้ากับหมวดหมู่เป้าหมายที่กำหนดไว้ โดยแปลง Extracted Aspects ให้เป็นเวกเตอร์ (Vector Embeddings) และคำนวณค่าความคล้ายคลึงโคไซน์ (Cosine Similarity) ระหว่างเวกเตอร์ของ Extracted Aspect กับเวกเตอร์ของหมวดหมู่เป้าหมายทั้ง 8 กลุ่ม โดยกำหนดเกณฑ์ (Threshold) ค่าความคล้ายคลึงไว้ที่ 0.25 หากคำศัพท์ใดมีค่าความคล้ายคลึงสูงสุดกับหมวดหมู่ใดและผ่านเกณฑ์ที่กำหนด จะถูกจัดเข้ากลุ่มนั้นทันที แต่หากไม่ผ่านเกณฑ์จะถูกจัดเป็นกลุ่ม "Other"

สำหรับการใช้ ChatGPT-4o ในการทำ ABSA นั้น ผู้วิจัยเริ่มต้นด้วยการระบุหมวดหมู่เป้าหมาย (Fixed Target Categories) จำนวน 8 กลุ่มที่ต้องการวิเคราะห์ ได้แก่ Driver, Service, Communication, Vehicle, Price, Punctuality, Safety, และ Cleanliness จากนั้นจึงกำหนด API Key สำหรับเชื่อมต่อบริการ และกำหนดคำสั่ง (System Prompt) เพื่อชี้นำให้โมเดลทำงานในบทบาทของผู้เชี่ยวชาญด้าน ABSA สำหรับระบบขนส่งสาธารณะ โดยมีองค์ประกอบสำคัญในคำสั่งดังนี้

1. *Role Definition*: กำหนดให้เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการวิเคราะห์รีวิวรถสาธารณะ (Taxi, Bus, Shuttle, Van)
2. *Allowed Categories*: บังคับให้ตอบผลลัพธ์เฉพาะใน 8 หมวดหมู่ที่กำหนดไว้เท่านั้นและกำหนด temperature=0 เพื่อป้องกันการสร้างหมวดหมู่ใหม่ที่ไม่เกี่ยวข้อง (Hallucination)
3. *Mapping Guidelines*: ให้คำจำกัดความของแต่ละหมวดหมู่ชัดเจน เช่น “Driver” ครอบคลุมถึงพฤติกรรมและทักษะการขับขี่ ส่วน “Safety” เน้นเรื่องความเร็วและการขับขี่ที่อันตราย เพื่อลดความกำกวมในการตีความ
4. *Response Format*: บังคับรูปแบบผลลัพธ์ให้เป็น JSON Object เท่านั้น เพื่อให้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สามารถนำข้อมูลไปประมวลผลต่อได้โดยอัตโนมัติ

จากนั้นจะส่งข้อมูลให้ ChatGPT-4o ประมวลผลผ่านทาง API ซึ่งจะส่งผลลัพธ์กลับมาเป็นไฟล์ JSON โดยจะประกอบด้วยฟิลด์ที่สำคัญเช่น Aspect และ Sentiment และจะถูกแปลงเป็นไฟล์ CSV ในขั้นตอนสุดท้าย

2.2.3 โมดูลแสดงผลแดชบอร์ด

ผู้วิจัยนำผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นมาจัดเก็บในรูปแบบไฟล์ Comma-Separated Values (CSV) เพื่อให้ข้อมูลอยู่ในรูปแบบเชิงโครงสร้างและสะดวกต่อการนำไปใช้งาน ไฟล์ข้อมูลดังกล่าวถูกจัดเก็บไว้บน Google Drive เพื่อใช้เป็นแหล่งข้อมูลกลางในการเชื่อมต่อและแสดงผล จากนั้นได้นำไฟล์ CSV มาเชื่อมต่อกับ Google Looker Studio เพื่อพัฒนาแดชบอร์ดสำหรับการนำเสนอผลการวิเคราะห์ความคิดเห็น โดยแดชบอร์ดสามารถแสดงภาพรวม แนวโน้ม และประเด็นสำคัญของความคิดเห็นในมิติต่าง ๆ ได้อย่างเป็นระบบ และสนับสนุนการนำผลการวิจัยไปใช้ในการประเมินและพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะต่อไป

2.3 การทดสอบระบบ

ผู้วิจัยได้ออกแบบแนวทางการทดสอบระบบโดยแยกทดสอบแต่ละโมดูล สำหรับโมดูลการดึงข้อมูลและโมดูลแสดงผลแดชบอร์ดจะเป็นการทดสอบการทำงานในเชิงซอฟต์แวร์ ดังนี้

- *การทดสอบโมดูลการดึงข้อมูล*: จะตรวจสอบว่าระบบสามารถดึงข้อมูลจากแหล่งที่มาและทำความสะอาดข้อมูลได้อย่างถูกต้องหรือไม่
- *การทดสอบโมดูลการแสดงผลบนแดชบอร์ด*: จะทดสอบการอัปเดตและแสดงผลข้อมูลบนแดชบอร์ดแบบอัตโนมัติ รวมถึงตรวจสอบความสอดคล้องของข้อมูลที่แสดง

ส่วนการทดสอบโมดูลการวิเคราะห์ ABSA จะเป็นการประเมินเชิงเปรียบเทียบ โดยประเมินประสิทธิภาพเพื่อหาโมเดลที่ดีที่สุด ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดการประเมินออกเป็น 2 ส่วนงานหลัก (Sub-Tasks) ได้แก่ (1) การสกัดคุณลักษณะ (Aspect Category Extraction) และ (2) การจำแนกอารมณ์ความรู้สึก (Sentiment Classification)

ในการประเมินประสิทธิภาพการสกัดคุณลักษณะ (Aspect Category Extraction) นั้น เนื่องจากในหนึ่งข้อความรีวิวสามารถประกอบด้วยคุณลักษณะ (Aspect) ได้มากกว่าหนึ่งหัวข้อหรืออาจไม่มีเลย ปัญหานี้จึงจัดอยู่ในกลุ่มการจำแนกประเภทแบบหลายป้ายกำกับ (Multi-Label Classification) การวัดผลจึงไม่สามารถใช้ค่าความถูกต้อง (Accuracy) เพียงอย่างเดียวได้ แต่ต้องพิจารณาจากการเปรียบเทียบชุดข้อมูลจริง (Ground Truth) และผลการทำนาย (Prediction) ผ่านกระบวนการ Multi-label Binarization ผู้วิจัยใช้เกณฑ์การวัดผลดังนี้

- *True Positive (TP)*: จำนวนคุณลักษณะที่แบบจำลองทำนายถูกต้องตรงกับข้อมูลจริง
- *False Positive (FP)*: จำนวนคุณลักษณะที่แบบจำลองทำนายเกินมา (ไม่มีจริงในข้อมูล)
- *False Negative (FN)*: จำนวนคุณลักษณะที่มีจริงในข้อมูล แต่แบบจำลองไม่สามารถทำนายได้ (ตกหล่น)

จากนั้นนำค่าดังกล่าวมาคำนวณดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพ ได้แก่

- *ค่าความแม่นยำ (Precision)*: สัดส่วนความถูกต้องของสิ่งที่ทำนาย ซึ่งคำนวณจาก Precision = TP/(TP+FP)

- *ค่าความรำลึก (Recall)*: ความสามารถในการค้นหาข้อมูลที่ถูกต้องทั้งหมด คำนวณจาก Recall = TP/(TP+FN)
- *ค่า F1-Score*: ค่าเฉลี่ยฮาร์โมนิกระหว่าง Precision และ Recall ซึ่งใช้เป็นเกณฑ์หลักในการตัดสินประสิทธิภาพของแบบจำลอง คำนวณจาก F1-Score = 2 * ((Precision*Recall)/ (Precision+Recall))

นอกจากนี้เพื่อวิเคราะห์ข้อผิดพลาดเชิงลึก (Error Analysis) ผู้วิจัยจะจำแนกความผิดพลาดออกเป็นรายหมวดหมู่ (Category-wise Breakdown) เพื่อแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองมีแนวโน้มที่จะทำนายเกิน (Over-prediction) หรือทำนายตกหล่น (Under-prediction) ในหมวดหมู่ใดเป็นพิเศษ

สำหรับการประเมินประสิทธิภาพการจำแนกอารมณ์ความรู้สึก (Sentiment Classification Evaluation) นั้น จะกระทำภายใต้เงื่อนไขเฉพาะคุณลักษณะที่ถูกระบุตัวตนถูกต้อง (Correctly Identified Aspects Only) กล่าวคือจะนำผลการทำนายมาเปรียบเทียบก็ต่อเมื่อแบบจำลองสามารถระบุ Aspect Category ได้ตรงกับข้อมูลจริงเท่านั้น (Intersection of Aspects) กระบวนการประเมินมีขั้นตอนดังนี้

- *การจับคู่ (Matching)*: ทำการจับคู่ระหว่าง Aspect True และ Aspect Pred ที่เป็นหมวดหมู่ เดียวกัน
- *การคัดออก (Filtering)*: ตัดข้อมูลส่วนที่เป็น False Positive (Aspect ที่ทายเกิน) และ False Negative (Aspect ที่หาไม่เจอ) ออกจากการคำนวณ Sentiment เนื่องจากไม่สามารถ เปรียบเทียบข้ามคู่ได้
- *การวัดผล (Metrics)*: คำนวณค่า Accuracy และ Macro-F1 ของการทำนายอารมณ์ (Positive, Negative, Neutral) จากคู่ข้อมูลที่คัดกรองแล้ว

เพื่อแสดงรายละเอียดความคลาดเคลื่อนผู้วิจัยใช้ Confusion Matrix ในการแสดงการกระจายตัวของผลการทำนาย เพื่อวิเคราะห์ว่าแบบจำลองมีความสับสนในคลาสอารมณ์ใดมากที่สุด (เช่น มักทำนายผิดจาก Negative เป็น Neutral เป็นต้น)

3. ผลการวิจัย

3.1 ผลการวิจัยและผลการทดสอบโมดูลการดึงข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการดึงข้อมูลโดยใช้โปรแกรมและขั้นตอนในการทำความสะอาดข้อมูลตามที่ได้อธิบายไว้ในหัวข้อการพัฒนาโมดูลการดึงข้อมูล ผลการเตรียมข้อมูลความคิดเห็นจากเว็บไซต์ Tripadvisor หลังจากผ่านกระบวนการทำความสะอาดข้อมูล พบว่าชุดข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วยข้อมูลความคิดเห็นจำนวนทั้งสิ้น 892 แถว โดยแต่ละแถวแทนความคิดเห็นของผู้ใช้บริการหนึ่งรายการ ข้อมูลที่ได้ประกอบด้วยตัวแปรหลัก ได้แก่ ชื่อเรื่องของความคิดเห็น (Title) คะแนนการให้บริการ (Rating) ข้อความความคิดเห็น (Text) และประเทศของผู้เขียนรีวิว (Country) ตัวอย่างข้อมูลแสดงดังภาพที่ 1

	A	B	C	D
1	title	rating	text	country
2	Comfortable ride to Kamala Bea	5	We booked Phuket shuttle to take us from the airport to our hotel in Kamala Beach and then back a few c	other
3	Late arrival but cool and comfort	3	The bus ride was okay overall. It didn't reach on time, which was a bit inconvenient, but the ride itself was	Germany
4	Excellent Service	5	After a last minute decision to fly to Phuket from Australia, I quickly turned to TA to research transport fro	Australia
5	Repeat customers. Faultless ser	5	Another great experience with Phuket Shuttle. We booked them for Airport - Khao Lak, Khao Lak - Karor	Spain
6	Tourist Trap: Expensive, Unsafe	1	We booked a return transfer with Phuketshuttle.com and clearly indicated in the booking comments that t	Nevada
7	Do NOT book here - unprofessio	1	I signed in to TripAdvisor for the first time in a few years again, because this really needs to be said: Be	other
8	Excellent service, highly recomm	5	Excellent service. Our party consisted of 7 adults and a baby. I has prearranged a baby seat and this was	other
9	easy trip, safe driver, will use ag	4	good service on time easy to use. driver was safe, simple service. good value for money will use again ir	other
10	Unhappy ending with rude airpor	1	Although it is stated the airport bus schedule and free wifi, the driver and conductor are very rude, first re	other
11	Great Phuket excursion	5	Amazing tour with great service had a lovely time with friends. Snorkeling food excursions and the overa	other
12	Great Experience	5	We were a group of 28 from India and had taken 2 way airport transfers and Phi Phi island tour. The ser	other
13	Very good Travel company	5	Amazing arrangement by Phuket SRC travel, Mr Chai is very honest and Sincerely in his job, we highly re	other
14	Highly recommended!	5	Excellent service from Pat! We had our driver collect us from the airport and took us to Pa tong - very kin	South Africa
15	Good Response	5	The company person Oum is very proactive and helped in all aspects right from tour booking and end of t	India
16	Great service at the going rates	4	We used Phuket Shuttle three times while in the area. In each case, the drivers were on time or early, the	other
17	Easy travel from the airport to all	5	I cannot fault this bus line. The bus from the airport to Kamala dropped us on the main road. There was a	New Zealand
18	Half day trip around Phuket	5	Had use their service during my stopover from Dream Cruise at Phuket. The driver is always punctual at	other
19	Great job, keep it up!!!	5	I have been using src services since 2015.. The service is always good and I am very satisfied.. They are	other
20	Trusted service, reasonable pric	5	We used Phuket Shuttle for our airport transfer to our first hotel in Phuket. We also used their driver servi	Malaysia

ภาพที่ 1 ตัวอย่างข้อมูลที่ผ่านการทำความสะอาดแล้ว

3.2 ผลการวิจัยและผลการทดสอบโมดูลการวิเคราะห์ ABSA

ผู้วิจัยเริ่มต้นโดยการสร้างผลเฉลย (Ground truth) สำหรับใช้ในการวัดประสิทธิภาพของโมเดล ABSA โดยมอบหมายให้ผู้ประเมินจำนวน 3 คนทำการอ่านและวิเคราะห์ข้อความความคิดเห็น โดยพิจารณาความหมายและอารมณ์ของข้อความเป็นหลักเพื่อระบุ Aspect และ Sentiment ในกรณีที่มีความคิดเห็นไม่ตรงกันจะใช้เสียงส่วนใหญ่ (Majority Voting) ผลลัพธ์ของการใส่ป้ายกำกับพบว่า จากข้อมูลความคิดเห็นที่ไม่ซ้ำกันจำนวน 96 รายการ ถูกระบุเป็นคุณลักษณะ (Aspect) ทั้งสิ้น 184 รายการโดยจำแนกเป็นเชิง บวก (Positive) 90 รายการ เป็นกลาง (Neutral) 24 รายการ และเชิงลบ (Negative) 70 รายการ ตัวอย่างการใส่ป้ายกำกับสามารถดูได้ในภาพ 2

จากนั้นผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากโมดูลดึงข้อมูลมาประมวลผลด้วย PyABSA และ ChatGPT-4o เพื่อให้ได้ Aspect และ Sentiment มา ตามขั้นตอนที่อธิบายไว้ในหัวข้อการพัฒนาโมดูลวิเคราะห์ ABSA ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จาก PyABSA และ ChatGPT-4o แสดงได้ดังภาพที่ 3 และภาพที่ 4 ตามลำดับ (สังเกตว่าผลลัพธ์ของ PyABSA จะมีคอลัมน์มากกว่าเนื่องจากมีการจัดกลุ่ม aspect อีกครั้งหนึ่งตามที่อธิบายในหัวข้อการพัฒนาโมดูล ABSA)

เมื่อได้ผลลัพธ์จากโมเดลทั้งสองแล้วผู้วิจัยได้ทำการทดลองประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองทั้งสองโดยเทียบกับผลเฉลย โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ (1) การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการสกัดคุณลักษณะ (Aspect Category Extraction) และ (2) การประเมินความแม่นยำในการจำแนกอารมณ์ความรู้สึก (Sentiment Classification) โดยเลือกวิเคราะห์เฉพาะแบบจำลองที่ให้ผลลัพธ์ดีที่สุดจากขั้นตอนแรก โดยมีผลการทดลองดังนี้

- *ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการสกัดคุณลักษณะ*: เพื่อแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของประสิทธิภาพในการตรวจจับคุณลักษณะ (Aspect) ของทั้งสองแบบจำลอง ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อผิดพลาด (Error Analysis) โดยจำแนกตามหมวดหมู่ ดังแสดงในภาพที่ 5 ซึ่งแสดงสัดส่วนการทำนายที่ถูกต้อง (Correct) ผิดพลาด (Extra/Wrong) และตกหล่น (Missed) ของแบบจำลอง PyABSA และภาพที่ 6 ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ในลักษณะเดียวกันสำหรับแบบจำลอง ChatGPT-4o โดยจากภาพที่ 5 แสดงให้เห็นว่า PyABSA มีข้อจำกัดอย่างมากในการตรวจจับคุณลักษณะในหลายหมวดหมู่ สังเกตได้จากแท่งสีแดง (Missed/False Negative) ที่มีความสูงในเกือบทุกหมวด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในหมวด Punctuality, Safety และ Cleanliness ที่โมเดลไม่สามารถตรวจจับได้เลย นอกจากนี้ยังพบแท่งสีส้ม (Wrong/Extra) จำนวนมากในหมวด Service และ Price ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโมเดลมีความสับสนและทำนายผิดพลาดบ่อยครั้ง ในทางตรงกันข้าม ภาพที่ 6 แสดงให้เห็นว่า ChatGPT-4o มีประสิทธิภาพที่กว่าอย่างชัดเจน สังเกตได้จากแท่งสีเขียว (Correct/True Positive) ที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในทุกหมวดหมู่ โดยเฉพาะหมวด Service, Punctuality และ Cleanliness ที่แท่งสีเขียวมีสัดส่วนสูงที่สุด แม้จะยังพบความผิดพลาดอยู่บ้างในหมวด Communication แต่ภาพรวมแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการครอบคลุมข้อมูล (Recall) ที่ดีกว่า PyABSA มาก รายละเอียดค่าทางสถิติของประสิทธิภาพรายหมวดหมู่ได้สรุปไว้ในตารางที่ 1
- *ผลการประเมินประสิทธิภาพการจำแนกอารมณ์ความรู้สึก*: เนื่องจาก ChatGPT-4o แสดงประสิทธิภาพในการสกัดคุณลักษณะได้ดีกว่า PyABSA ผู้วิจัยจึงเลือกนำผลลัพธ์จาก ChatGPT-4o มาประเมินความแม่นยำในการจำแนกอารมณ์ความรู้สึก โดยนำผลเฉพาะในส่วนที่คุณลักษณะถูกระบุถูกต้อง (Correctly Identified Aspects) ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 2 และ Confusion Matrix แสดงดังภาพที่ 7 จากผลการทดลองพบว่าแบบจำลอง ChatGPT-4o มีความแม่นยำโดยรวม (Accuracy) สูงถึง 88% ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ดีสำหรับการใช้งานจริง โดยโมเดลทำผลงานได้ดีในการระบุอารมณ์เชิงบวก (Positive) และเชิงลบ (Negative) โดยมีค่า F1-Score สูงถึง 0.93 และ 0.90 ตามลำดับ นอกจากนี้ค่า Recall ที่ระดับ 0.95 ของทั้งสองคลาส แสดงให้เห็นว่าโมเดลสามารถดักจับความคิดเห็นของผู้ใช้งานได้เกือบทั้งหมด ไม่ค่อยเกิดการตกหล่น อย่างไรก็ตาม ChatGPT-4o ยังมีจุดอ่อนสำคัญคือการจำแนกอารมณ์เป็นกลาง (Neutral) ซึ่งมีค่า Recall ต่ำเพียง 0.20

	A	B	C	D	E
1	title	rating	text	aspect	sentiment
2	Comfortable ride to	5	We booked Phuket shuttle to take us from the airport to our hotel in Kamala	Punctuality	Positive
3	Comfortable ride to	5	We booked Phuket shuttle to take us from the airport to our hotel in Kamala	Vehicle	Positive
4	Late arrival but cool	3	The bus ride was okay overall. It didn't reach on time, which was a bit incor	Vehicle	Neutral
5	Late arrival but cool	3	The bus ride was okay overall. It didn't reach on time, which was a bit incor	Punctuality	Negative
6	Excellent Service	5	After a last minute decision to fly to Phuket from Australia, I quickly turned t	Vehicle	Positive
7	Excellent Service	5	After a last minute decision to fly to Phuket from Australia, I quickly turned t	Communication	Positive
8	Excellent Service	5	After a last minute decision to fly to Phuket from Australia, I quickly turned t	Driver	Positive
9	Excellent service, hi	5	Excellent service. Our party consisted of 7 adults and a baby. I has prearrai	Service	Positive
10	Excellent service, hi	5	Excellent service. Our party consisted of 7 adults and a baby. I has prearrai	Vehicle	Positive
11	Excellent service, hi	5	Excellent service. Our party consisted of 7 adults and a baby. I has prearrai	Price	Positive
12	Unhappy ending wit	1	Although it is stated the airport bus schedule and free wifi, the driver and cc	Driver	Negative
13	Unhappy ending wit	1	Although it is stated the airport bus schedule and free wifi, the driver and cc	Punctuality	Negative
14	Very good Travel co	5	Amazing arrangement by Phuket SRC travel, Mr Chai is very honest and S	Service	Positive
15	Very good Travel co	5	Amazing arrangement by Phuket SRC travel, Mr Chai is very honest and S	Driver	Positive
16	Highly recommende	5	Excellent service from Pat! We had our driver collect us from the airport anc	Driver	Positive
17	Highly recommende	5	Excellent service from Pat! We had our driver collect us from the airport anc	Service	Positive
18	Highly recommende	5	Excellent service from Pat! We had our driver collect us from the airport anc	Price	Positive
19	Good Response	5	The company person Oum is very proactive and helped in all aspects right	Service	Positive
20	Good Response	5	The company person Oum is very proactive and helped in all aspects right	Driver	Positive

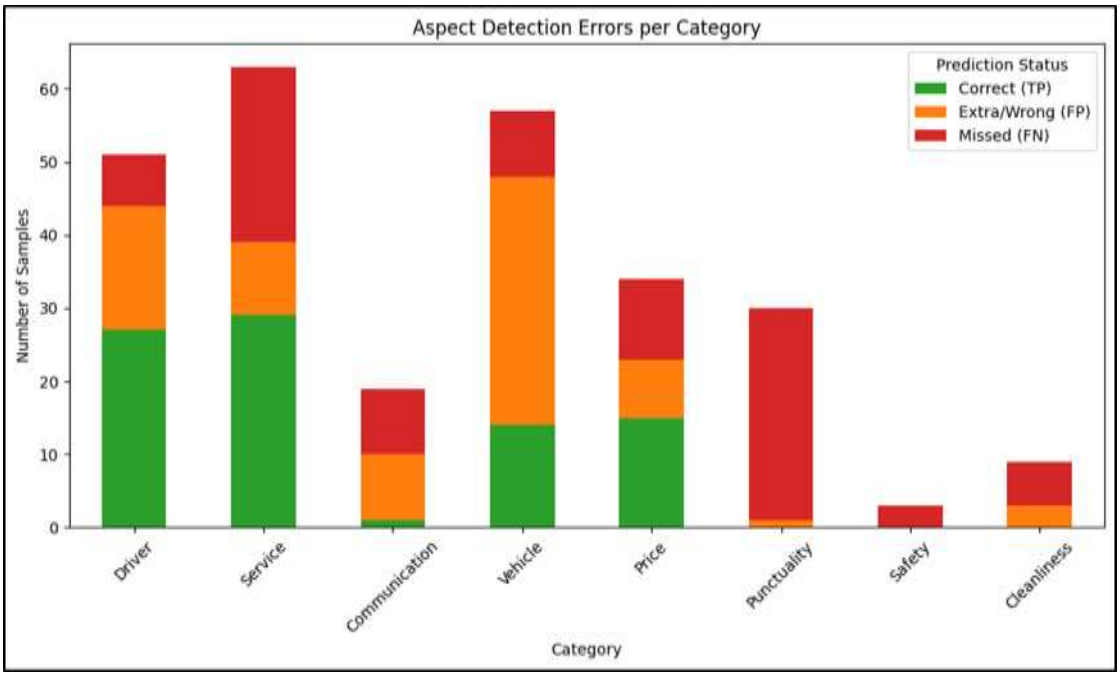
ภาพที่ 2 ตัวอย่างข้อมูลผลเฉลย (Ground truth)

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	text	title	rating	country	extracted aspect	sentiment	confidence	aspect
2	We booked Phuket shuttle to take us	Comfortable ride to	5	other	rides	Positive	0.9994558692	Vehicle
3	The bus ride was okay overall . It did	Late arrival but cool	3	Germany	bus	Negative	0.6961394548	Vehicle
4	After a last minute decision to fly to F	Excellent Service	5	Australia	Communications	Positive	0.9985628724	Communication
5	After a last minute decision to fly to F	Excellent Service	5	Australia	van	Positive	0.9953666925	Vehicle
6	After a last minute decision to fly to F	Excellent Service	5	Australia	driver	Positive	0.9976484179	Driver
7	Excellent service from Pat ! We had	Highly recommende	5	South Africa	service	Positive	0.9992300272	Service
8	Excellent service from Pat ! We had	Highly recommende	5	South Africa	driver	Positive	0.9993471503	Driver
9	Excellent service from Pat ! We had	Highly recommende	5	South Africa	price	Positive	0.999132812	Price
10	The company person Oum is very pr	Good Response	5	India	driver	Positive	0.9994843006	Driver
11	We used Phuket Shuttle three times	Great service at the	4	other	drivers	Positive	0.9994451404	Driver
12	We used Phuket Shuttle three times	Great service at the	4	other	service	Positive	0.9994389415	Service
13	I cannot fault this bus line . The bus t	Easy travel from the	5	New Zealand	bus	Positive	0.9798030257	Vehicle
14	I cannot fault this bus line . The bus t	Easy travel from the	5	New Zealand	bus drivers	Positive	0.9992490411	Driver
15	Had use their service during my stop	Half day trip around	5	other	service	Positive	0.9983793497	Service
16	Had use their service during my stop	Half day trip around	5	other	driver	Positive	0.9993447661	Driver
17	I have been using src services since	Great job, keep it up	5	other	service	Positive	0.9961286783	Service
18	We used Phuket Shuttle for our airpo	Trusted service, rea	5	Malaysia	service	Positive	0.9990701079	Service
19	have to say what a great service we	1st class service	5	other	service	Positive	0.9072851539	Service
20	have to say what a great service we	1st class service	5	other	lady	Neutral	0.8327941298	Driver

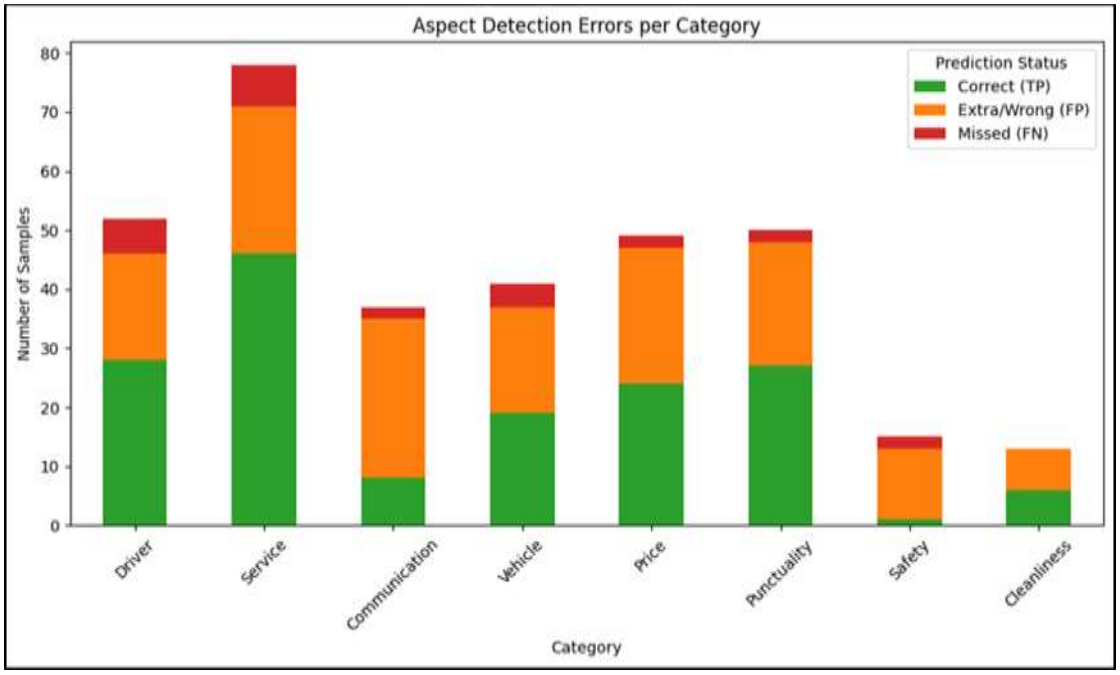
ภาพที่ 3 ตัวอย่างผลลัพธ์ของ PyABSA

	A	B	C	D	E	F
1	title	rating	country	text	aspect	sentiment
2	Comfortable ride to Ka	5	other	We booked Phuket shuttle to take us from the airport	Punctuality	Positive
3	Comfortable ride to Ka	5	other	We booked Phuket shuttle to take us from the airport	Vehicle	Positive
4	Comfortable ride to Ka	5	other	We booked Phuket shuttle to take us from the airport	Service	Positive
5	Late arrival but cool an	3	Germany	The bus ride was okay overall. It didn't reach on time,	Punctuality	Negative
6	Late arrival but cool an	3	Germany	The bus ride was okay overall. It didn't reach on time,	Vehicle	Positive
7	Excellent Service	5	Australia	After a last minute decision to fly to Phuket from Austı	Communication	Positive
8	Excellent Service	5	Australia	After a last minute decision to fly to Phuket from Austı	Punctuality	Neutral
9	Excellent Service	5	Australia	After a last minute decision to fly to Phuket from Austı	Vehicle	Positive
10	Excellent Service	5	Australia	After a last minute decision to fly to Phuket from Austı	Driver	Positive
11	Excellent Service	5	Australia	After a last minute decision to fly to Phuket from Austı	Price	Positive
12	Repeat customers. Fai	5	Spain	Another great experience with Phuket Shuttle. We bc	Service	Positive
13	Repeat customers. Fai	5	Spain	Another great experience with Phuket Shuttle. We bc	Vehicle	Positive
14	Repeat customers. Fai	5	Spain	Another great experience with Phuket Shuttle. We bc	Punctuality	Positive
15	Repeat customers. Fai	5	Spain	Another great experience with Phuket Shuttle. We bc	Driver	Positive
16	Repeat customers. Fai	5	Spain	Another great experience with Phuket Shuttle. We bc	Cleanliness	Positive
17	Do NOT book here - ur	1	other	I signed in to TripAdvisor for the first time in a few yea	Punctuality	Negative
18	Do NOT book here - ur	1	other	I signed in to TripAdvisor for the first time in a few yea	Communication	Negative
19	Do NOT book here - ur	1	other	I signed in to TripAdvisor for the first time in a few yea	Service	Negative
20	Do NOT book here - ur	1	other	I signed in to TripAdvisor for the first time in a few yea	Driver	Negative

ภาพที่ 4 ตัวอย่างผลลัพธ์ของ ChatGPT-4o



ภาพที่ 5 ผลการจำแนกความผิดพลาดในการตรวจจับคุณลักษณะของแบบจำลอง PyABSA



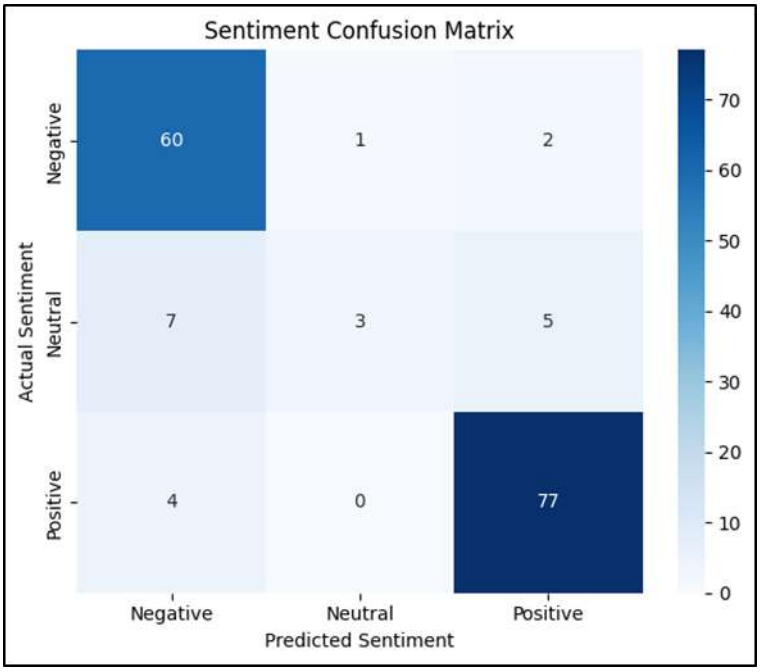
ภาพที่ 6 การจำแนกความผิดพลาดในการตรวจจับคุณลักษณะของแบบจำลอง ChatGPT-4o

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการสกัดคุณลักษณะ (F1-Score Comparison)

Aspect Category	Support	PyABSA F1-Score	ChatGPT-4o F1-Score	ผลต่าง (Diff)
Driver	34	0.69	0.70	+0.01
Service	53	0.63	0.74	+0.11
Communication	10	0.10	0.36	+0.26
Vehicle	23	0.39	0.63	+0.24
Price	26	0.61	0.66	+0.05
Punctuality	29	0.00	0.70	+0.70
Safety	3	0.00	0.12	+0.12
Cleanliness	6	0.00	0.63	+0.63
Micro Average	184	0.49	0.64	+0.15
Macro Average	184	0.30	0.57	+0.27

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพการจำแนกอารมณ์ความรู้สึกของ ChatGPT-4o

Sentiment Class	Precision	Recall	F1-Score	Support
Negative	0.85	0.95	0.90	63
Neutral	0.75	0.20	0.32	15
Positive	0.92	0.95	0.93	81
Overall Accuracy			**0.88 (88%)**	**159**



ภาพที่ 7 Confusion Matrix ของแบบจำลอง ChatGPT-4o

3.3 ผลการวิจัยและผลการทดสอบโมดูลแสดงผลแดชบอร์ด

จากผลการประเมินประสิทธิภาพเชิงเปรียบเทียบ พบว่าโมเดล ChatGPT-4o ให้ผลการสกัดคุณลักษณะ (Aspect Category Extraction) และการจำแนกอารมณ์ความรู้สึก (Sentiment Classification) ที่แม่นยำกว่าโมเดล PyABSA อย่างมีนัยสำคัญ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ผลลัพธ์จาก ChatGPT-4o เป็นข้อมูลหลักสำหรับพัฒนาและเชื่อมต่อเข้าสู่ระบบแสดงผลแดชบอร์ด ผลการทดสอบการทำงานของแดชบอร์ดพบว่า ระบบสามารถดึงข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต้นทางและอัปเดตผลการวิเคราะห์โดยอัตโนมัติ ข้อมูลที่นำเสนอมีความถูกต้อง ครบถ้วน และสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ในขั้นตอนก่อนหน้า ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลเชิงลึกได้อย่างสะดวก เข้าใจง่าย และรองรับการนำไปใช้ประกอบการตัดสินใจเชิงนโยบายหรือการวางแผนปรับปรุงระบบขนส่งสาธารณะได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างส่วนหนึ่งของผลการแสดงผลบนแดชบอร์ดแสดงดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 แดชบอร์ดแสดงผล

4. วิจารณ์ผล

จากผลการทดสอบพบว่าโมดูลการดึงข้อมูลและโมดูลแสดงผลแดชบอร์ดสามารถทำงานได้ตามที่กำหนดไว้ ระบบสามารถดึงข้อมูลรีวิวจากเว็บไซต์ TripAdvisor ได้อย่างถูกต้อง และแดชบอร์ดสามารถเชื่อมต่อข้อมูลจากกระบวนการวิเคราะห์และแสดงผลในเชิงโต้ตอบได้อย่างครบถ้วน ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลและตีความผลลัพธ์ได้อย่างชัดเจน สำหรับผลการเปรียบเทียบโมเดล ABSA พบว่า ChatGPT-4o แสดงประสิทธิภาพที่เหนือกว่า PyABSA ทั้งในด้านความแม่นยำในการสกัดคุณลักษณะและความสามารถในการจำแนกอารมณ์ความรู้สึก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในหมวดหมู่ที่มีความซับซ้อน เช่น Punctuality, Cleanliness และ Service ซึ่งโมเดล ChatGPT-4o สามารถตรวจจับได้ครอบคลุมและลดข้อผิดพลาดจากการทำนายผิดหมวดได้มากกว่า อย่างไรก็ตาม แม้ว่า ChatGPT-4o จะมีความสามารถที่โดดเด่น แต่ยังมีข้อจำกัดในการจำแนกอารมณ์เชิงกลาง (Neutral) ซึ่งทำให้ค่า Recall อยู่ในระดับต่ำเมื่อเทียบกับอารมณ์เชิงบวกและเชิงลบ จึงอาจต้องมีการปรับปรุงหรือออกแบบคำสั่ง (Prompt) ให้มีความเฉพาะเจาะจงมากขึ้นในอนาคต และแม้ผลการทดลองสะท้อนศักยภาพ

ของการใช้โมเดล ChatGPT-4o ในการวิเคราะห์ข้อมูลรีวิวเชิงลึก แต่การนำไปใช้จริงยังมีข้อควรพิจารณาเพิ่มเติม ได้แก่ การมีค่าใช้จ่ายในการใช้งาน API ซึ่งอาจเป็นข้อจำกัดสำหรับหน่วยงานที่มีงบประมาณจำกัด รวมทั้งต้องมีการพิจารณานโยบายด้านความเป็นส่วนตัวของข้อมูลและความมั่นคงปลอดภัยของข้อมูลรีวิวที่ส่งไปประมวลผลบนระบบคลาวด์

5. สรุปผล

งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาระบบต้นแบบสำหรับวิเคราะห์ความคิดเห็นของนักท่องเที่ยวต่อการใช้บริการขนส่งสาธารณะในจังหวัดภูเก็ต โดยบูรณาการเทคนิคการดึงข้อมูลอัตโนมัติจากเว็บไซต์ TripAdvisor (Web Scraping) การประมวลผลข้อมูลเชิงข้อความ และการวิเคราะห์ความคิดเห็นในระดับคุณลักษณะ (Aspect-Based Sentiment Analysis: ABSA) เพื่อระบุประเด็นปัญหา มิติการให้บริการ และทัศนคติของผู้ใช้บริการในเชิงลึก งานวิจัยได้ทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโมเดล PyABSA และ ChatGPT-4o เพื่อคัดเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้จริง ผลการทดลองพบว่า ChatGPT-4o มีผลลัพธ์ด้านการสกัดคุณลักษณะและการจำแนกอารมณ์ความรู้สึกที่แม่นยำกว่า จึงถูกนำมาใช้เป็นโมเดลหลักในการผลิตผลลัพธ์และสร้างแดชบอร์ดสรุปข้อมูลเชิงโต้ตอบ (Interactive Dashboard) เพื่อแสดงผลการวิเคราะห์ ผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่าระบบมีศักยภาพและมีความพร้อมต่อการพัฒนาต่อยอดในอนาคต

6. เอกสารอ้างอิง

ธิดารัตน์ ศิวะนาถนุสรณ์, พิทา จารุพูนผล, และ ณสิทธิ์ เหล่าเส็น. (2568). การพัฒนาระบบวิเคราะห์ความคิดเห็นของนักท่องเที่ยวบนแพลตฟอร์ม X: กรณีศึกษาจังหวัดภูเก็ต. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติ SCIPCRU Conference 2025*. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต

Chu, M., et al. (2022). Language interpretation in travel guidance platform: Text mining and sentiment analysis of TripAdvisor reviews. *Frontiers in Psychology*. Retrieved from https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9607914/

Li, H. (2023). Restaurant survival prediction using customer-generated content: An aspect-based sentiment analysis of online reviews. *International Journal of Hospitality Management*. Retrieved from https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261517722002205

Nawawi, I., Ilmawan, K. F., Maarif, M. R., & Syafrudin, M. (2024). Exploring Tourist Experience through Online Reviews Using Aspect-Based Sentiment Analysis with Zero-Shot Learning

for Hospitality Service Enhancement. *Information*, 15(8), 499. Retrieved from https://www.mdpi.com/2078-2489/15/8/499

Af'idah, D. I., Anggraeni, P. D., Rizki, M., Setiawan, A. B., & Handayani, S. F. (2024). Aspect-Based Sentiment Analysis for Indonesian Tourist Attraction Reviews Using Bidirectional Long Short-Term Memory. *ResearchGate*. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/370648184_Aspect-Based_Sentiment_Analysis_for_Indonesian_Tourist_Attraction_Reviews_Using_Bidirectional_Long_Short-Term_Memory

MindGaze แชทบอทเพื่อการใช้ชีวิตนักศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต

MindGaze: A Chatbot for Student Life at Phuket Rajabhat University

วิญญู นุรักษ์[1] ปรมัตถ์ ตรีแก้ว[2] พิทา จารุพูนผล[3*].

Winyoo Nurak [1] Poramut Treekeaw [2] Pita Jarupunphol [3*]

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต 21 ม.6 ถ.เทพกระษัตรี ต.รัษฎา อ.เมือง จ.ภูเก็ต 83000

[1]Department of Digital Technology, Faculty of Science & Technology, Phuket Rajabhat University 21 Moo 6, Ratsada Subdistrict, Mueang District, Phuket 83000

***Corresponding author E-mail: p.jarupunphol@pkru.ac.th**

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสนทนาอัจฉริยะบนเว็บแอปพลิเคชันชื่อว่า MindGaze ซึ่งออกแบบขึ้นเพื่อเป็นผู้ช่วยปัญญาประดิษฐ์สำหรับการใช้ชีวิตของนักศึกษาในมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต โดยมุ่งเน้นการสนับสนุนการเข้าถึงข้อมูลด้านการเรียน การใช้บริการ และข้อมูลภายในมหาวิทยาลัยอย่างสะดวกและรวดเร็ว ระบบได้รับการพัฒนาโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ร่วมกับหลักการปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์ (Human–Computer Interaction: HCI) เพื่อให้สามารถโต้ตอบกับผู้ใช้ในรูปแบบภาษาธรรมชาติ ใช้งานง่าย และเหมาะสมกับบริบทของนักศึกษา การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงพัฒนา กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรีของมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต จำนวน 419 คน ที่ได้ทดลองใช้งานระบบ MindGaze เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลคือแบบสอบถามความพึงพอใจตามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า ความพึงพอใจโดยรวมของผู้ใช้งานต่อระบบ MindGaze อยู่ในระดับ มาก (Mean = 3.80, SD = 0.96) โดยด้านการใช้งานมีค่าเฉลี่ยสูงสุด (Mean = 4.10) รองลงมาคือด้านความต้องการให้มีการพัฒนาระบบต่อไปในอนาคต (Mean = 3.99) แสดงให้เห็นว่าระบบ MindGaze สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือสนับสนุนการใช้ชีวิตและการเข้าถึงข้อมูลของนักศึกษาในมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ตได้อย่างเหมาะสม

คำสำคัญ : MindGaze, ระบบสนทนาอัจฉริยะ, ปัญญาประดิษฐ์, HCI, มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต

Abstract

This research aims to develop an intelligent conversational web application, MindGaze, designed as an artificial intelligence assistant to support students' lives at Phuket Rajabhat University. The system focuses on facilitating convenient and efficient access to academic information, university services, and campus-related information. MindGaze integrates artificial intelligence with Human–Computer Interaction (HCI) principles to enable natural language interaction and enhance usability. This study employed a research and development approach. The sample comprised 419 undergraduate students at Phuket Rajabhat University who participated in using the MindGaze system. The research instrument was a user satisfaction questionnaire using a five-point Likert scale. Descriptive statistics, including mean and standard deviation, were used for data analysis. The results indicated that overall user satisfaction with the MindGaze system was high (Mean = 3.80, SD = 0.96). Usability achieved the highest mean score (Mean = 4.10), followed by user intention to develop the system in the future (Mean = 3.99). These findings demonstrate that MindGaze can effectively serve as a supportive tool for student life and information access at Phuket Rajabhat University.

Keywords : MindGaze, AI Chatbot, Human–Computer Interaction, Web Application

บทนำ

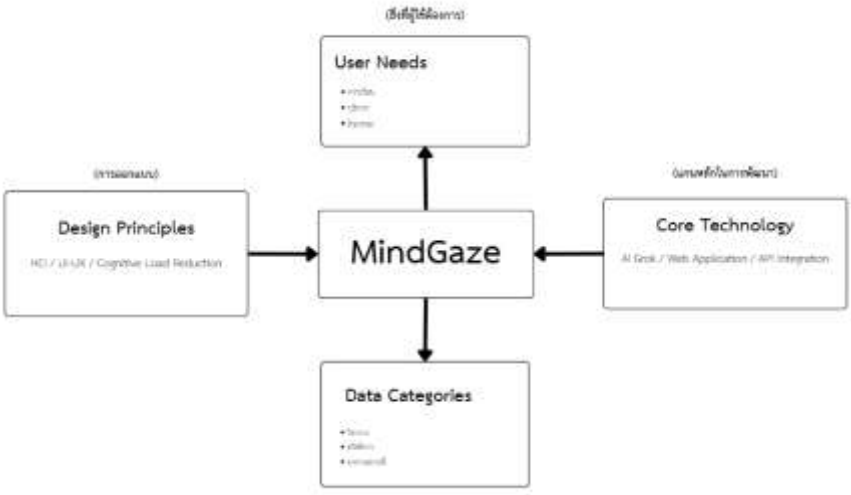
ในปัจจุบัน เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาระบบสารสนเทศและการให้บริการข้อมูลในหลายด้าน (สำนักงานคณะกรรมการดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2564; โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์, 2562) โดยเฉพาะระบบสนทนาอัจฉริยะหรือแชทบอท (Chatbot) ซึ่งสามารถช่วยตอบคำถาม ให้คำแนะนำ และอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้ได้อย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง ระบบลักษณะดังกล่าวถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในองค์กรและสถาบันการศึกษา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเข้าถึงข้อมูลและลดภาระในการให้บริการของบุคลากร อย่างไรก็ตาม นักศึกษาระดับอุดมศึกษา โดยเฉพาะนักศึกษาของมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ยังอาจประสบปัญหาในการค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเรียน การใช้บริการภายในมหาวิทยาลัย และการใช้ชีวิตในรั้วมหาวิทยาลัย เนื่องจากข้อมูลมักกระจัดกระจายอยู่ในหลายช่องทาง เช่น เว็บไซต์ หน่วยงานต่าง ๆ หรือสื่อสังคมออนไลน์ ทำให้การเข้าถึงข้อมูลที่ถูกต้องและทันเวลาเป็นไปได้ยาก และอาจส่งผลต่อประสบการณ์การใช้ชีวิตและการเรียนรู้ของนักศึกษา แม้ว่ามหาวิทยาลัยจะมีช่องทางการสื่อสารผ่านเว็บไซต์และสื่อสังคมออนไลน์ แต่การสืบค้นข้อมูลเฉพาะเจาะจงมักใช้เวลานานและสร้างภาระงานให้กับเจ้าหน้าที่ในการตอบคำถามซ้ำซ้อน เนื่องจากโครงสร้างข้อมูลที่มีความซับซ้อนมักทำให้นักศึกษาใช้เวลานานใน

การสืบค้นข้อมูลเฉพาะด้าน การมีอินเทอร์เฟซที่โต้ตอบแบบทันทีจึงเป็นแนวทางสำคัญในการแก้ปัญหาความล่าช้าของการส่งต่อสารสนเทศ ในยุคดิจิทัล งานวิจัยนี้จึงมุ่งแก้ปัญหาความล่าช้าในการเข้าถึงสารสนเทศด้วยการบูรณาการปัญญาประดิษฐ์เพื่อสร้างศูนย์กลางความรู้ที่โต้ตอบได้แบบทันที (Real-time Interaction)

จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญในการพัฒนาระบบที่สามารถทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยอัจฉริยะสำหรับนักศึกษา โดยนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์มาประยุกต์ใช้ร่วมกับหลักการปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์ (Human–Computer Interaction: HCI) เพื่อให้ระบบสามารถโต้ตอบกับผู้ใช้ในรูปแบบภาษาธรรมชาติ ใช้งานง่าย เข้าใจได้รวดเร็ว และเหมาะสมกับบริบทของการใช้งานจริง (วรลักษณ์ วงศ์โดยหวัง ศิริเจริญ, 2559; Nielsen, 1993; Norman, 2013) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งพัฒนาระบบ MindGaze ซึ่งเป็นเว็บแอปพลิเคชันสนทนาอัจฉริยะที่ทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยสำหรับการใช้ชีวิตในมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต โดยมีเป้าหมายเพื่อสนับสนุนการเข้าถึงข้อมูลด้านการเรียน การใช้บริการ และข้อมูลภายในมหาวิทยาลัยอย่างสะดวกและมีประสิทธิภาพ รวมถึงเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบผู้ช่วยปัญญาประดิษฐ์สำหรับสถาบันการศึกษาในอนาคต Radziwill & Benton (2017)

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงพัฒนา โดยมุ่งเน้นการออกแบบและพัฒนาระบบ สนทนาอัจฉริยะสำหรับการใช้ชีวิตของนักศึกษาในมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต เพื่อให้เห็นภาพรวมแนวคิดและองค์ประกอบของระบบที่พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยได้สรุปกรอบแนวคิดของงานวิจัยดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนภาพแนวคิด (Conceptual Diagram) ของระบบ MindGaze

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาปัญหาและความต้องการของผู้ใช้

ผู้วิจัยได้ศึกษาปัญหาและความต้องการของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายหลักของระบบ โดยพิจารณาจากปัญหาการเข้าถึงข้อมูลด้านการเรียน การใช้บริการ และข้อมูลภายในมหาวิทยาลัยที่มีความกระจัดกระจายอยู่ในหลายแหล่ง เช่น เว็บไซต์ หน่วยงานภายใน และสื่อสังคมออนไลน์ ทำให้นักศึกษาต้องใช้เวลาในการค้นหาข้อมูลด้วยตนเอง และอาจเกิดความสับสนหรือได้รับข้อมูลที่ไม่ครบถ้วน ผู้วิจัยศึกษาข้อมูลเบื้องต้นจากการสังเกตพฤติกรรมการใช้งานระบบดิจิทัลของนักศึกษา รวมถึงการสอบถามความคิดเห็น (สุภางค์ จันทวานิช, 2560) เกี่ยวกับปัญหาและความต้องการในการใช้ระบบผู้ช่วยอัจฉริยะสำหรับการใช้ชีวิตในมหาวิทยาลัย เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และกำหนดขอบเขต แนวทาง และฟังก์ชันการทำงานของระบบ MindGaze ผลจากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นพบว่า นักศึกษามีความต้องการระบบที่สามารถให้ข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว ใช้งานง่าย และสามารถโต้ตอบในรูปแบบภาษาธรรมชาติได้

ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบระบบ

หลังจากศึกษาปัญหาและความต้องการของผู้ใช้แล้ว ผู้วิจัยจึงนำผลการศึกษาดังกล่าวมาใช้เป็นแนวทางสำคัญในการออกแบบและพัฒนาระบบ MindGaze ให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างเหมาะสม และสอดคล้องกับบริบทของการใช้ชีวิตในมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบโครงสร้างการทำงานของระบบ MindGaze โดยมุ่งเน้นการกำหนดลำดับขั้นตอนการทำงานของระบบตั้งแต่การรับข้อมูลจากผู้ใช้ การประมวลผลด้วยระบบปัญญาประดิษฐ์ ไปจนถึงการแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบข้อความสนทนา เพื่อให้การทำงานของระบบมีความชัดเจนและเป็นระบบ ในการออกแบบโครงสร้างระบบได้คำนึงถึงการไหลของข้อมูล (Data Flow) ระหว่างผู้ใช้ ระบบเว็บแอปพลิเคชัน และระบบปัญญาประดิษฐ์ (โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์, 2562) เพื่อให้การโต้ตอบเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ลดความล่าช้าในการตอบสนอง และรองรับการใช้งานในบริบทของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต

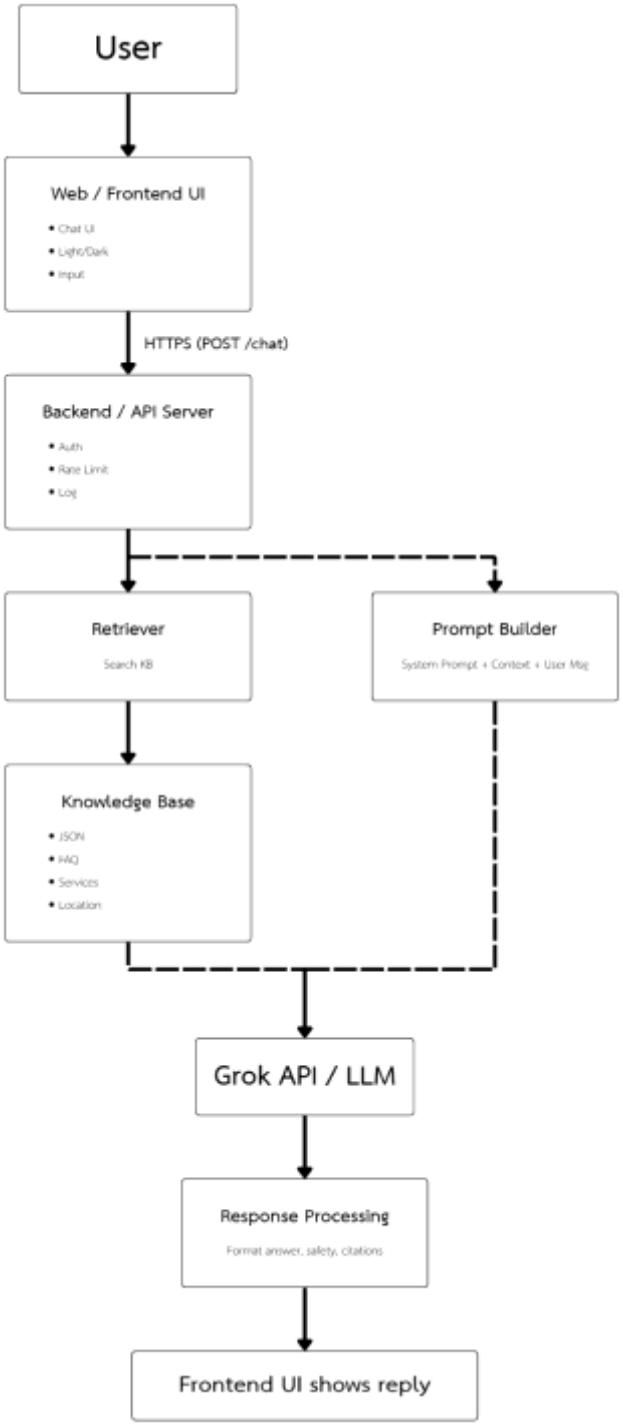
ขั้นตอนที่ 3 การพัฒนาระบบ

ในส่วนของการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ของระบบ MindGaze ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้หลักการปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์ โดยเน้นการลดภาระทางปัญญา (Cognitive Load) ของนักศึกษาผ่านการออกแบบ User Interface ที่สะอาดตา และการจัดหมวดหมู่ฐานข้อมูลความรู้ (Knowledge Base) ตามความถี่ของการสืบค้นจริง เพื่อให้การโต้ตอบเป็นไปอย่างเป็นธรรมชาติและตรงประเด็นมากที่สุด ซึ่งเป็นแนวทางสำคัญเพื่อให้ผู้ใช้สามารถเรียนรู้และใช้งานระบบได้ง่าย ลดความซับซ้อนในการใช้งาน และเพิ่มความสะดวกในการ

โต้ตอบกับระบบสนทนาอัจฉริยะ การออกแบบหน้าจอเน้นความเรียบง่าย ความชัดเจนขององค์ประกอบบนหน้าจอ เช่น พื้นที่แสดงบทสนทนา ช่องพิมพ์ข้อความ และปุ่มควบคุมต่าง ๆ รวมถึงการจัดวางองค์ประกอบให้เหมาะสมกับการใช้งานบนอุปกรณ์ที่หลากหลาย ทั้งคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์พกพา ซึ่งผู้วิจัยได้พัฒนาระบบ MindGaze ในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน โดยใช้เทคโนโลยี HTML, CSS และ JavaScript สำหรับการพัฒนาส่วนติดต่อผู้ใช้ และเชื่อมต่อกับ API ปัญญาประดิษฐ์เพื่อรองรับการประมวลผลภาษาธรรมชาติ

ในกระบวนการพัฒนาระบบ MindGaze ผู้วิจัยได้ทำการทดลองใช้งานโมเดลปัญญาประดิษฐ์สำหรับการสนทนาหลายรูปแบบ ได้แก่ LLaMA 3, Qwen 2.5, Gemini, GPT และ Grok เพื่อพิจารณาความเหมาะสมในการนำมาใช้งานจริง ระบบถูกพัฒนาให้สามารถโต้ตอบกับผู้ใช้ในลักษณะการสนทนา ตอบคำถามเกี่ยวกับการเรียน การใช้บริการ และข้อมูลภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต โดยมุ่งเน้นความถูกต้องของข้อมูล ความรวดเร็วในการตอบสนอง และความเหมาะสมต่อการใช้งานของนักศึกษา

นอกจากนี้ ในการออกแบบ ผู้วิจัยคำนึงถึงความเป็นส่วนตัวของข้อมูลผู้ใช้งาน (Privacy by Design) โดยระบบ ถูกกำหนดให้ทำหน้าที่เป็นเพียงผู้ให้ข้อมูลสารสนเทศสาธารณะและสวัสดิการ โดยไม่มีการจัดเก็บข้อมูลส่วนบุคคลที่ระบุตัวตนได้ เพื่อสร้างความเชื่อมั่นและความปลอดภัยในการใช้งานตามมาตรฐานการคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล (สำนักงานคณะกรรมการการรักษาความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์แห่งชาติ, 2565) จากการทดสอบเบื้องต้นพบว่า โมเดล Grok มีลักษณะการตอบสนองที่เหมาะสมกับบริบทของการใช้ชีวิตในมหาวิทยาลัยมากที่สุด โดยสามารถสื่อสารได้เป็นธรรมชาติ มีความเป็นมิตร และตอบโจทย์ด้านอารมณ์ในการสนทนากับผู้ใช้งาน Følstad et al. (2018) จึงถูกเลือกมาใช้เป็นโมเดลหลักของระบบ MindGaze



ภาพที่ 2 สถาปัตยกรรมการทำงานของระบบ MindGaze

ภาพที่ 2 แสดงสถาปัตยกรรมการทำงานของระบบ MindGaze ตั้งแต่การรับข้อมูลจากผู้ใช้งานผ่านส่วนติดต่อผู้ใช้ การประมวลผลผ่าน Backend และการดึงข้อมูลจากฐานความรู้ภายในมหาวิทยาลัย เพื่อนำไปสร้างชุดคำสั่ง (Prompt) สำหรับส่งไปยังโมเดลปัญญาประดิษฐ์ Grok ระบบจะประมวลผลและส่งผลลัพธ์กลับมา

แสดงผลแก่ผู้ใช้ในรูปแบบการสนทนาแบบเรียลไทม์ โดยกระบวนการดังกล่าวช่วยให้การตอบคำถามมีความถูกต้อง เหมาะสม และสอดคล้องกับบริบทของมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต

ขั้นตอนที่ 4 กลุ่มตัวอย่างและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ นักศึกษาระดับปริญญาตรีของมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต จำนวน 419 คน ซึ่งได้ทดลองใช้งานระบบ MindGaze ในสถานการณ์การใช้งานจริง เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบ MindGaze โดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ แบบสอบถามประกอบด้วยประเด็นด้านการใช้งานระบบ การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ ประสิทธิภาพของระบบปัญญาประดิษฐ์ ประโยชน์ในการใช้งานจริง และความพึงพอใจโดยรวม

ขั้นตอนที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) (ธานินทร์ ศิลป์จารุ, 2561) ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เพื่อใช้ในการอธิบายระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบ MindGaze ในแต่ละด้านตามเกณฑ์มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลถูกนำมาสรุปและแปลผลเพื่อประเมินความเหมาะสมและประสิทธิภาพของระบบที่พัฒนาขึ้นในด้านการใช้งาน การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ ประสิทธิภาพของระบบปัญญาประดิษฐ์ ประโยชน์ในการใช้งานจริง และความพึงพอใจโดยรวม นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์ยังถูกใช้เป็นแนวทางในการเสนอข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาและปรับปรุงระบบ MindGaze ในอนาคตให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของนักศึกษาได้ดียิ่งขึ้น

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ผลการพัฒนาระบบ และผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ผลการพัฒนาระบบ

จากการพัฒนาระบบสนทนาอัจฉริยะบนเว็บแอปพลิเคชัน MindGaze พบว่าระบบสามารถโต้ตอบกับผู้ใช้ได้อย่างต่อเนื่อง โดยแสดงผลข้อความสนทนาได้อย่างชัดเจน เข้าใจง่าย และรองรับการใช้งานผ่านอุปกรณ์ที่หลากหลาย ทั้งคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์พกพา ระบบสามารถทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยในการให้ข้อมูลด้านการเรียน การใช้บริการ และข้อมูลภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ตได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้



ภาพที่ 3 ภาพหน้าต่างเว็บไซต์ MindGaze โหมดสว่าง และ โหมดมืด



ภาพที่ 4 ภาพหน้าต่างเว็บไซต์ MindGaze ตอนตอบคำถาม

จากภาพที่ 4 แสดงตัวอย่างการทดสอบการทำงานของระบบ MindGaze โดยผู้วิจัยได้ทดลองตั้งคำถามกับแชทบอทเกี่ยวกับข้อมูลสถานที่ภายในมหาวิทยาลัย คือ *อาคารคณะวิทยาศาสตร์อยู่ที่อาคารใดและตั้งอยู่บริเวณใด* ระบบสามารถประมวลผลและตอบคำถามได้อย่างถูกต้อง สอดคล้องกับข้อมูลจริงของมหาวิทยาลัย

แสดงให้เห็นว่าระบบ MindGaze มีความสามารถในการให้ข้อมูลเชิงสถานที่ได้อย่างแม่นยำ และเหมาะสมต่อการใช้งานของนักศึกษาในชีวิตประจำวัน

ผลการประเมินความพึงพอใจ

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบ MindGaze วิเคราะห์ด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยแบ่งผลการประเมินออกเป็น 5 หมวด ได้แก่ การใช้งาน การออกแบบ UI/UX ประสิทธิภาพของระบบ AI ประโยชน์ในการใช้งานจริง และความพึงพอใจโดยรวม ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความพึงพอใจต่อระบบ MindGaze

หมวดหมู่	ค่า Mean	SD
หมวดที่ 1: การใช้งาน (Usability)		
ระบบ MindGaze ใช้งานง่าย	4.09	1.00
การพิมพ์และการตอบสนองของระบบเข้าใจง่าย	3.97	0.93
ผู้ใช้สามารถเรียนรู้วิธีใช้งานระบบได้โดยไม่ต้องมีคำแนะนำ	3.82	1.04
หมวดที่ 2: การออกแบบ UI/UX		
รูปแบบหน้าจอมีความสวยงามและเป็นระเบียบ	3.71	1.01
ขนาดตัวอักษร สี และการจัดวางเหมาะสม	3.78	0.99
การแสดงผลบทสนทนาทำให้อ่านง่าย	3.73	1.08
หมวดที่ 3: ประสิทธิภาพของระบบ AI		
ระบบสามารถตอบคำถามได้ตรงประเด็น	3.67	1.00
ความรวดเร็วในการตอบสนองอยู่ในระดับที่น่าพอใจ	3.76	1.00
ระบบสามารถเข้าใจคำถามในภาษาธรรมชาติได้ดี	3.66	1.05
หมวดที่ 4: ประโยชน์ในการใช้งานจริง		
ระบบช่วยให้เข้าถึงข้อมูลได้สะดวกขึ้น	3.76	1.00
ระบบช่วยลดเวลาในการค้นหาข้อมูล	3.91	0.95
ระบบมีประโยชน์ต่อการใช้งานในชีวิตนักศึกษา	3.72	1.08
หมวดที่ 5: ความพึงพอใจโดยรวม		
โดยรวมแล้ว ท่านมีความพึงพอใจต่อระบบ MindGaze	3.79	0.95
ท่านต้องการให้มีการพัฒนาระบบนี้ต่อในอนาคต	3.98	0.94

จากตารางที่ *1* พบว่า ความพึงพอใจโดยรวมของผู้ใช้งานอยู่ในระดับ มาก *(Mean = 3.79, SD = 0.95)* โดยหมวดการใช้งานระบบมีค่าเฉลี่ยสูงสุด (*Mean = 3.92)* รองลงมาคือหมวดความพึงพอใจโดยรวม (*Mean = 3.82)* แสดงให้เห็นว่าระบบ *MindGaze* สามารถตอบสนองต่อการใช้งานของนักศึกษาได้อย่างเหมาะสม

วิจารณ์ผล

จากผลการประเมินที่อยู่ในระดับดีมาก สะท้อนให้เห็นว่า MindGaze ไม่ได้ทำหน้าที่เพียงแค่เครื่องมือตอบคำถาม แต่ยังทำหน้าที่เป็น 'ผู้ช่วยส่วนตัว' ที่ช่วยลดความวิตกกังวลในการเข้าถึงข้อมูลวิชาการ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการนำเทคโนโลยีมาเสริมสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ในยุคดิจิทัล (Digital Student Experience) (Adamopoulou & Moussiades, 2020)

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการออกแบบระบบ MindGaze ตามหลักการปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์ มีส่วนช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถเรียนรู้และใช้งานระบบได้ง่าย โดยพิจารณาจากผลการประเมินด้านการใช้งานซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับด้านอื่น ๆ สะท้อนให้เห็นว่าการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ที่เรียบง่าย ชัดเจน และเป็นมิตรต่อผู้ใช้ มีผลต่อความพึงพอใจและประสบการณ์การใช้งานของนักศึกษาโดยตรง (วรลักษณ์ วงศ์โดยหวัง ศิริเจริญ, 2559; Norman, 2013)

นอกจากนี้ ผลการประเมินด้านประสิทธิภาพของระบบปัญญาประดิษฐ์พบว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถตอบสนองต่อคำถามของผู้ใช้ได้ในระดับที่เหมาะสมต่อการใช้งานจริงในบริบทของมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต อย่างไรก็ตาม ค่าเฉลี่ยในบางประเด็นยังไม่อยู่ในระดับสูงมากที่สุด ซึ่งอาจเกิดจากข้อจำกัดของระบบ เช่น ความสามารถในการจดจำบริบทของบทสนทนาในระยะยาว รวมถึงความเร็วในการตอบสนองที่อาจขึ้นอยู่กับสภาพเครือข่ายและการเชื่อมต่อกับระบบภายนอก (Kocielnik et al., 2019)

ผลคะแนนความพึงพอใจที่สูงในด้านความง่ายต่อการใช้งาน (Mean = 4.09) สะท้อนให้เห็นถึงความสำเร็จในการนำหลักการ HCI มาใช้ในการลดภาระทางปัญญา (Cognitive Load) ของนักศึกษา (Nielsen, 1993) โดยการออกแบบที่เน้นความเรียบง่ายและการใช้ภาษาที่เป็นธรรมชาติของโมเดล Grok ช่วยลดกำแพงระหว่างมนุษย์และระบบเทคโนโลยี ทำให้แชทบอทเปลี่ยนสถานะจากเพียงแค่เครื่องมือค้นหาข้อมูล (Search Tool) กลายเป็นผู้ช่วยส่วนตัว (Virtual Assistant) อย่างสมบูรณ์ (Luger & Sellen, 2016) นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังสะท้อนให้เห็นว่า ผู้ใช้งานมีความต้องการให้มีการพัฒนาระบบต่อไปในอนาคตในระดับสูง ซึ่งบ่งชี้ว่าระบบ MindGaze มีศักยภาพในการนำไปใช้งานจริง และสามารถพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความครอบคลุมของการให้บริการข้อมูลแก่ผู้ใช้งานได้ในระยะยาว

สรุปผล

จากการดำเนินการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า ระบบ MindGaze เป็นระบบสนทนาอัจฉริยะบนเว็บแอปพลิเคชันที่สามารถทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยสำหรับการใช้ชีวิตและการเข้าถึงข้อมูลของนักศึกษาในมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานพบว่าอยู่ในระดับ มาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานได้ในภาพรวม ระบบ MindGaze ช่วยลดภาระในการค้นหาข้อมูลจากหลายแหล่ง และสนับสนุนการเข้าถึงข้อมูลด้านการเรียนและการใช้บริการภายในมหาวิทยาลัยได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว

นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของระบบในการพัฒนาต่อยอดในอนาคต เช่น การเพิ่มความสามารถในการจดจำบริบทของผู้ใช้งาน การปรับปรุงความแม่นยำของการตอบคำถาม และการรองรับรูปแบบการโต้ตอบที่หลากหลายมากขึ้น เช่น การสั่งงานด้วยเสียง หรือการเชื่อมต่อกับระบบสารสนเทศอื่น ๆ ภายในมหาวิทยาลัย ดังนั้น ระบบ MindGaze จึงสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบผู้ช่วยปัญญาประดิษฐ์สำหรับการใช้ชีวิตในมหาวิทยาลัย (Radziwill & Benton, 2017) และเป็นพื้นฐานสำหรับการวิจัยและพัฒนาระบบลักษณะเดียวกันในอนาคต

ในอนาคต ระบบ MindGaze สามารถต่อยอดโดยการเชื่อมต่อกับระบบฐานข้อมูลผลการเรียนแบบเรียลไทม์ และเพิ่มความสามารถในการวิเคราะห์ความรู้สึก (Sentiment Analysis) จากข้อความของนักศึกษาเพื่อประเมินภาวะสุขภาพจิตหรือความต้องการความช่วยเหลือเร่งด่วน ซึ่งจะทำให้แชทบอทกลายเป็นเครื่องมือดูแลสวัสดิภาพนักศึกษาได้อย่างครบวงจร

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและคำแนะนำอย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.พิทา จารุพูนผล อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิจัย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงสำหรับคำแนะนำ แนวคิด และการให้คำปรึกษาอย่างใกล้ชิดตลอดระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย

นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาเทคโนโลยีดิจิทัล มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ที่ให้การสนับสนุนด้านวิชาการและเอื้ออำนวยความสะดวกในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ รวมถึงขอขอบพระคุณนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ตทุกท่านที่สละเวลาในการทดลองใช้งานระบบและตอบแบบสอบถาม ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้งานวิจัยฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

ธานินทร์ ศิลป์จารุ. 2561. การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS และ AMOS (พิมพ์ครั้งที่ 17). บิสซิเนสอาร์แอนด์ดี, กรุงเทพฯ.

วรลักษณ์ วงศ์โดยหวัง ศิริเจริญ. 2559. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างคอมพิวเตอร์กับมนุษย์. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

สำนักงานคณะกรรมการดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2564. แผนปฏิบัติการด้านปัญญาประดิษฐ์แห่งชาติเพื่อการพัฒนาประเทศไทย. แหล่งข้อมูล: https://onde.go.th. ค้นเมื่อ 8 กุมภาพันธ์ 2569.

สุภางค์ จันทวานิช. 2560. การวิจัยเชิงคุณภาพ (พิมพ์ครั้งที่ 10). สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. 2562. ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ (พิมพ์ครั้งที่ 6). ซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพฯ.

Adamopoulou, E., and L. Moussiades. 2020. Chatbots: History, technology, and applications. Machine Learning with Applications 2: 100006.

Følstad, A., C. B. Nordheim, and C. A. Bjørkli. 2018. What makes users trust a chatbot for customer service? An exploratory interview study. Lecture Notes in Computer Science: 194-208.

Kocielnik, R., S. Amershi, and P. N. Bennett. 2019. Will you accept an imperfect AI?. pp. 1-14. In: Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. ACM, New York.

Luger, E., and A. Sellen. 2016. Like having a really bad PA: The gulf between user expectation and experience of conversational agents. pp. 5286–5297. In: CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. ACM, New York.

Nielsen, J. 1993. Usability engineering. Morgan Kaufmann, San Diego, CA.

Norman, D. A. 2013. The design of everyday things (Revised and expanded ed.). Basic Books, New York, NY.

Radziwill, N. M., and M. C. Benton. 2017. Evaluating quality of chatbots and intelligent conversational agents. Available: https://arxiv.org/abs/1704.04579. Accessed Feb. 8, 2026.

การพัฒนาระบบสำหรับการวางแผนเส้นทางท่องเที่ยวฮาลาล: กรณีศึกษาจังหวัดภูเก็ต

Development of System for Halal Tourism Route Planning: Case Study Phuket Province

ศัลย์ ชูภาพ[1*] พิทา จารุพูนผล[2] ณสิทธิ์ เหล่าเส็น[3]

San Chooparb[1*] Pita Jarupunphol [2] and Nasith Laosen [3]

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต 21 ม.6 ถ.เทพกระษัตรี ต.รัษฎา อ.เมือง จ.ภูเก็ต 83000

[1] Department of Digital Technology, Faculty of Science & Technology, Phuket Rajabhat University 21 Moo 6, Ratsada Subdistrict, Mueang District, Phuket 83000

*Corresponding author E-mail: nasith.l@pkru.ac.th

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาระบบวางแผนเส้นทางท่องเที่ยวฮาลาลในจังหวัดภูเก็ต โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยให้นักท่องเที่ยวสามารถวางแผนการเดินทางได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับเวลาเปิด–ปิดสถานที่ ระยะเวลาเดินทาง ความสนใจเฉพาะบุคคล และข้อกำหนดด้านฮาลาล ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญของนักท่องเที่ยวชาวมุสลิม งานวิจัยประยุกต์ใช้อัลกอริทึมเมตาฮิวริสติก 2 วิธี ได้แก่ Genetic Algorithm (GA) และ Ant Colony Optimization (ACO) ภายใต้กระบวนการพัฒนาระบบเชิงอัลกอริทึม โดยใช้ข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยวจำนวน 250 แห่ง และคำนวณเวลา–ระยะทางผ่าน Open Source Routing Machine (OSRM) ระบบที่พัฒนาด้วย GA ได้รับการเพิ่มประสิทธิภาพด้วย Greedy Initialization, Adaptive Mutation และฟังก์ชันความเหมาะสมแบบหลายเกณฑ์ (Multi-criteria Fitness Function) ขณะที่ ACO ถูกใช้เป็นโมเดลเปรียบเทียบในการทดสอบผลลัพธ์ภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน ผลการประเมินจากกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้งานจำนวน 120 คน โดยใช้มาตราส่วนประเมินความพึงพอใจระดับ 5 คะแนน พบว่าระบบ GA มีค่าความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.56) ดีกว่าระบบ ACO ซึ่งอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.63) โดยเฉพาะด้านความสอดคล้องกับเวลาเปิด–ปิดสถานที่ ($\bar{x}$ = 4.65) และการจัดร้านอาหารฮาลาลในช่วงเวลาที่เหมาะสม ($\bar{x}$ = 4.54) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอัลกอริทึม GA สามารถตอบสนองเงื่อนไขเชิงเวลาและข้อจำกัดด้านศาสนาได้ดีกว่า รวมทั้งช่วยลดความซับซ้อนในการวางแผนเส้นทาง และเพิ่มความเป็นไปได้ของเส้นทางในสถานการณ์จริง

คำสำคัญ : การวางแผนเส้นทางท่องเที่ยว, อัลกอริทึมพันธุกรรม, อัลกอริทึมอาณานิคมมด, การท่องเที่ยวฮาลาล

Abstract

This research article presents the development of a halal tourism route planning system for Phuket Province, with the objective of assisting tourists in creating travel plans that are efficient and compatible with attraction opening–closing times, travel duration, personal interests, and halal-related requirements, which are essential factors for Muslim travelers. The study applies two metaheuristic algorithms—Genetic Algorithm (GA) and Ant Colony Optimization (ACO)—within an algorithmic system development framework, using data from 250 tourist locations and calculating travel time and distance through the Open Source Routing Machine (OSRM). The GA-based system is enhanced through Greedy Initialization, Adaptive Mutation, and a Multi-criteria Fitness Function, while ACO is employed as a comparative model under the same conditions. Evaluation results from 120 users, based on a 5-point satisfaction scale, indicate that the GA-based system achieved the highest level of user satisfaction ($\bar{x}$ = 4.56), outperforming ACO, which was rated at a high level ($\bar{x}$ = 3.63). In particular, GA showed superior performance in terms of compliance with attraction opening–closing times ($\bar{x}$ = 4.65) and proper scheduling of halal restaurants during appropriate hours ($\bar{x}$ = 4.54). These findings demonstrate that GA can better address temporal and religious constraints, reduce the complexity of route planning, and increase the feasibility of travel plans in real-world scenarios.

Keywords : Tourism itinerary planning, Genetic Algorithm (GA), Ant Colony Optimization (ACO), Halal tourism

บทนำ

หลักการและเหตุผล

การท่องเที่ยวถือเป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยเฉพาะจังหวัดท่องเที่ยวหลัก เช่น จังหวัดภูเก็ต ซึ่งรองรับนักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติเป็นจำนวนมากในแต่ละปี รวมถึงนักท่องเที่ยวชาวมุสลิมซึ่งเป็นกลุ่มตลาดที่มีศักยภาพสูงและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตาม นักท่องเที่ยวในปัจจุบันเผชิญกับความท้าทายสำคัญในการวางแผนเส้นทางท่องเที่ยวให้มีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับข้อจำกัดเฉพาะบุคคล อาทิ เวลาเปิด–ปิดของสถานที่ท่องเที่ยว ระยะทางระหว่างจุดท่องเที่ยว ความสนใจส่วนบุคคล ระยะเวลาเดินทาง ช่วงเวลารับประทานอาหาร และการบริหารเวลาในภาพรวม

สำหรับนักท่องเที่ยวชาวมุสลิม ความซับซ้อนของการวางแผนท่องเที่ยวยิ่งเพิ่มขึ้น เนื่องจากต้องคำนึงถึงข้อจำกัดด้านอาหารฮาลาล ความเหมาะสมของสถานที่ตามหลักศาสนาอิสลาม รวมถึงช่วงเวลาละหมาด ปัจจัยเหล่านี้ทำให้การวางแผนเส้นทางท่องเที่ยวด้วยตนเองเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนและใช้เวลามาก อีกทั้งอาจส่งผล

ให้ไม่สามารถจัดการเวลาได้อย่างเหมาะสม หรือไม่สามารถเดินทางไปยังสถานที่ต่าง ๆ ได้ครบถ้วนตามความต้องการ

แม้ในปัจจุบันจะมีเครื่องมือช่วยนำทางและแพลตฟอร์มด้านการท่องเที่ยวจำนวนมาก เช่น ระบบแผนที่ดิจิทัลหรือแอปพลิเคชันท่องเที่ยวออนไลน์ แต่เครื่องมือเหล่านี้ส่วนใหญ่มุ่งเน้นการแนะนำเส้นทางแบบจุดต่อจุด (point-to-point navigation) และยังขาดความสามารถในการสร้างเส้นทางท่องเที่ยวที่เหมาะสมภายใต้ข้อจำกัดหลายมิติ เช่น การพิจารณาเวลา ความชอบส่วนบุคคล ลำดับการเข้าชมสถานที่ หรือจำนวนร้านอาหารฮาลาลที่ควรมีในแต่ละเส้นทาง ส่งผลให้ยังไม่มีระบบวางแผนการท่องเที่ยวที่สามารถตอบสนองการใช้งานจริงของนักท่องเที่ยวมุสลิมได้อย่างครบถ้วน

ด้วยเหตุนี้ งานวิจัยนี้จึงมุ่งพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับการแนะนำและวางแผนเส้นทางท่องเที่ยวฮาลาล โดยคำนึงถึงเงื่อนไขสำคัญในการท่องเที่ยว ได้แก่ ความต้องการของนักท่องเที่ยว เวลาเปิด–ปิดสถานที่ ระยะเวลาในการเข้าชม ระยะทางและเวลาในการเดินทาง ช่วงเวลาละหมาด และการแวะรับประทานอาหารฮาลาล งานวิจัยได้นำเมตาฮิวริสติกอัลกอริทึมจำนวน 2 วิธี ได้แก่ Genetic Algorithm (GA) และ Ant Colony Optimization (ACO) มาประยุกต์ใช้และเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาการจัดลำดับเส้นทางท่องเที่ยว ซึ่งเป็นปัญหาที่มีพื้นที่คำตอบขนาดใหญ่และมีความซับซ้อนสูง นอกจากนี้ ยังมีการคำนวณเวลาและระยะทางการเดินทางจริงโดยใช้ระบบ Open Source Routing Machine (OSRM) และพัฒนาต้นแบบระบบวางแผนเส้นทางท่องเที่ยวฮาลาล เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบท่องเที่ยวอัจฉริยะในอนาคต

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยด้านการวางแผนเส้นทางท่องเที่ยว (Tourism Itinerary Planning) ได้รับความสนใจอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากเป็นปัญหาเชิงการเพิ่มประสิทธิภาพ (Optimization Problem) ที่มีความซับซ้อนสูง และต้องพิจารณาปัจจัยจำนวนมาก อาทิ เวลาเปิด–ปิดของสถานที่ท่องเที่ยว ระยะเวลาในการเข้าชม ระยะทางและเวลาเดินทางจริง ความสนใจเฉพาะบุคคล ช่วงเวลาอาหาร รวมถึงข้อจำกัดตามบริบทเฉพาะ เช่น ความเหมาะสมด้านฮาลาล ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลให้ปัญหาการจัดเส้นทางท่องเที่ยวถูกจัดอยู่ในกลุ่มปัญหา NP-Hard ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับปัญหา Travelling Salesman Problem (TSP) และ Vehicle Routing Problem (VRP) โดยวิธีการเชิงเส้นหรือการค้นหาคำตอบแบบครอบคลุมทุกความเป็นไปได้ (Exhaustive Search) ไม่สามารถให้คำตอบได้ภายในเวลาที่เหมาะสมเมื่อขนาดปัญหาเพิ่มขึ้น ดังนั้น งานวิจัยจำนวนมากจึงหันมาใช้อัลกอริทึมเมตาฮิวริสติก (Metaheuristics) เช่น Genetic Algorithm และ Ant Colony Optimization เพื่อค้นหาคำตอบที่มีคุณภาพดีภายใต้ข้อจำกัดด้านเวลาในการประมวลผล

Genetic Algorithm (GA) เป็นหนึ่งในอัลกอริทึมเมตาฮิวริสติกที่ได้รับแรงบันดาลใจจากกระบวนการคัดเลือกโดยธรรมชาติ (Natural Selection) และทฤษฎีวิวัฒนาการทางชีววิทยา โดยแนวคิดหลักของ GA คือการแทนคำตอบของปัญหาในรูปแบบของโครโมโซม (Chromosome) ซึ่งประกอบด้วยยีน (Gene) ที่แทนลักษณะหรือการตัดสินใจย่อยของปัญหา จากนั้นจะสร้างประชากรเริ่มต้น (Initial Population) ของโครโมโซมหลายชุด และประเมินคุณภาพของแต่ละคำตอบด้วยฟังก์ชันความเหมาะสม (Fitness Function) กระบวนการ

วิวัฒนาการจะดำเนินผ่านตัวดำเนินการหลัก ได้แก่ การคัดเลือก (Selection) การผสมพันธุ์ (Crossover) และการกลายพันธุ์ (Mutation) เพื่อสร้างประชากรรุ่นใหม่ที่มีแนวโน้มให้คำตอบที่ดียิ่งขึ้น GA มีจุดเด่นในการค้นหาคำตอบในพื้นที่คำตอบขนาดใหญ่และซับซ้อนโดยไม่จำเป็นต้องสำรวจทุกความเป็นไปได้ทั้งหมด ทำให้เหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับปัญหาการจัดลำดับเส้นทางท่องเที่ยวซึ่งมีข้อจำกัดหลายมิติและเงื่อนไขเชิงเวลา

ตัวอย่างงานวิจัยที่ประยุกต์ใช้ GA ในการวางแผนเส้นทางท่องเที่ยว เช่น คำแสนและคณะ (2018) ได้นำ GA มาใช้ในการวางแผนเส้นทางการเยี่ยมชมจุดท่องเที่ยวภายใต้ข้อจำกัดด้านกรอบเวลา (Time Window Constraints) ซึ่งกำหนดให้ลำดับการเข้าชมต้องสอดคล้องกับเวลาเปิด–ปิดของสถานที่ ผลการวิจัยพบว่า GA สามารถจัดลำดับเส้นทางได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงกว่าวิธีการแบบดั้งเดิม โดยเฉพาะเมื่อจำนวนสถานที่ท่องเที่ยวเพิ่มขึ้น ในด้านการพัฒนาโครงสร้างของอัลกอริทึม Libelli และ Alba (2000) ได้นำเสนอแนวคิด Adaptive Mutation ซึ่งปรับอัตราการกลายพันธุ์ตามระดับความเหมาะสมของโครโมโซม ส่งผลให้ GA สามารถหลีกเลี่ยงการติดอยู่ในคำตอบเฉพาะจุดและลู่เข้าสู่คำตอบที่เหมาะสมได้รวดเร็วยิ่งขึ้น Pacurar และคณะ (2021) ได้ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพเส้นทางท่องเที่ยวแบบหลายจุดหมายโดยใช้วิธีเชิงวิวัฒนาการ พบว่า GA มีความเหมาะสมต่อการแก้ปัญหาที่มีหลายวัตถุประสงค์ เช่น การลดระยะทางรวม การจัดสรรเวลา และการเพิ่มความพึงพอใจของนักท่องเที่ยว ขณะที่ Isoda และคณะ (2020) เสนอแนวทางการวางแผนเส้นทางและตารางการท่องเที่ยวโดยคำนึงถึงพฤติกรรมและความต้องการเฉพาะบุคคล ซึ่งแสดงให้เห็นว่า GA สามารถปรับตัวให้สอดคล้องกับรูปแบบการเดินทางที่หลากหลายได้ดี และเหมาะสมต่อการพัฒนาเป็นระบบแนะนำเส้นทางท่องเที่ยวอัจฉริยะ

Ant Colony Optimization (ACO) เป็นอัลกอริทึมเมตาฮิวริสติกที่ได้รับแรงบันดาลใจจากพฤติกรรมการหาเส้นทางอาหารของมดในธรรมชาติ ซึ่งสามารถค้นหาเส้นทางที่สั้นและมีประสิทธิภาพผ่านการสื่อสารทางอ้อมโดยใช้สารฟีโรโมน (Pheromone) แนวคิดหลักของ ACO คือการแทนปัญหาในรูปแบบของกราฟ โดยจุดยอด (Node) แทนสถานที่หรือจุดตัดสินใจ และเส้นเชื่อม (Edge) แทนความเป็นไปได้ของการเดินทาง มดแต่ละตัวจะสร้างคำตอบโดยการเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งตามความน่าจะเป็นที่คำนวณจากปริมาณฟีโรโมนบนเส้นทางและค่าฮิวริสติก (Heuristic Information) เช่น ระยะทางหรือเวลาเดินทาง หลังจากมดทั้งหมดสร้างคำตอบเสร็จสิ้น ระบบจะปรับปรุงค่าฟีโรโมนโดยเพิ่มปริมาณฟีโรโมนบนเส้นทางที่ให้คำตอบที่มีคุณภาพสูงและลดค่าฟีโรโมนผ่านกระบวนการระเหย (Pheromone Evaporation) เพื่อหลีกเลี่ยงการติดอยู่ในคำตอบเฉพาะที่ ด้วยกลไกการเรียนรู้ร่วมกันดังกล่าว ACO จึงสามารถค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปัญหาการจัดลำดับเส้นทางและการหาคำตอบที่ใกล้เคียงค่าที่เหมาะสมที่สุด (Near-Optimal Solution) ภายใต้ข้อจำกัดหลายมิติ

ACO ถูกนำมาใช้ในการวางแผนเส้นทางท่องเที่ยวในงานวิจัยจำนวนมาก เนื่องจากมีความสามารถในการจัดการปัญหาการจัดลำดับเส้นทางที่มีความซับซ้อนและมีข้อจำกัดหลายมิติ ตัวอย่างเช่น Song **(**2025) ได้นำเสนอการประยุกต์ใช้อัลกอริทึม Ant Colony Optimization แบบหลายวัตถุประสงค์ (Multi-objective ACO) สำหรับการวางแผนเส้นทางท่องเที่ยวแบบหลายจุดหมาย โดยออกแบบฟังก์ชันวัตถุประสงค์ให้พิจารณา

ปัจจัยด้านระยะทาง เวลาเดินทาง และระดับความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวควบคู่กัน ผลการทดลองพบว่า อัลกอริทึมสามารถลดระยะทางรวมและเพิ่มคุณภาพของเส้นทางได้ดีกว่าวิธีการแบบดั้งเดิม โดยเฉพาะในกรณีที่จำนวนสถานที่ท่องเที่ยวเพิ่มขึ้น ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถของ ACO ในการรองรับปัญหาขนาดใหญ่และมีความซับซ้อนสูง ในทิศทางเดียวกัน Liang et al. (2021) ได้พัฒนาอัลกอริทึม ACO แบบคำนึงถึงบริบท (Context-aware ACO) สำหรับการวางแผนเส้นทางท่องเที่ยว โดยบูรณาการข้อมูลบริบทของสถานที่ เช่น สภาพอากาศ และระดับความสบายของแหล่งท่องเที่ยว เข้าไปในกระบวนการคำนวณค่าฮิวริสติกและการอัปเดตฟีโรโมน เพื่อให้การเลือกเส้นทางสะท้อนประสบการณ์ของนักท่องเที่ยวในสถานการณ์จริงมากขึ้น นอกจากนี้ ยังมีการใช้กลไกเสริมฟีโรโมนในเส้นทางย่อยที่มีส่วนสนับสนุนต่อคุณภาพของเส้นทางโดยรวม เพื่อลดปัญหาการติดอยู่ในคำตอบเฉพาะจุด ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ACO ที่ได้รับการปรับปรุงดังกล่าวสามารถลดระยะทางรวม เพิ่มความเร็วในการลู่เข้าสู่คำตอบ และยกระดับคุณภาพเส้นทางได้อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับ ACO แบบดั้งเดิม

จากงานวิจัยทั้งสองชิ้นสามารถสรุปได้ว่า แม้ ACO จะมีจุดเด่นด้านการจัดลำดับเส้นทางและการค้นหาคำตอบที่ใกล้เคียงค่าที่เหมาะสมที่สุด แต่การเพิ่มกลไกแบบหลายวัตถุประสงค์และการคำนึงถึงบริบทของการท่องเที่ยวมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพของอัลกอริทึม ซึ่งเป็นแนวคิดที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นกรอบอ้างอิงในการเปรียบเทียบกับอัลกอริทึม Genetic Algorithm ในงานวิจัยด้านระบบวางแผนเส้นทางท่องเที่ยวอัจฉริยะสำหรับนักท่องเที่ยวชาวมุสลิม ความซับซ้อนของการวางแผนท่องเที่ยวยิ่งเพิ่มขึ้น เนื่องจากต้องคำนึงถึงข้อจำกัดด้านอาหารฮาลาล ความเหมาะสมของสถานที่ตามหลักศาสนาอิสลาม รวมถึงช่วงเวลาละหมาด ปัจจัยเหล่านี้ทำให้การวางแผนเส้นทางท่องเที่ยวด้วยตนเองเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนและใช้เวลามาก อีกทั้งอาจส่งผลให้ไม่สามารถจัดการเวลาได้อย่างเหมาะสม หรือไม่สามารถเดินทางไปยังสถานที่ต่าง ๆ ได้ครบถ้วนตามความต้องการ

วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งพัฒนาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมเมตาฮิวริสติกสองวิธี ได้แก่ Genetic Algorithm (GA) และ Ant Colony Optimization (ACO) สำหรับการวางแผนเส้นทางท่องเที่ยวฮาลาลในจังหวัดภูเก็ต โดยกำหนดพื้นที่ศึกษาเฉพาะจังหวัดภูเก็ตและใช้ข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยวจำนวน 250 แห่ง เพื่อสร้างแผนการท่องเที่ยวแบบรายวันภายใต้ข้อจำกัดด้านเวลา ระยะทาง ความสนใจเฉพาะบุคคล เวลาละหมาด และการเข้าถึงร้านอาหารฮาลาล โดยรายละเอียดวิธีการดำเนินการวิจัยมีดังต่อไปนี้

1. การเตรียมข้อมูล (Data Preparation)

ผู้วิจัยได้จัดเก็บ รวบรวม และปรับโครงสร้างข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบฐานข้อมูลเชิงโครงสร้าง (Structured Data) เพื่อรองรับการประมวลผลของอัลกอริทึม GA และ ACO ข้อมูลที่ใช้ประกอบด้วยข้อมูลเชิงพื้นที่ (Location/Coordinate), ข้อมูลเชิงเวลา (Operating Hours/Prayer Time), และข้อมูลเชิงคุณลักษณะของสถานที่ เช่น ประภทของสถานที่ท่องเที่ยว ร้านอาหารฮาลาล โรงแรม และมัสยิด ทั้งหมดจำนวน 250 แห่ง โดยข้อมูลได้มาจากฐานข้อมูลศูนย์วิทยาศาสตร์ฮาลาลอันดามัน มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต รวมถึงแหล่งข้อมูลจากเว็บไซต์ท่องเที่ยวต่าง ๆ จากนั้นจึงดำเนินการตรวจสอบซ้ำซ้อน (Duplicate Checking) และตรวจสอบความถูกต้องจากหลายแหล่งข้อมูล (Cross-Validation) เพื่อให้มั่นใจว่าข้อมูลที่บันทึกเข้าสู่ระบบมีความครบถ้วนและถูกต้อง พร้อมสำหรับนำเข้าสู่กระบวนการคำนวณและเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างอัลกอริทึม GA และ ACO ในขั้นตอนถัดไป โดยพจนานุกรมของข้อมูลแสดงได้ดังตารางที่ 1 และตัวอย่างข้อมูลแสดงดังภาพที่ 1

ตารางที่ 1 โครงสร้างข้อมูลสถานที่

ลำดับ	ชื่อฟิลด์	คำอธิบาย	ตัวอย่างข้อมูล
1	poi_id	รหัสประจำสถานที่	1
2	placename	ชื่อสถานที่ท่องเที่ยว	
3	description	รายละเอียดของสถานที่	
4	latitude	ค่าละติจูดของสถานที่	
5	longitude	ค่าลองจิจูดของสถานที่	
6	visit_duration	ระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการเข้าชมสถานที่ (นาที)	100
7	time_open	เวลาเปิดของสถานที่	07:00:00
8	time_close	เวลาปิดของสถานที่	18:30:00
9	historical	ตัวแปรบ่งชี้สถานที่เชิงประวัติศาสตร์	0 – 1
10	beach	ตัวแปรบ่งชี้สถานที่ประเภทชายหาด	0 – 1
11	mountain	ตัวแปรบ่งชี้สถานที่ประเภทภูเขา	0 – 1
12	adventure	ตัวแปรบ่งชี้สถานที่ประเภทผจญภัย	0 – 1
13	wellness	ตัวแปรบ่งชี้สถานที่ประเภทสุขภาพ/สปา	0 – 1
14	recreational	ตัวแปรบ่งชี้สถานที่เพื่อการพักผ่อน	0 – 1
15	isAttraction	ระบุว่าสถานที่เป็นแหล่งท่องเที่ยว	0 ไม่เป็น, 1 เป็น
16	isRestaurant	ระบุว่าสถานที่เป็นร้านอาหารฮาลาล	0 ไม่เป็น, 1 เป็น
17	isMosque	ระบุว่าสถานที่เป็นมัสยิด	0 ไม่เป็น, 1 เป็น

	Place Name	Description	Latitude	Longitude	Visit Duration (M	Opening Time	Closing Time	Historical/Cultur	Beach Attraction	Mountain/Waterf	Adventure Attra
2	ศึกษิโรโปรยภูเก็ต เมืองเก่าภูเก็ต	เมืองเก่าภูเก็ต ที่โดดเด่นด้วยศึกสไตล์ ชิโร	7.886438978	98.38753014	60	10:00	20:00	0.8	0	0	0
3	แหลมพรหมเทพ	อีกหนึ่งที่เที่ยวในเมืองภูเก็ต ที่ห้ามพลาดแ	7.761899183	98.30535943	40	16:30	18:30	0	0.4	0.6	0
4	สะพานหิน	เป็นสวนสาธารณะริมทะเล ที่ภูเก็ต สถานที่	7.868466909	98.39596508	100	5:50	22:00	0	0.25	0.25	0
5	Big Bee Farm Phuket สวนผึ้ง	ผู้เข้าชาวไทยนี้กเปิดทำฟัน จะได้สัมผัสกับความ	7.863262447	98.34889782	60	9:00	18:00	0	0	0	0
6	ถนนคนเดินภูเก็ตหลาดใหญ่(Pl	เปิดหกวันเสาร์และอาทิตย์ตั้งแต่บนถนนตลาดย่อ	7.884733648	98.39007192	100	16:00	22:00	0.3	0	0	0
7	พิพิธภัณฑ์ผ้าบ้านผลสวนต้นไ	พร้อมกิจกรรมการเดินหาความหลังครอบค	7.888746964	98.36577812	60	10:30	19:00	0	0	0	0
8	อันดามันดา ภูเก็ต	สถานบำเพ็ญกุศลของ (Andamanda P	7.904623732	98.36380925	200	10:00	19:00	0	0	0	0.5
9	หลาดบ้านสิว่า	(เปิดหกวัน ยกเว้นในเทศกาลพิเศษ) หลาดบ้านผลสิว่า	7.907334338	98.37319064	60	17:00	23:00	0	0	0	0
10	ตลาดเช้าที่ราวไพ่ (ตลาดนางา	เปิดหกวันเสาร์-อาทิตย์ ซึ่งตลาดนัดคนเดิน	7.889643834	98.36572536	60	16:00	22:00	0	0	0	0
11	แหลมพันสอ รมพระอาทิตย์ตก	จุดชมวิวแหลมพันสอ จ.ภูเก็ต จุดเช็คอินแล	7.893232559	98.38039436	60	17:30	18:30	0	0	0.7	0
12	หอนาฬิกาอเวินสรินยง์ ภูเก็ต	วงเรียบหอนาฬิกา จอดีกัดที่สามารถนังสาย	7.893232559	98.38039436	30	7:00	19:00	0.5	0	0	0
13	จุดชมวิวเขาถ้ง	เป็นจุดชมวิวที่ตั้งอยู่บนเนินเขาเตี้ยทางทิศ	7.893232559	98.38039436	40	8:00	22:00	0.2	0	0.7	0
14	หาดในยาง	เที่ยว หาดในยาง อ่าวรูปเป็ดอันดุดเรืองอีน	8.009972496	98.29752258	80	7:00	18:00	0	0.4	0.4	0
15	หาดกมลา	หาดกมลา ตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกของจังหวั	7.95721643	98.28294701	40	7:00	18:30	0	0.8	0.2	0
16	หาดราไวย์	ชายหาดทางฝั่งตะวันออกของเกาะภูเก็ต ถื	7.772036042	98.32165128	40	7:00	18:30	0	0.6	0.2	0
17	หาดป่าตอง	เข้าไทร์อีกถึง หาดสันสัน 1 ของ ภูเก็ต ที่ต้อง	7.896201831	98.29534614	80	7:00	18:30	0	0.8	0.2	0
18	หาดในหาน	หาดในหานเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สวยงาม	7.776171894	98.3057836	80	7:00	18:30	0	0.8	0.2	0
19	หาดกมลา	หาดกมลา เป็นชายหาดยาวหลายร้อยเมตร	7.820705415	98.29764689	80	7:00	18:30	0	0.8	0.2	0
20	หาดกะรน	หาดกะรน (Hat Karon) เป็นชายหาดที่ยาว	7.843543727	98.29363297	80	7:00	18:30	0	0.8	0.2	0
21	หาดกะหลิม	หาดกะหลิม ชายหาดเล็กๆ ที่มองบนยอด	7.912774089	98.2944955	80	7:00	18:30	0	0.8	0.2	0
22	หาดสุรินทร์	อยู่ระหว่างหาดบางเทาและหาดกมลา ห่าง	7.875512664	98.27846822	80	7:00	18:30	0	0.8	0.2	0
23	หาดหาญแก้ว	เป็นหาดทรายที่สวยงามและมีความเงียบส	8.174530411	98.29139047	80	7:00	18:30	0	0.8	0.2	0
24	หาดอ่าวฉน	เป็นหินหลอดหาดสวยๆ มีศาลาไว้พักผ่อน	7.814562041	98.39459673	80	7:00	18:30	0	0.8	0.2	0

ภาพที่ 1 ตัวอย่างข้อมูล

2. การพัฒนาระบบ

ในการพัฒนาระบบ ผู้วิจัยเริ่มจากพัฒนาอัลกอริทึม GA และ ACO โดยคำนึงถึงเงื่อนไขต่าง ๆ ที่กำหนด จากนั้นจึงทำการพัฒนาเว็บไซต์เพื่อเป็น User Interface ให้ผู้ใช้ได้ใช้งาน รายละเอียดมีดังนี้

2.1 การพัฒนาอัลกอริทึม Genetic Algorithm (GA)

เพื่อให้เหมาะสมกับบริบทของการวางแผนเส้นทางท่องเที่ยวฮาลาลภายใต้ข้อจำกัดหลายเงื่อนไข งานวิจัยนี้ได้ปรับปรุงขั้นตอนของ Genetic Algorithm (GA) ให้ตอบโจทย์สถานการณ์จริง ดังนี้

1) การออกแบบโครโมโซม (Chromosome Representation)

โครโมโซมถูกกำหนดให้เป็นลำดับของสถานที่ที่ต้องเดินทางไปในหนึ่งวัน ประกอบด้วยสถานที่ท่องเที่ยว ร้านอาหารฮาลาล และสถานที่ละหมาด โดยแต่ละยีนแทนรหัสของสถานที่หนึ่งแห่ง การกำหนดโครงสร้างเช่นนี้เอื้อต่อการจัดลำดับเส้นทาง ตรวจสอบเวลาเปิด–ปิด ตลอดจนข้อจำกัดด้านระยะทางและเวลาละหมาด ซึ่งช่วยให้การประเมินความเหมาะสมของเส้นทางเป็นไปได้อย่างแม่นยำมากขึ้น ตัวอย่างเช่น โครโมโซมที่ประกอบด้วยลำดับของสถานที่ 1 5 3 2 6 4 7 8 9 แสดงถึงลำดับการเดินทางของนักท่องเที่ยว โดยเริ่มต้นเส้นทางที่สถานที่หมายเลข 1 จากนั้นเดินทางต่อไปยังสถานที่หมายเลข 5, 3, 2, 6, 4, 7, 8 และจบที่สถานที่หมายเลข 9 ตามลำดับ

2) การสร้างประชากรเริ่มต้น (Initial Population Generation)

กระบวนการสร้างประชากรเริ่มต้นใช้แนวทางแบบผสมผสาน (Hybrid Initialization) ระหว่างการสุ่ม (Random Initialization) และการสร้างคำตอบเชิงฮิวริสติกแบบกรีดดี้ (Greedy-Based Construction) เพื่อให้ได้คำตอบที่ดีตั้งแต่ช่วงเริ่มต้น โดยคำตอบที่สร้างจะคำนึงถึงความใกล้เชิงระยะทาง ความสนใจของผู้ใช้ และจุดแวะที่จำเป็น เช่น เวลาละหมาดหรือร้านอาหารฮาลาล วิธีนี้ช่วยเพิ่มความหลากหลายของประชากรเริ่มต้นและสนับสนุนให้ GA ลู่เข้าสู่คำตอบที่มีคุณภาพได้เร็วขึ้น

3) กระบวนการคัดเลือก (Selection Process)

ใช้วิธี Tournament Selection ในการคัดเลือกโครโมโซมเข้าสู่กระบวนการสืบพันธุ์ โดยสุ่มตัวอย่างโครโมโซมจำนวนหนึ่งจากประชากรเดิมเพื่อนำมาแข่งขันกัน และเลือกโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมสูงกว่าเป็นผู้ชนะ วิธีนี้ช่วยเพิ่มโอกาสให้คำตอบที่ดีถูกถ่ายทอดต่อ ขณะเดียวกันยังคงความหลากหลายทางพันธุกรรมในประชากร ไม่ทำให้การค้นหาลู่เข้าสู่จุดที่ไม่เหมาะสมเร็ว

4) กระบวนการผสมพันธุ์และกลายพันธุ์ (Crossover & Mutation)

ขั้นตอนผสมพันธุ์ใช้เทคนิค Order Crossover (OX) เพื่อรักษาลำดับของสถานที่ที่มีความสมเหตุสมผลเชิงเส้นทาง และป้องกันความผิดพลาดจากยีนซ้ำภายในโครโมโซมลูก สำหรับการกลายพันธุ์เลือกใช้หลายกลยุทธ์ ได้แก่ Swap Mutation, Inversion Mutation และ Insertion/Deletion Mutation ร่วมกับการปรับอัตราการกลายพันธุ์แบบปรับตัว (Adaptive Mutation Rate) ตามสถานการณ์การค้นหาคำตอบ วิธีนี้ช่วยเพิ่มการสำรวจพื้นที่คำตอบ ลดความเสี่ยงของการติดกับดักคำตอบเชิงเฉพาะจุด (Local Optimum) และเพิ่มโอกาสในการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมเชิงเวลา ระยะทาง และเงื่อนไขฮาลาลมากที่สุด

5) การคำนวณค่าความเหมาะสม (Fitness Function)

ฟังก์ชันความเหมาะสมถูกออกแบบเป็นฟังก์ชันหลายเกณฑ์ (Multi-criteria Fitness Function) แบบถ่วงน้ำหนัก เพื่อประเมินคุณภาพของเส้นทางท่องเที่ยวแต่ละเส้นทาง โดยพิจารณาทั้งความสอดคล้องกับความสนใจของผู้ใช้ ความเหมาะสมด้านฮาลาล ประสิทธิภาพของระยะทางและเวลา รวมถึงข้อจำกัดเชิงพฤติกรรมการท่องเที่ยว ดังสมการ

$$Fitness = w_1 \sum Preference - w_2 Distance + w_3 TimeUsage + w_4 LunchReward - w_5 Penalty$$

โดยรายละเอียดการคำนวณของแต่ละองค์ประกอบมีดังนี้

- คะแนนความสนใจของผู้ใช้ (Preference) คำนวณจาก

$$\sum Preference = \sum_{i=1}^{n} Preference_i$$

เมื่อ $Preference_i$ คือคะแนนประเภทการท่องเที่ยวที่ตรงกับความชอบของผู้ใช้ของสถานที่ท่องเที่ยวลำดับที่ *i* โดยค่า Preference ที่สูงหมายถึงเส้นทางนั้นตอบโจทย์ความต้องการของผู้ใช้มาก (ในเส้นทางมีแหล่งท่องเที่ยวประเภทที่นักท่องเที่ยวสนใจจำนวนมาก)

- ระยะทางรวม (Distance) คำนวณจาก

$$Distance = \sum_{i=1}^{n-1} d(i, i+1)$$

โดย $d(i, i+1)$ คือระยะทางจริงระหว่างสถานที่ลำดับที่ i และ $i+1$ ซึ่งได้มาจากจากระบบ Open Source Routing Machine (OSRM) ระยะทางรวมจะถูกนำไปหักออกจากค่า Fitness เพื่อให้เส้นทางที่มีระยะทางสั้นและการเดินทางมีประสิทธิภาพมากกว่ามีคะแนนสูงกว่า

- การใช้เวลาเที่ยว (TimeUsage) คำนวณจาก

$$TimeUsage = \frac{T_{used}}{T_{available}}$$

โดย T_{used} คือเวลาที่ใช้จริงในการท่องเที่ยว (คำนวณระยะเวลาจริงโดยดึงระยะเวลาเดินทางจริงจากระบบ OSRM) และ $T_{available}$ คือเวลาท่องเที่ยวทั้งหมดที่กำหนด

- คะแนนช่วงเวลาอาหารกลางวัน (LunchReward) คำนวณจาก

$$LunchReward = \begin{cases} 1, \text{หากมีการเลือกร้านอาหารในช่วง } 11{:}00 - 14{:}00 \\ 0, \text{กรณีอื่น} \end{cases}$$

ค่านี้ทำหน้าที่เป็นรางวัลเชิงบวกที่ช่วยเพิ่มคะแนนความเหมาะสมของเส้นทาง (Fitness Score) โดยระบบจะคำนวณไทม์ไลน์ของเส้นทางจากการรวมเวลาเดินทางระหว่างสถานที่และเวลาในการเข้าชมแต่ละจุดเพื่อสร้างลำดับเวลา (Timeline) ของทั้งวัน จากนั้นตรวจสอบว่ามีจุดแวะร้านอาหารฮาลาลที่อยู่ภายในช่วง 11:00 – 14:00 หรือไม่ หากมีจะได้รับค่ารางวัล 1

- ค่าปรับจากข้อจำกัด (Penalty) คำนวณจาก

$$Penalty = \sum_{k=1}^{m} Violation_k$$

โดย $Violation$ คือค่าคะแนนลงโทษหากมีการฝ่าฝืนข้อกำหนด ซึ่งมีข้อกำหนดทั้งหมดจำนวน 3 ข้อ ได้แก่ การมีจำนวนร้านอาหารเกินที่กำหนด การใช้เวลาท่องเที่ยวเกินช่วงที่อนุญาต และการไม่แวะสถานที่ละหมาดในเวลาละหมาด โดยระบบมีการดึงเวลาละหมาดของจังหวัดภูเก็ตแบบเรียลไทม์ผ่าน API ของเว็บไซต์ https://muslimsalat.com/api มาตรวจสอบ และค่าคะแนนลงโทษของข้อกำหนดแต่ละข้อมีค่าเท่ากับ 1

6) การคำนวณเส้นทางท่องเที่ยว (Travel Route Computation)

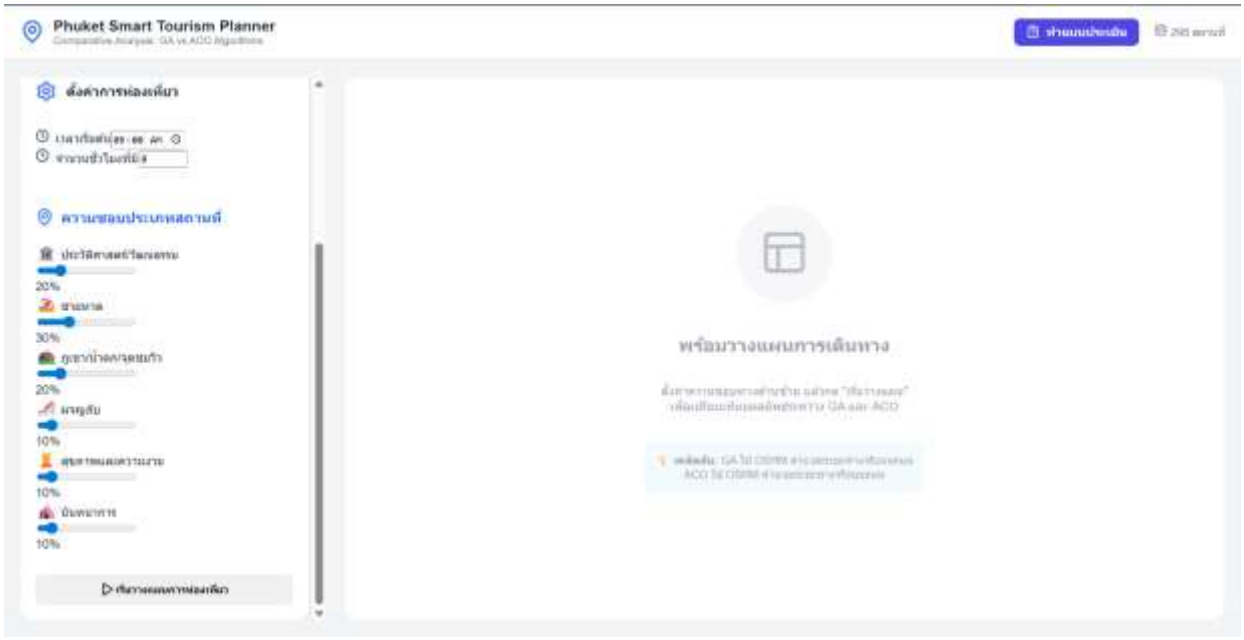
อัลกอริทึม GA เริ่มต้นด้วยการรับข้อมูลความต้องการของผู้ใช้ผ่านเว็บ ได้แก่ ประเภทการท่องเที่ยว เวลาเริ่มต้นทริป และจำนวนชั่วโมงที่ใช้ในการท่องเที่ยว (อธิบายในหัวข้อ 2.3) จากนั้นทำการสร้างประชากรเริ่มต้นของเส้นทางท่องเที่ยว (โครโมโซม) และประเมินค่าความเหมาะสม (Fitness) ด้วย Fitness Function ที่อธิบายไว้ก่อนหน้า ต่อจากนั้นอัลกอริทึมจะวิวัฒน์โครโมโซมด้วยกระบวนการคัดเลือก (Selection) และการกลายพันธุ์ (Mutation) โดยใช้กระบวนการผสมพันธุ์และกลายพันธุ์ที่อธิบายไว้ก่อนหน้า เพื่อเพิ่มความหลากหลายของคำตอบและเลี่ยงการติดอยู่ในคำตอบเฉพาะจุด (Local Optimum) การประมวลผลถูกทำซ้ำเป็นจำนวน 100 รอบ และเมื่อสิ้นสุดกระบวนการจะได้เส้นทางท่องเที่ยวที่มีความเหมาะสมสูงสุดภายใต้เงื่อนไขที่ผู้ใช้กำหนด

2.3 ส่วนติดต่อผู้ใช้ (User Interface)

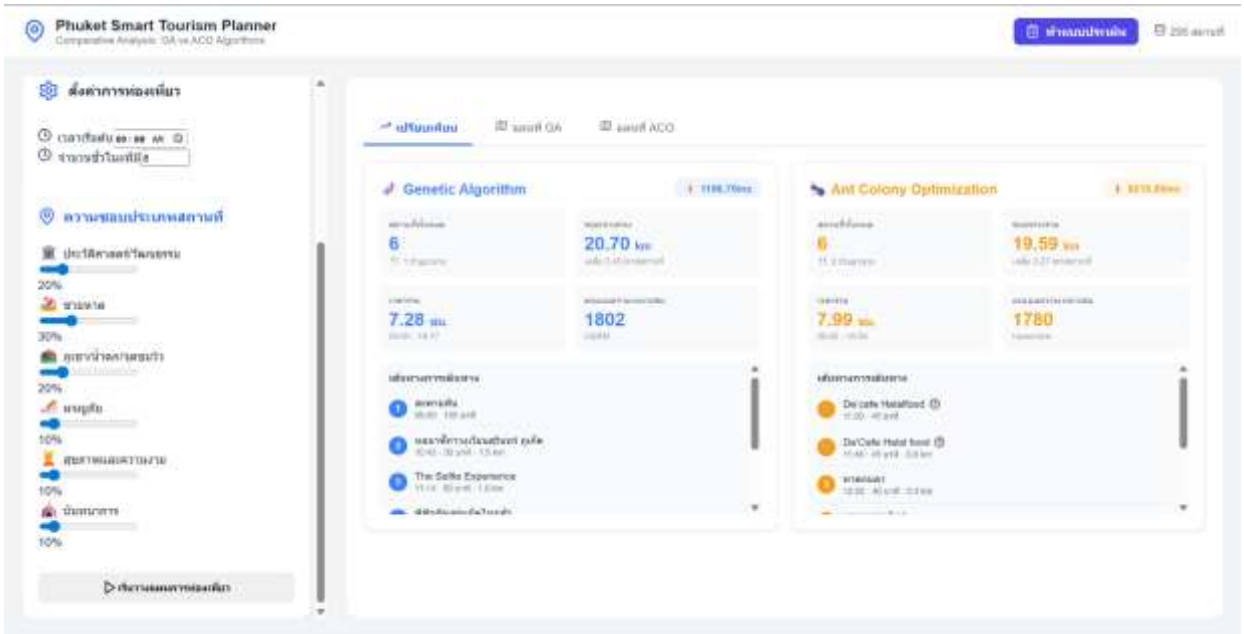
ส่วนติดต่อผู้ใช้ของระบบถูกออกแบบให้ผู้ใช้สามารถกำหนดเงื่อนไขการท่องเที่ยวได้อย่างสะดวก โดยผู้ใช้สามารถกำหนดปัจจัยนำเข้าที่เป็นข้อจำกัดเชิงเวลาและคุณลักษณะการท่องเที่ยว ได้แก่ เวลาเริ่มต้นเดินทาง และระยะเวลาการท่องเที่ยวรวม (ชั่วโมง) รวมทั้งผู้ใช้สามารถกำหนดค่าสัดส่วนประเภทการท่องเที่ยวที่สนใจในรูปแบบแถบเลื่อน (Slider) ซึ่งค่าสัดส่วนนี้จะทำไปใช้ในการสร้างประชากรโครโมโซมเริ่มต้น (ดังอธิบายในหัวข้อการพัฒนาระบบ) ตัวอย่างหน้าจอแสดงดังภาพที่ 2

เมื่อระบบดำเนินการประมวลผลด้วยอัลกอริทึม GA และ ACO เรียบร้อยแล้ว ระบบจะแสดงข้อมูลสรุปผลลัพธ์ในลักษณะการเปรียบเทียบเชิงสถิติ (Statistical Comparison) ข้อมูลที่แสดงประกอบด้วย จำนวนสถานที่ท่องเที่ยวในเส้นทาง ระยะทางรวม (กิโลเมตร) ระยะเวลาที่ใช้จริง และคะแนนความเหมาะสมของเส้นทาง (Fitness Score) เพื่อช่วยในการตัดสินใจและประเมินประสิทธิภาพของคำตอบที่ได้จากแต่ละอัลกอริทึม ดังแสดงในภาพที่ 3

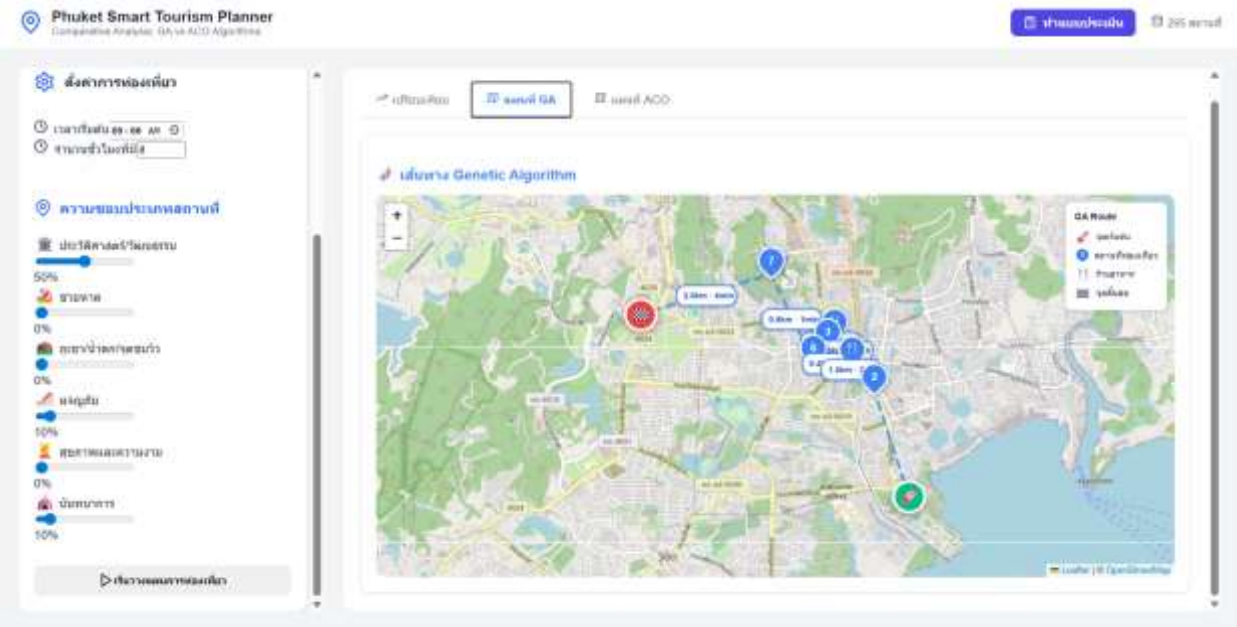
นอกจากนั้นระบบยังประยุกต์ใช้เทคโนโลยีแผนที่เชิงโต้ตอบ (Interactive Map) เพื่อแสดงทัศนภาพของเส้นทางท่องเที่ยวจริงบนโครงข่ายถนน โดยมีการระบุตำแหน่งของสถานที่ท่องเที่ยว (Attractions) ร้านอาหารฮาลาล (Halal Restaurants) และมัสยิด พร้อมทั้งแสดงลำดับการเดินทางและทิศทางอย่างชัดเจน เพื่อให้ผู้ใช้งานเห็นภาพรวมของแผนการเดินทางในเชิงพื้นที่ ดังแสดงในภาพที่ 4 และ 5



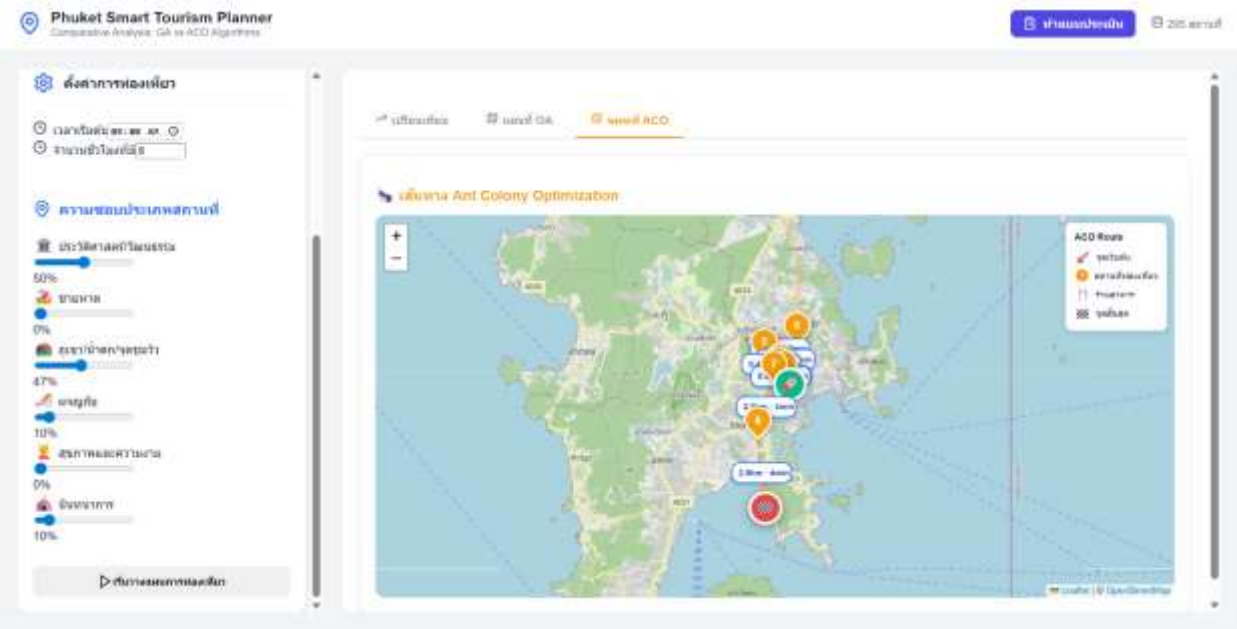
ภาพที่ 2 หน้าจอส่วนติดต่อผู้ใช้งาน



ภาพที่ 3 หน้าจอส่วนสรุปผลการประมวลผล



ภาพที่ 4 หน้าจอแสดงผลในรูปแบบแผนที่เชิงโต้ตอบของ GA



ภาพที่ 5 หน้าจอแสดงผลในรูปแบบแผนที่เชิงโต้ตอบของ AOC

3. การทดสอบระบบ

เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบและสะท้อนการใช้งานในสถานการณ์จริง ผู้วิจัยจะดำเนินการทดลองใช้งานระบบกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน โดยเริ่มจากการสาธิตและให้กลุ่มตัวอย่างทดลองใช้ระบบวางแผนเส้นทางท่องเที่ยวภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด เช่น เวลาเริ่มต้นทริป และความสนใจของผู้ใช้ในประเภทธรรมชาติ วัฒนธรรม

หรือกิจกรรม หลังจากได้รับเส้นทางท่องเที่ยวที่ระบบสร้างขึ้น ทั้งในรูปแบบสรุปข้อมูลเวลา–ระยะทางและแผนที่เส้นทางเชิงโต้ตอบ กลุ่มตัวอย่างจะทำการประเมินและตอบแบบสอบถามผ่าน Google Form เพื่อสะท้อนความพึงพอใจในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ความเหมาะสมของเส้นทาง ความสมเหตุสมผลของลำดับจุดหมายปลายทาง ความสอดคล้องกับข้อกำหนดด้านฮาลาล และความสามารถของระบบในการรองรับเงื่อนไขที่ผู้ใช้กำหนด ซึ่งข้อมูลที่ได้ถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อสรุปผลเชิงประสิทธิภาพของระบบที่พัฒนาขึ้น ผลการประเมินถูกอธิบายไว้ในหัวข้อถัดไป

ผลการวิจัย

การประเมินประสิทธิภาพของระบบวางแผนเส้นทางท่องเที่ยวฮาลาลดำเนินการกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 120 คน ซึ่งเป็นผู้ที่เคยเดินทางท่องเที่ยวจังหวัดภูเก็ตทั้งหมดและส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุ 20–29 ปี และ 30–39 ปี รวมถึงมีประสบการณ์การท่องเที่ยวเฉลี่ยปีละ 1–5 ครั้ง การประเมินใช้มาตราส่วนวัดระดับความคิดเห็นแบบ *Rating Scale* 5 ระดับ ได้แก่ 1 = น้อยที่สุด, 2 = น้อย, 3 = ปานกลาง, 4 = มาก และ 5 = มากที่สุด เพื่อให้สามารถแปลผลคะแนนเชิงสถิติได้อย่างเป็นมาตรฐาน

ผลการประเมินในภาพรวมชี้ให้เห็นว่า ระบบที่พัฒนาด้วยอัลกอริทึม *Genetic Algorithm (GA)* ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า *Ant Colony Optimization (ACO)* ในหลายด้าน โดยตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าระบบ *GA* มีค่าเฉลี่ยคะแนนการประเมินอยู่ในระดับ มากถึงมากที่สุด ในทุกประเด็น เช่น ความเหมาะสมของเส้นทาง (*Mean* = 4.46, *S.D.* = 0.65) ความสมเหตุสมผลของลำดับการเดินทาง (*Mean* = 4.39, *S.D.* = 0.68) และการใช้เวลาเดินทางอย่างมีประสิทธิภาพ (*Mean* = 4.42, *S.D.* = 0.72) อีกทั้งยังได้คะแนนดีในประเด็นเกี่ยวกับการสอดคล้องต่อเวลาเปิด–ปิดสถานที่ (*Mean* = 4.65, *S.D.* = 0.48) และการจัดร้านอาหารในช่วงเวลาที่เหมาะสม (*Mean* = 4.54, *S.D.* = 0.52) ในขณะที่ระบบ *ACO* แม้จะให้ผลการประเมินอยู่ในระดับมากในบางรายการ เช่น ความเหมาะสมของเส้นทาง (*Mean* = 3.84, *S.D.* = 0.88) และประสิทธิภาพการใช้เวลาเดินทาง (*Mean* = 4.26, *S.D.* = 0.75) แต่ในหลายประเด็นกลับอยู่ในระดับเพียง ปานกลาง โดยเฉพาะข้อกำหนดด้านเวลาเปิด–ปิดสถานที่ (*Mean* = 3.42, *S.D.* = 1.05) และการจัดร้านอาหารในช่วงเวลาที่เหมาะสม (*Mean* = 3.36, *S.D.* = 1.10)ศัพท์เทคนิคที่แปลเป็นภาษาไทยให้แสดงศัพท์เป็นภาษาอังกฤษที่เป็น technical term ไว้ในวงเล็บเมื่อใช้ครั้งแรก จากนั้นไม่ต้องแสดงศัพท์ภาษาอังกฤษนั้นซ้ำอีก

ตารางที่ 2 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบ

รายการประเมิน	ระบบ	ค่าเฉลี่ย (Mean)	S.D.	ระดับความคิดเห็น
1. เส้นทางที่ได้มีความเหมาะสม	GA	4.46	0.65	มาก
	ACO	3.84	0.88	มาก
1. ลำดับการเดินทางมีความสมเหตุสมผล	GA	4.39	0.68	มาก
	ACO	3.68	0.92	มาก
2. การใช้เวลาในการเดินทางมีประสิทธิภาพ	GA	4.42	0.72	มาก
	ACO	4.26	0.75	มาก
3. ความสอดคล้องกับเวลาเปิด–ปิดสถานที่	GA	4.65	0.48	มากที่สุด
	ACO	3.42	1.05	ปานกลาง
4. การจัดร้านอาหารในช่วงเวลาที่เหมาะสม	GA	4.54	0.52	มากที่สุด
	ACO	3.36	1.10	ปานกลาง
5. ความพึงพอใจโดยรวมต่อระบบ	GA	4.66	0.50	มากที่สุด
	ACO	3.76	0.95	มาก

ตารางที่ *3* สรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพโดยรวม ซึ่งพบว่าระบบ GA มีค่าเฉลี่ยความคิดเห็นสูงสุดที่ระดับ มากที่สุด (Mean = 4.56, S.D. = 0.58) ในขณะที่ระบบ ACO มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ระดับ มาก (Mean = 3.63, S.D. = 0.98) สรุปได้ว่าอัลกอริทึม *GA* มีประสิทธิภาพสูงกว่าและสามารถตอบสนองต่อข้อจำกัดด้านเวลา ระยะทาง ความสนใจเฉพาะบุคคล และเงื่อนไขด้านฮาลาลได้อย่างเหมาะสมมากกว่าระบบ ACO

ตารางที่ 3 สรุปผลการเปรียบเทียบระบบในภาพรวม

ระบบที่ทดสอบ	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับความคิดเห็น
1. Genetic Algorithm	4.56	0.58	มากที่สุด
2. Ant Colony Optimization	3.63	0.98	มาก

วิจารณ์ผล

จากผลการประเมินกลุ่มตัวอย่าง 120 คน พบว่าอัลกอริทึม Genetic Algorithm (GA) ให้ประสิทธิภาพดีกว่า Ant Colony Optimization (ACO) อย่างชัดเจนในหลายด้าน ทั้งความเหมาะสมของเส้นทาง ความสมเหตุสมผลในการจัดลำดับการเดินทาง และการใช้เวลาได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดย GA ได้คะแนนเฉลี่ยในระดับ มากถึงมากที่สุด (Mean = 4.56) ขณะที่ ACO อยู่ในระดับ มาก (Mean = 3.63)

GA มีจุดเด่นในการรองรับข้อจำกัดเชิงเวลาและเงื่อนไขด้านฮาลาล เช่น เวลาเปิด–ปิดสถานที่และการจัดช่วงเวลาร้านอาหาร ซึ่งเป็นบริบทสำคัญของการท่องเที่ยวฮาลาล ในขณะที่ ACO แม้มีความสามารถด้านการจัดลำดับเส้นทางเชิงระยะทาง แต่ยังมีข้อจำกัดในการตอบสนองเกณฑ์เชิงบริบทและเงื่อนไขหลายมิติ โดยสรุป GA มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานจริงมากกว่า เนื่องจากสามารถสร้างเส้นทางที่สอดคล้องกับสถานการณ์ท่องเที่ยวจริงและความต้องการของผู้ใช้ได้ดีกว่า ACO

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ยังมีข้อจำกัดบางประการ เนื่องจากขอบเขตการวางแผนเส้นทางยังจำกัดอยู่ที่ระยะเวลา 1 วัน และเป็นการประเมินผลจากมุมมองความพึงพอใจของผู้ใช้งานเป็นหลัก โดยยังไม่ได้มีการวัดผลเชิงเปรียบเทียบในด้านเวลาที่ใช้ในการประมวลผล (Computational Time) หรือความสามารถในการขยายขนาดเมื่อจำนวนสถานที่ท่องเที่ยวเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นงานวิจัยในอนาคตควรพิจารณาการทดสอบในสถานการณ์ที่หลากหลายมากขึ้น เช่น การวางแผนแบบหลายวัน หรือการเปรียบเทียบกับอัลกอริทึมเมตาฮิวริสติกอื่นๆ เพื่อยืนยันความสามารถของโมเดลให้ครอบคลุมการใช้งานจริงมากยิ่งขึ้น

สรุปผล

งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาระบบวางแผนเส้นทางท่องเที่ยวฮาลาลสำหรับจังหวัดภูเก็ต โดยประยุกต์ใช้อัลกอริทึมเมตาฮิวริสติก 2 วิธี ได้แก่ Genetic Algorithm (GA) และ Ant Colony Optimization (ACO) ภายใต้ข้อจำกัดที่สอดคล้องกับสภาพการท่องเที่ยวจริง เช่น เวลาเปิด–ปิดสถานที่ ระยะเวลาเดินทาง ความสนใจของผู้ใช้ และเงื่อนไขด้านฮาลาล โดยระบบดึงข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยวจำนวน 250 แห่ง และคำนวณเวลา–ระยะทางผ่าน OSRM ผลการทดลองกับผู้ใช้งานจำนวน 120 คน พบว่า GA ให้ประสิทธิภาพเหนือกว่า ACO อย่างชัดเจน ทั้งในด้านความเหมาะสมของเส้นทาง ความสมเหตุสมผลของลำดับสถานที่ การจัดการเวลา และความสอดคล้องกับเงื่อนไขฮาลาล โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด ขณะที่ ACO ให้ผลในระดับมากแต่ลดลงเมื่อมีเงื่อนไขเชิงเวลาและข้อจำกัดด้านศาสนา นอกจากนี้ผู้ใช้ส่วนใหญ่แสดงความพึงพอใจและเลือกใช้งานระบบที่อิงกับ GA มากกว่า สะท้อนให้เห็นว่าระบบสามารถแก้ปัญหาความซับซ้อนของการวางแผนท่องเที่ยวฮาลาลได้จริง และมีศักยภาพในการนำไปพัฒนาต่อยอดสู่ระบบแนะนำเส้นทางอัจฉริยะหรือขยายสู่พื้นที่ท่องเที่ยวอื่นของประเทศไทย

ในอนาคต แม้ยังมีข้อจำกัดด้านขอบเขตเวลาในแผนทริปรายวัน แต่ผลลัพธ์โดยรวมแสดงถึงความเหมาะสมและความพร้อมของระบบต่อการใช้งานจริงในบริบทการท่องเที่ยวปัจจุบัน

เอกสารอ้างอิง

สุวิมล คำแสน, อธิวัฒน์ บุญมี และอัมภิกา บุญมี. (2561). การวางแผนเส้นทางการเยี่ยมชมจุดท่องเที่ยวภายใต้เงื่อนไขด้านกรอบเวลาโดยประยุกต์ใช้วิธีเชิงพันธุกรรม: กรณีศึกษาเมืองจำลอง จังหวัดชลบุรี. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, *26*(3), 473–486.

Isoda, S., Hidaka, M., Matsuda, Y., Suwa, H., & Yasumoto, K. (2020). Personalized tourist itinerary planning based on user preferences and constraints using evolutionary computation. *Journal of Information Processing*, *28*, 764–775. https://doi.org/10.2197/ipsjjip.28.764

Liang, S., Jiao, T., Du, W., & Qu, S. (2021). *An improved ant colony optimization algorithm based on context for tourism route planning*. PLOS ONE, 16(9), e0257317. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0257317

Marsili Libelli, S., & Alba, E. (2000). Adaptive mutation in genetic algorithms for optimization problems. Applied Soft Computing, 1(2), 97–111. https://doi.org/10.1016/S1568-4946(00)00005-5

Pacurar, C. M., Albu, R.-G., & Pacurar, V.-D. (2021). Tourist route optimization using evolutionary computation techniques. *Applied Sciences*, *11*(14), 6504. https://doi.org/10.3390/app11146504

Song, C. (2025). Multi-destination tourism itinerary optimization via multi-objective ant colony algorithm. *Informatica*, *49*(3), 275–292. https://doi.org/10.31449/inf.v49i33.8416

ระบบวัดอุณหภูมิและความชื้นของดินสำหรับปลูกกวางตุ้งในโรงเรือน

Soil temperature measurement system for growing Chinese kale

[1,2]สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ[3] อาจารย์ศุภชัย คนเที่ยง, คณะวิทยาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม 156 หมู่ที่ 5 ถนน เลี่ยงเมืองพิษณุโลก พลายชุมพล อำเภอเมืองพิษณุโลก พิษณุโลก 65000
[1,2]Information Technology field [3]Professor Supachai Konthieng, Faculty of Science and Technology
Pibulsongkram Rajabhat University 156 Village No. 5, Phitsanulok Bypass Road, Phlai Chumphon, Mueang
Phitsanulok District, Phitsanulok 65000
Corresponding author E-mail: Chaiyaphon.k@psru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนา ระบบวัดและควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของดินด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง สำหรับการปลูกกวางตุ้งในโรงเรือน เพื่อช่วยให้การจัดการน้ำเป็นไปอย่างเหมาะสมและลดความผิดพลาดในการดูแลพืช ระบบที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นของดินเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผลข้อมูล และส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไปแสดงผลแบบเรียลไทม์บนสมาร์ตโฟนผ่านแอปพลิเคชัน Blynk การดำเนินงานวิจัยกำหนดช่วงอุณหภูมิของดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกกวางตุ้งไว้ที่ 20–25 องศาเซลเซียส และช่วงความชื้นของดินที่เหมาะสมไว้ที่ 60–80 เปอร์เซ็นต์ โดยระบบจะใช้ค่าที่วัดได้เป็นเงื่อนไขในการควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำ เมื่ออุณหภูมิของดินอยู่ที่ 20 องศาเซลเซียส และความชื้นของดินอยู่ที่ 60% ระบบจะสั่งให้ปั๊มน้ำทำงานเพื่อลดน้ำให้ดิน และเมื่ออุณหภูมิของดินอยู่ที่ 25 องศาเซลเซียส และความชื้นของดินอยู่ที่ 80% ระบบจะสั่งให้ปั๊มน้ำหยุดทำงานเพื่อป้องกันการให้น้ำมากเกินไป งานวิจัยนี้คาดว่าจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการน้ำในการปลูกกวางตุ้งในโรงเรือน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับระบบเกษตรอัจฉริยะในอนาคต

คำสำคัญ : ระบบวัดอุณหภูมิและความชื้นของดิน,ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของพืช,การติดตามข้อมูลแบบเรียลไทม์ , การควบคุมสภาพแวดล้อมเพื่อการเพาะปลูก,ระบบเกษตรอัจฉริยะ

Abstract

This research aims to develop a soil temperature and moisture monitoring and control system using Internet of Things (IoT) technology for growing Chinese kale in a greenhouse, in order to support proper water management and reduce errors in crop care. The developed system consists of soil temperature and moisture sensors connected to a microcontroller for data processing. The measured data are transmitted via the internet and displayed in real time on a smartphone through the Blynk application In this study, the appropriate soil temperature

range for Chinese kale cultivation is defined as 20–25 degrees Celsius, while the suitable soil moisture range is 60–80 percent. The measured values are used as conditions to control the operation of a water pump. When the soil temperature is 20 degrees Celsius and the soil moisture is 60%, the system activates the water pump to reduce water in the soil. Conversely, when the soil temperature reaches 25 degrees Celsius and the soil moisture reaches 80%, the system stops the water pump to prevent excessive irrigation. This research is expected to improve water management efficiency in greenhouse Chinese kale cultivation and can be further applied to smart agriculture systems in the future.

Keywords : Soil temperature and cooling control system, normal temperature, partial data, control feature control, smart agriculture system

บทนำ

กวางตุ้งเป็นพืชผักที่ได้รับความนิยมในการเพาะปลูกและบริโภคอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นพืชที่มีระยะเวลาในการเจริญเติบโตสั้นและสามารถสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตาม การปลูกกวางตุ้งให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพจำเป็นต้องอาศัยการควบคุมปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะอุณหภูมิและความชื้นของดิน ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการงอก การเจริญเติบโต และคุณภาพของผลผลิต หากอุณหภูมิและความชื้นของดินไม่อยู่ในระดับที่เหมาะสม อาจส่งผลให้พืชเจริญเติบโตไม่สมบูรณ์ เกิดความเสียหายต่อผลผลิต และลดประสิทธิภาพในการเพาะปลูก แม้ว่าการปลูกกวางตุ้งในโรงเรือนจะช่วยลดผลกระทบจากสภาพอากาศภายนอกและเอื้อต่อการควบคุมสภาพแวดล้อมได้ดียิ่งขึ้น แต่ในทางปฏิบัติ ผู้ปลูกส่วนใหญ่มักอาศัยการสังเกตหรือประสบการณ์ส่วนบุคคลในการจัดการน้ำและดูแลดิน ซึ่งอาจก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนและไม่สามารถตรวจสอบอุณหภูมิและความชื้นของดินได้อย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้การจัดการแปลงปลูกขาดความแม่นยำและประสิทธิภาพได้ จากปัญหาดังกล่าว คณะผู้จัดทำจึงมีแนวคิดในการพัฒนา ระบบวัดอุณหภูมิและความชื้นของดินสำหรับปลูกกวางตุ้งในโรงเรือน เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการตรวจสอบและติดตามสภาพของดินอย่างเป็นระบบ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบที่สามารถวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นของดินได้อย่างถูกต้องและต่อเนื่อง เพื่อศึกษาระดับอุณหภูมิและความชื้นของดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกวางตุ้ง และเพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงการดูแลและจัดการการเพาะปลูกให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น อาจจะส่งผลให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับพืชชนิดอื่นได้อีกด้วย

วิธีการดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยใช้ระบบวัดอุณหภูมิและความชื่นของดินสำหรับปลูกกวางตุ้ง โดยมีวิธีการดำเนินวิจัย ดังนี้

1.รวบรวมข้อมูล

ศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการปลูกผักกวางตุ้ง ปัจจัยด้านอุณหภูมิและความชื้นของดิน รวมถึงแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบตรวจวัดด้วยเซนเซอร์และเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

2.ออกแบบและพัฒนา

ออกแบบโครงสร้างของระบบวัดอุณหภูมิและความชื้นของดิน กำหนดการทำงานของอุปกรณ์ การประมวลผลข้อมูล และการแสดงผลข้อมูลผ่านแอปพลิเคชัน Blynk

3.จัดเตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือในการทำวิจัย

จัดเตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบมีดังนี้

3.1 ซอฟท์แวร์ระบบ (System Software)

3.1.1 ระบบปฏิบัติการวินโดว์ (Windows System)

3.2 ซอฟต์แวร์สำหรับพัฒนาระบบ (Development Software)

3.2.1 โปรแกรม Arduino IDE ใช้สำหรับเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของ บอร์ด Arduino ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์หลักในระบบ

3.2.2 ภาษาซีพลัสพลัส (C++) เป็นภาษาที ใช้สำหรับการพัฒนาระบบ ในการประมวลผลในการทำงาน การกำหนดเงื่อนไขการทำงาน และ การรับข้อมูลจากเซนเซอร์

3.2.3 แอปพลิเคชัน Blynk ใช้สำหรับแสดงผลผ่านหน้าจอมือถือ

3.3 ขอบเขตด้านเครื่องมือ

3.3.1 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ

3.3.2 เซนเซอร์วัดความชื้น

3.3.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ esp8266

3.3.4 โมดูลรีเลย์

3.3.5 ปั๊มน้ำขนาดเล็ก

3.3.6 สมาร์ตโฟนที่มีแอปพิเคชัน blynk

3.3.7 กล่องกันน้ำสำหรับบอร์ดควบคุม

4.แล้วทำการประกอบและติดตั้งการทำงานของระบบ

ดำเนินการประกอบอุปกรณ์ตามแบบที่ออกแบบไว้ พร้อมทั้งติดตั้งระบบในพื้นที่ทดลองปลูกผักกวางตุ้ง เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด

5.เก็บข้อมูลและการวิเคราะห์

เก็บข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นของดินจากระบบที่พัฒนาขึ้น เพื่อนำมาวิเคราะห์ความถูกต้องและความเหมาะสมของข้อมูลที่ได้จากระบบ

6.จากนั้นทดสอบระบบอุณหภูมิและความชื้นของดินที่จะแสดงข้อมูลผ่านแอปพลิเคชัน blynk

ทดสอบการๆทำงานของระบบวัดอุณหภูมิและความชื้นของดิน รวมถึงการแสดงผลข้อมูลผ่านแอปพลิเคชัน Blynk ทั้งนี้ งานวิจัยดังกล่าวยังอยู่ระหว่างการดำเนินการและมีการปรับปรุง พัฒนา และสรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัย

ระบบวัดอุณหภูมิและความชื้นของดินสำหรับการปลูกผักกวางตุ้งในโรงเรือน มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและทดสอบระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมของดินและแสดงผลข้อมูลผ่านแอปพลิเคชัน *Blynk* ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

ผลการพัฒนาระบบพบว่า ระบบวัดอุณหภูมิและความชื้นของดินสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด โดยระบบสามารถตรวจวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นของดิน และส่งข้อมูลไปแสดงผลผ่านแอปพลิเคชัน *Blynk* ได้อย่างพอเหมาะ ผู้ใช้งานสามารถติดตามข้อมูลได้แบบเรียลไทม์ ส่งผลให้การรับรู้สภาพแวดล้อมของดินมีความสะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น

จากการทดสอบการทำงานของระบบในสภาพแวดล้อมการปลูกผักกวางตุ้ง พบว่าระบบมีความเสถียรเล็กน้อยในการทำงานในช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ และข้อมูลที่ได้จากระบบมีแนวโน้มสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมจริงในแปลงปลูก ทั้งนี้ การเปลี่ยนแปลงของค่าอุณหภูมิและความชื้นของดินสามารถสะท้อนให้เห็นถึงสภาพการปลูก ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์ต่อการวางแผนและการจัดการแปลงปลูก

อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยในระยะนี้ยังเป็นผลการทดสอบเบื้องต้น เนื่องจากงานวิจัยยังอยู่ระหว่างการพัฒนา ผู้วิจัยจะดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในระยะเวลาที่เหมาะสมมากยิ่งขึ้น และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เชิงลึกเพิ่มเติม เพื่อประเมินประสิทธิภาพ ความถูกต้อง และความเหมาะสมของระบบวัดอุณหภูมิและความชื้นของดินสำหรับการปลูกผักกวางตุ้งในโรงเรือนให้ดีที่สุด

วิจารณ์ผล

จากผลการวิจัยพบว่า ระบบวัดอุณหภูมิและความชื้นของดินสำหรับปลูกกวางตุ้งในโรงเรือนที่พัฒนาขึ้นสามารถตรวจวัดและแสดงผลค่าอุณหภูมิและความชื้นของดินได้อย่างต่อเนื่องและมีความเสถียร โดยสามารถแสดงผลผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนแบบเรียลไทม์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของผู้วิจัยหลายรายที่ศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ในงานด้านการเกษตรอัจฉริยะพบว่าการใช้เซนเซอร์ร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ช่วยเพิ่มความแม่นยำในการติดตามสภาพแวดล้อมของพืชและลดการพึ่งพาการตรวจสอบด้วยแรงงานมนุษย์

นอกจากนี้ ค่าความชื้นของดินและอุณหภูมิที่ได้จากระบบอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกวางตุ้ง ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาที่ระบุว่าการควบคุมสภาพแวดล้อมของดินในโรงเรือนมีผลโดยตรงต่อคุณภาพและผลผลิตของพืชผักใบ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่การแสดงผลและการติดตามข้อมูลเป็นหลักยัง

ไม่ได้เชื่อมโยงข้อมูลกับระบบควบคุมอัตโนมัติ เช่น ระบบให้น้ำหรือระบบระบายอากาศ ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยบางชิ้นที่พัฒนาไปสู่ระบบควบคุมแบบอัตโนมัติเต็มรูปแบบและระบบยังตังพัฒนาต่อไป

สรุปผล

การวิจัยเรื่องระบบวัดอุณหภูมิและความชื้นของดินสำหรับปลูกกวางตุ้งในโรงเรือน มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบที่สามารถตรวจวัดสภาพแวดล้อมของดินและแสดงผลข้อมูลผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัล จากการดำเนินงานในระยะพัฒนาและการทดสอบเบื้องต้น พบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์หลักที่กำหนดไว้ กล่าวคือ สามารถรับค่าจากเซนเซอร์อุณหภูมิและความชื้นของดิน และแสดงผลข้อมูลในรูปแบบที่ผู้ใช้งานสามารถติดตามได้แล้วนอกจากนี้ การพัฒนาระบบดังกล่าวช่วยแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไมโครคอนโทรลเลอร์และแนวคิดของอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในงานด้านการเกษตร โดยสามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการติดตามสภาพดินในโรงเรือนได้ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากโครงงานยังอยู่ในขั้นตอนการพัฒนา ผลที่ได้จึงเป็นเพียงผลการทดสอบเบื้องต้น ซึ่งยังไม่สามารถสรุปถึงประสิทธิภาพและความแม่นยำของระบบในระยะยาวได้และระบบที่พัฒนาขึ้นมีแนวโน้มที่จะสามารถนำไปใช้งานจริงได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ แต่ยังจำเป็นต้องมีการปรับปรุงและทดสอบเพิ่มเติม เพื่อให้ได้ผลการวิจัยที่สมบูรณ์และสอดคล้องกับการใช้งานในสภาพแวดล้อมจริงมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ศุภชัย คนเที่ยง หัวหน้าสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ และอาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ความรู้ ข้อเสนอแนะ และการดูแลเอาใจใส่อย่างดียิ่งตลอดระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย ตั้งแต่การวางแผน การดำเนินโครงงาน ตลอดจนการปรับปรุงแก้ไขผลงานให้มีความถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นและขอขอบพระคุณคณะอาจารย์สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ อันเป็นพื้นฐานสำคัญในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ รวมถึงเพื่อน ๆ และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ สนับสนุน แล้วให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

คุณค่าและประโยชน์ที่ได้รับจากโครงงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาและสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาและต่อยอดงานวิจัยในอนาคตได้

เอกสารอ้างอิง

สมชาย ชคตระการ และ อัญชลี จาละ. (2015). การเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกวางตุ้งดอกบนวัสดุปลูกที่เติมปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน ดิน. *Thai Journal of Science and Technology*, *4*(3), 236-243.

มงคลณลำพูน, ศุภชัยจัน ทสาร, และ มงคลเทพ หนุนพงษ์. (2024). การพัฒนาแอพพลิเคชันระบบควบคุมการให้น้ำต้นไม้ด้วยอุปกรณ์ IOT กรณี ศึกษาสวนบัญญัติพันธ์ไม้: The Development of an IOT-Based Plant

Watering Control Application A Case Study of Bunyat Plant Garden. *วารสาร แอนิเมชัน เกม ดิจิทัล มีเดีย และ เทคโนโลยี*, 70-83.

กรมวิชาการเกษตร (2562) การปลูกกวางตุ้ง กรมส่งเสริมการเกษตร แหล่งที่มา: https://www.doa.go.th/hort/wp-content/uploads/2019/11/%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%9B%E0%B8%A5%E0%B8%B9%E0%B8%81%E0%B8%81%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%87%E0%B8%95%E0%B8%B8%E0%B9%89%E0%B8%87.pdf

กรมส่งเสริมการเกษตร(2567) หากพืชได้รับน้ำมากหรือน้อยเกินไป จะเกิดผลเสียอย่างไร กรมส่งเสริมการเกษตร แหล่งที่มา: https://www.doae.go.th/answers/%E0%B8%AB%E0%B8%B2%E0%B8%81%E0%B8%9E%E0%B8%B7%E0%B8%8A%E0%B9%84%E0%B8%94%E0%B9%89%E0%B8%A3%E0%B8%B1%E0%B8%9A%E0%B8%99%E0%B9%89%E0%B8%B3%E0%B8%A1%E0%B8%B2%E0%B8%81%E0%B8%AB%E0%B8%A3%E0%B8%B7%E0%B8%AD/

การประยุกต์ใช้แอปพลิเคชันไลน์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการนัดหมายและแจ้งเตือนทางการแพทย์

Applying LINE Application to Enhance Medical Appointment and Notification Efficiency

กฤษณ มีดี[1] สมัชญ์ เทพประมวล[1] ธงรบ อักษร[1*]และ กชวรรณ นงค์แย้ม[2]

Kritsana Meedee[1] Samat Theppramual[2] Thongrob Auxsorn[3*] and Kotchawan Nongyam[4]

[1]สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

[1]Department of Information Technology, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University

[2]หน่วยห้องส่องกล้องระบบทางเดินอาหาร ฝ่ายการพยาบาล โรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่

[2]Gastrointestinal Endoscopy Unit, Nursing Division, Maharaj Nakorn Chiang Mai Hospital

***Corresponding author E-mail:** auxsorn@psru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพของระบบนัดหมายและแจ้งเตือนการเข้ารับการบริการทางการแพทย์ผ่านแอปพลิเคชันไลน์ เพื่อแก้ปัญหาการลืมนัดหมายของผู้รับบริการ ระบบที่พัฒนาขึ้นประยุกต์ใช้เทคโนโลยี LINE Messaging API เชื่อมต่อกับ Google Apps Script และฐานข้อมูล Google Sheets เพื่อส่งข้อความแจ้งเตือนอัตโนมัติไปยังผู้รับบริการล่วงหน้าวิธีดำเนินการวิจัยประกอบด้วยการวิเคราะห์ความต้องการ การพัฒนาระบบ และการทดสอบการใช้งานจริงกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน แบ่งเป็นผู้รับบริการ 15 คน และเจ้าหน้าที่ 5 คน เครื่องมือที่ใช้ในการประเก็บรวบรวมข้อมูลคือแบบสอบถามความพึงพอใจ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า ระบบแจ้งเตือนที่พัฒนาขึ้นมีความถูกต้องแม่นยำและสามารถส่งข้อความแจ้งเตือนได้ตามเวลาที่กำหนด ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อประสิทธิภาพของระบบในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือความถูกต้องแม่นยำของข้อมูลการนัดหมายและการช่วยลดปัญหาการลืมนัดหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่ผู้ใช้คุ้นเคยอย่างแอปพลิเคชันไลน์สามารถช่วยเพิ่มศักยภาพในการบริการทางการแพทย์ด้วยต้นทุนที่ต่ำและเข้าถึงกลุ่มเป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การนัดหมาย, การแจ้งเตือน, แอปพลิเคชันไลน์, การแพทย์

Abstract

This research aims to develop and evaluate the efficiency of a medical appointment and notification system via the LINE application to address the issue of missed appointments. The developed system integrates LINE Messaging API with Google Apps Script and Google Sheets as a database to deliver automated pre-appointment notifications to users. The research methodology consists of requirement analysis, system development, and field testing with a sample size of 20 participants, comprising 15 service recipients and 5 staff members. A satisfaction questionnaire was employed as the data collection tool. Data were analyzed using mean and standard deviation. The results indicated that the developed notification system was highly accurate and capable of delivering alerts according to the predefined schedule. Overall, users expressed the highest level of satisfaction with the system's efficiency. The highest mean scores were attributed to the accuracy of appointment information and the system's effectiveness in reducing missed appointments. This study demonstrates that applying familiar technology like the LINE application can significantly enhance medical service potential with low operational costs and high accessibility for target groups.

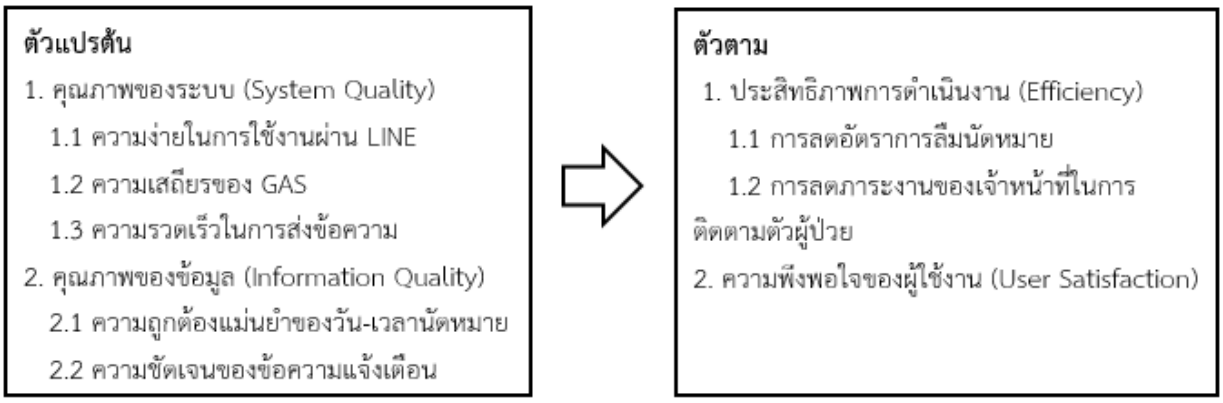
Keywords: Appointment, Notification, LINE application, Medical

บทนำ

ในระบบการให้บริการสาธารณสุขในปัจจุบัน การนัดหมายเพื่อเข้ารับการรักษาพยาบาลอย่างต่อเนื่องถือเป็นหัวใจสำคัญในการติดตามอาการและเพิ่มประสิทธิภาพในการรักษา อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่มักพบในโรงพยาบาลและหน่วยบริการสาธารณสุขในชุมชน คืออัตราการผิดนัดหมายของผู้รับบริการที่อยู่ในเกณฑ์สูง ซึ่งมีสาเหตุหลักมาจากการลืมนัดหมาย หรือความคลาดเคลื่อนในการจดจำวันเวลาที่แน่นอน ส่งผลกระทบโดยตรงต่อความต่อเนื่องในการรักษา ทำให้การบริหารจัดการทรัพยากรบุคคลและระยะเวลารอคอยของสถานพยาบาลไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร

แม้ในปัจจุบันจะมีเทคโนโลยีที่ช่วยในการแจ้งเตือน เช่น การใช้ระบบข้อความสั้น (SMS) หรือการโทรศัพท์แจ้งเตือนโดยเจ้าหน้าที่ แต่แนวทางดังกล่าวยังมีข้อจำกัดด้านค่าใช้จ่ายที่สูงและการสื่อสารที่เป็นแบบทางเดียว ไม่สามารถโต้ตอบหรือยืนยันการนัดหมายได้โดยสะดวก นอกจากนี้ ระบบสารสนเทศของโรงพยาบาลที่มีฟังก์ชันการนัดหมายมักมีความซับซ้อนและมีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาสูง ซึ่งการใช้งานไม่สอดคล้องกับบริบทของหน่วยบริการ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องหาเครื่องมือที่เข้าถึงง่าย ต้นทุนต่ำ และเป็นส่วนหนึ่งในชีวิตประจำวันของผู้รับบริการอย่างแอปพลิเคชันไลน์ (LINE Application) มาประยุกต์ใช้เพื่อปิดช่องว่างนี้

จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นถึงความสำคัญในการนำเทคโนโลยี LINE Messaging API มาพัฒนาเป็นระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติ โดยมีวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัย 1) เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบนัดหมายและแจ้งเตือนการเข้ารับการรักษาพยาบาลผ่านแอปพลิเคชันไลน์ ให้มีความสะดวกและรวดเร็ว 2) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบในการช่วยลดปัญหาการลืมนัดหมายของผู้รับบริการในโรงพยาบาลและหน่วยบริการสาธารณสุขในชุมชน 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานทั้งเจ้าหน้าที่และผู้รับบริการต่อการนำแอปพลิเคชันไลน์มาประยุกต์ใช้ในงานบริการทางการแพทย์



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

จากวัตถุประสงค์ของการวิจัย ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดการวิจัยเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านการพัฒนาระบบนัดหมายและแจ้งเตือนทางการแพทย์ผ่านแอปพลิเคชันไลน์กับผลลัพธ์เชิงประสิทธิภาพ โดยมุ่งเน้นว่าคุณภาพของระบบ (**System Quality)** และคุณภาพของข้อมูลนัดหมาย (**Information Quality)** ที่ส่งผ่านเทคโนโลยี **LINE Messaging API** จะเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการนัดหมาย และนำไปสู่ระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานในระดับที่สูงขึ้น ตามรูปแบบจำลองการประเมินความสำเร็จของระบบสารสนเทศ

วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC) โดยแบ่งขั้นตอนการดำเนินงานออกเป็น 4 ส่วนหลัก ดังนี้

1. การวิเคราะห์ความต้องการ (Requirement Analysis) ผู้วิจัยทำการรวบรวมข้อมูลความต้องการจากเจ้าหน้าที่สถานพยาบาลและผู้รับบริการ เพื่อกำหนดขอบเขตฟังก์ชันการทำงานของระบบ ซึ่งประกอบด้วย

1.1 การบันทึกข้อมูลการนัดหมายลงในฐานข้อมูล

1.2 การแจ้งเตือนอัตโนมัติล่วงหน้าก่อนถึงวันนัด

1.3 การส่งข้อความยืนยันการนัดหมายผ่านแอปพลิเคชันไลน์แบบทันที

2. การออกแบบและโครงสร้างระบบ (System Architecture Design) ระบบถูกออกแบบให้ทำงานบนสถาปัตยกรรมแบบ Cloud-based โดยใช้เครื่องมือหลัก 3 ส่วน ได้แก่

2.1 ฐานข้อมูล (Database) ใช้ Google Sheets ในการจัดเก็บข้อมูลการนัดหมาย ได้แก่ ชื่อ-นามสกุล วันเวลา เบอร์โทรศัพท์ และรหัสผู้ใช้ LINE ID

2.2 มิดเดิลแวร์ (Middleware) ใช้ Google Apps Script (GAS) ร่วมกับ LINE Messaging API เป็นตัวประมวลผลหลัก เชื่อมต่อข้อมูลและส่งข้อมูล

2.3 ส่วนติดต่อผู้ใช้ (Interface) ใช้แอปพลิเคชันไลน์ในการรับ-ส่งข้อความแจ้งเตือน

3.การพัฒนาระบบ (System Development) ในส่วนนี้เป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีตามวัตถุประสงค์ของวิจัย มีขั้นตอนทางเทคนิคที่สำคัญดังนี้

3.1 ตั้งค่า LINE Messaging API โดยสร้าง Channel ใน LINE Developers Console เพื่อรับค่า Channel Access Token และ Channel Secret สำหรับการยืนยันตัวตนในการส่งข้อมูล

3.2 เขียนโปรแกรมด้วย Google Apps Script (GAS) โดยใช้ฟังก์ชัน doPost(e) เพื่อรับสัญญาณ Webhook จาก แอปพลิเคชันไลน์ เมื่อมีการโต้ตอบจากผู้ใช้

3.2.1 เขียนคำสั่งจัดการข้อมูล (Data Manipulation) เพื่ออ่านค่าจาก Google Sheets และตรวจสอบเงื่อนไขวันนัดหมาย

3.2.2 ใช้บริการ UrlFetchApp ใน GAS เพื่อส่งคำขอแบบ HTTP Post ไปยัง LINE API Endpoint เพื่อส่งข้อความในรูปแบบ Push Message หรือ Flex Message ให้กับกลุ่มเป้าหมายตามที่ระบุไว้ในฐานข้อมูล

3.3 การทำงานอัตโนมัติ (Trigger) ตั้งค่าเวลาในฟังก์ชัน Time-driven Trigger ใน GAS ให้ตรวจสอบฐานข้อมูลทุกวันในเวลาที่กำหนด เพื่อส่งข้อความแจ้งเตือนล่วงหน้า 1 วันก่อนถึงวันนัดหมาย

4. การทดสอบและประเมินผล (Testing and Evaluation) ผู้วิจัยได้นำระบบที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้งานจริง (Pilot Test) กับกลุ่มตัวอย่างซึ่งประกอบด้วย

4.1 กลุ่มผู้ใช้ ประกอบด้วย ผู้ใช้บริการจำนวน 15 คน และเจ้าหน้าที่จำนวน 5 คน

4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน แบบสอบถามความพึงพอใจซึ่งเป็นมาตรวัดแบบประมาณค่า (Likert Scale) 5 ระดับ สถิติที่ใช้ ค่าเฉลี่ย ({x) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เพื่อวัดประสิทธิภาพของระบบในด้านความถูกต้องของการแจ้งเตือนและความสะดวกในการใช้งาน

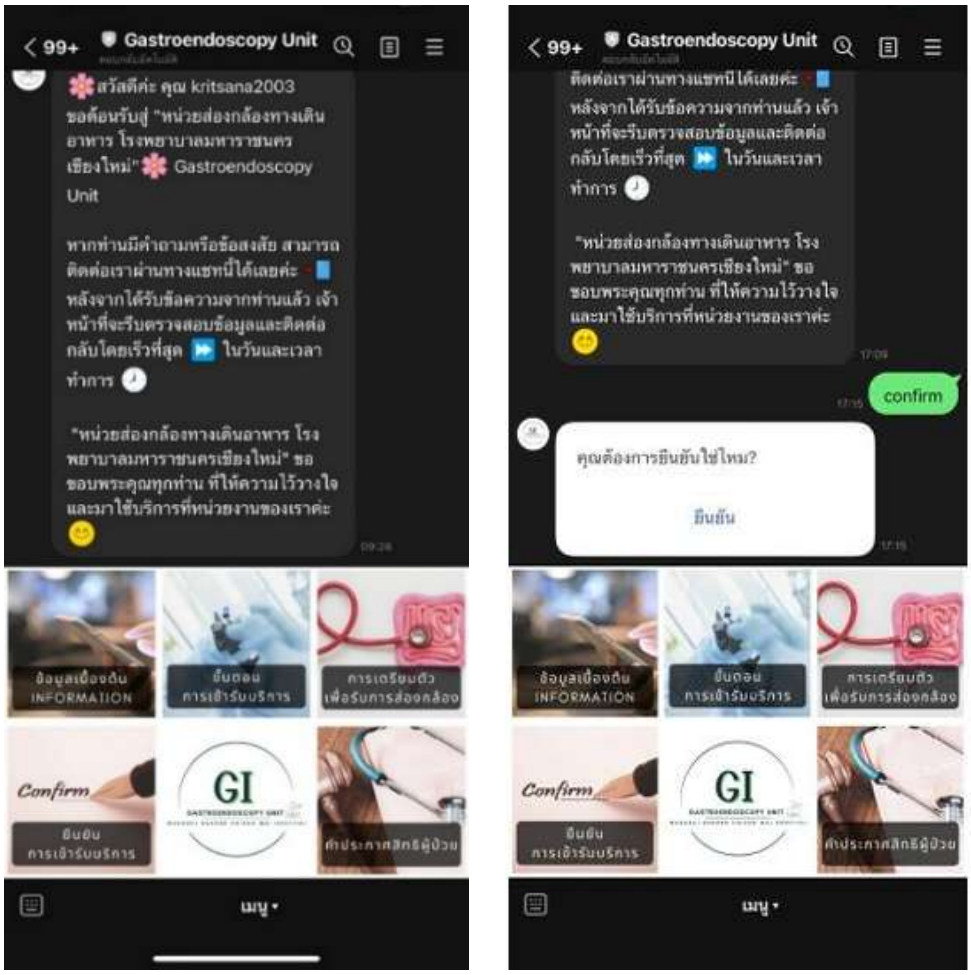
ผลการวิจัย

ผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ผลการพัฒนาระบบการนัดหมายและแจ้งเตือนบนแอปพลิเคชันไลน์ และการประเมินผลการพัฒนาระบบการนัดหมายและแจ้งเตือน

1. ผลการพัฒนาระบบการนัดหมายและแจ้งเตือนบนแอปพลิเคชันไลน์

1.1 ส่วนของผู้ใช้บริการ

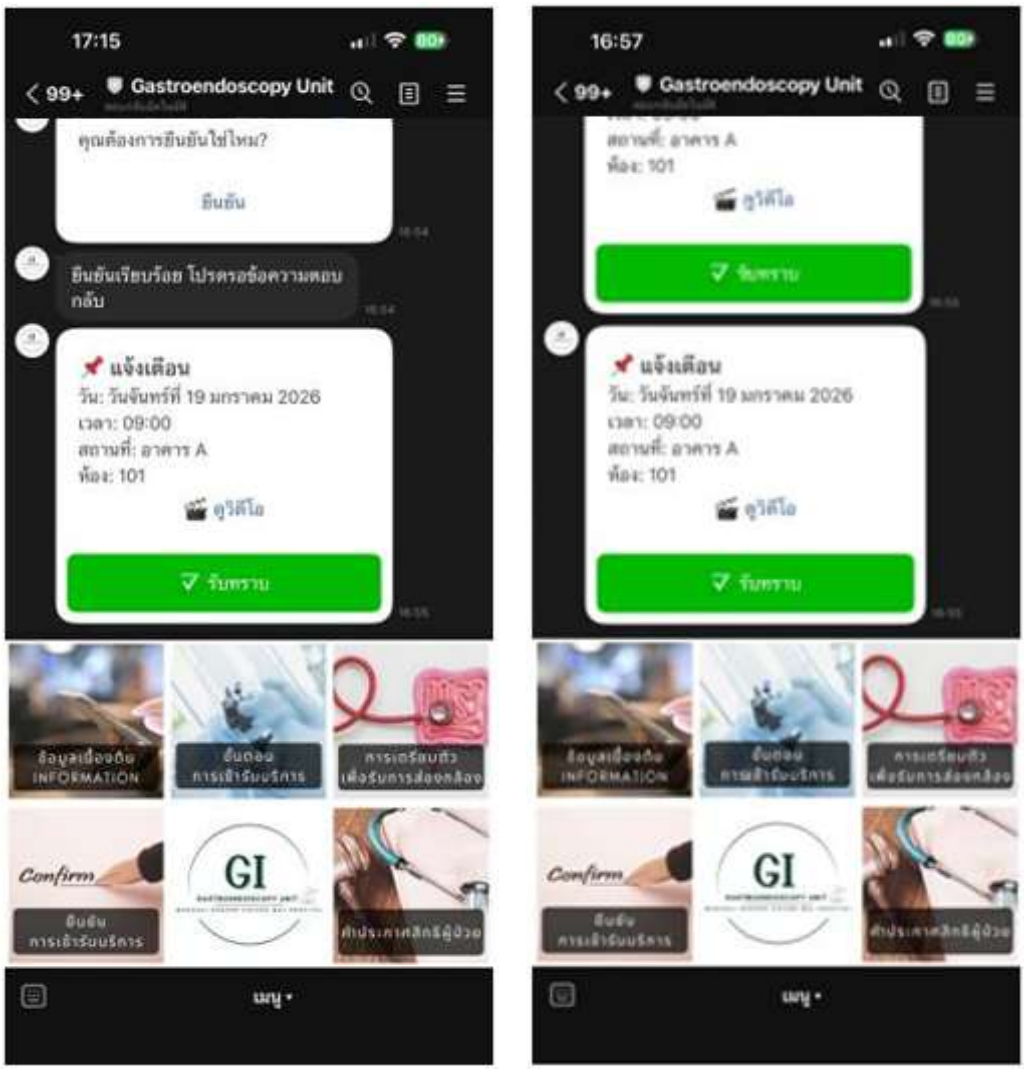
ในส่วนผู้ใช้บริการเปิดแอปพลิเคชันไลน์ สแกนคิวอาร์โคดเพื่อเพิ่มแอดไลน์การนัดหมายออนไลน์ผ่านสมาร์ตโฟน เมื่อผู้ใช้บริการเป็นสมาชิกในกลุ่มไลน์แล้ว จะเข้าสู่หน้าหลักของระบบนัดหมาย ดังภาพที่ 2(A) หน้าหลักนี้จะมีข้อมูลต่าง ๆ เช่น ข้อมูลเบื้องต้น ขั้นตอนการเข้ารับบริการ การเตรียมตัวเพื่อรับบริการ ยืนยันการเข้ารับบริการ และคำประกาศสิทธิของผู้ป่วย โดยหากต้องการนัดหมายให้ผู้ใช้งานกดที่ “ยืนยันการเข้ารับบริการ” ระบบแสดงข้อมูลการสร้างคำขอการนัดหมาย “คุณต้องการยืนยันใช่ไหม?” หากผู้ใช้บริการกดยืนยันระบบจะดำเนินการส่งคำขอการนัดหมายไปให้เจ้าหน้าที่เพื่อกดรับคำขอการนัดหมาย ดังภาพที่ 2(B)



(A) (B)

ภาพที่ 2 (A) หน้าหลักของระบบนัดหมาย (B) หน้าแสดงการขอนัดหมาย

เมื่อเจ้าหน้าที่กดรับคำขอการนัดหมาย ระบบแสดงข้อมูล ”ยืนยันเรียบร้อย โปรดรอข้อความตอบรับกลับ” เมื่อเจ้าหน้าที่กำหนดข้อมูลการนัดหมายใน Google Sheets เรียบร้อยแล้ว ระบบจะส่งข้อมูลการนัดหมายประกอบด้วย วัน เดือน ปี เวลา สถานที่ และห้องตรวจ พร้อมทั้ง วิดีโอการปฏิบัติตัวเบื้องต้นก่อนเข้ารับบริการ ดังภาพที่ 3(A) เมื่อใกล้ถึงวัน เดือน ปี และเวลา ที่นัดหมายเพื่อเข้ารับบริการ ระบบจะทำการส่งข้อมูลการแจ้งเตือนไปยังไลน์ของผู้ใช้บริการที่ประกอบไปด้วย วัน เดือน ปี เวลา สถานที่ และห้องตรวจ พร้อมทั้ง วิดีโอการปฏิบัติตัวเบื้องต้นก่อนเข้ารับบริการ เพื่อเป็นการเตือนให้ผู้ใช้บริการทราบถึงกำหนดการนัดหมาย เมื่อผู้ผู้ใช้บริการเห็นข้อมูลการแจ้งเตือนจะทำการกด “รับทราบ” เพื่อยืนยันการเข้ารับบริการตามวัน เดือน ปี และเวลา ที่นัดหมายต่อไป ดังภาพที่ 3(B) หากไม่กดระบบจะส่งข้อมูลการแจ้งเตือนซ้ำอีก 3 ครั้ง หลังจากนั้นถ้าหากผู้ใช้บริการไม่มีการกด “รับทราบ” จะเป็นการยกเลิกการนัดหมายเพื่อเข้ารับบริการ



(A) (B)

ภาพที่ 3 (A) หน้ายืนยันการนัดหมาย (B) หน้าการแจ้งเตือนก่อนวันนัดหมาย

1.2 ส่วนเจ้าหน้าที่

ในส่วนของเจ้าหน้าที่จะเป็นผู้บันทึกข้อมูลของผู้ใช้บริการ การยืนยันตัวตน การกำหนดวัน เดือน ปี เวลา สถานที่ และห้องตรวจ ในไฟล์ข้อมูล Google Sheets ดังภาพที่ 4 ในไฟล์ข้อมูลนี้จะบันทึกข้อมูลการรับทราบข้อมูลแจ้งเตือน โดยเมื่อผู้ใช้บริการมีการกดรับทราบการแจ้งเตือน จะถูกเขียนข้อมูล “yes” และหากว่าผู้ใช้บริการไม่กดรับทราบจะถูกเขียนข้อมูล “no” ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะเป็นข้อมูลที่ใช้ในการตัดสินใจของเจ้าหน้าที่ว่าจะมีการยกเลิกการนัดหมายเพื่อเข้ารับบริการหรือเข้ารับบริการตามวัน เดือน ปี เวลา สถานที่ และห้องตรวจที่นัดหมายไว้

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	userId	status	day	time	place	room	video	reminder1	reminder2	notified1	notified2
2	Uba433df54ea0	ยืนยันแล้ว	2026-01-19	9:00	อาคาร A	101	https://www.yout	2025/10/02, 16:56:00		yes	yes
3											
4	Ue9234abf12c8	รอยืนยัน	2026-01-19	10:30	อาคาร A	102	https://www.yout	3/10/2025 9:15:00		yes	no
5											
6	Ufa123bbd89aa	ยืนยันแล้ว	2026-01-20	9:00	อาคาร B	201	https://www.yout	2025/10/03, 13:40:00		yes	yes
7											
8	Ubc8899aa4455	ยืนยันแล้ว	2026-01-20	13:00	อาคาร B	202	https://www.yout	2025/10/04, 8:55:00		yes	yes
9											
10	Udd1122334455	รอยืนยัน	2026-01-21	8:30	อาคาร A	103	https://www.yout	2025/10/04, 14:20:00		yes	no
11											
12	Uee9988776655	ยืนยันแล้ว	2026-01-21	10:00	อาคาร A	104	https://www.yout	2025/10/05, 9:10:00		yes	yes
13											
14	Uff77665544332	ยืนยันแล้ว	2026-01-22	9:00	อาคาร C	301	https://www.yout	2025/10/05, 15:45:00		yes	yes
15											
16	Uaa1122bb3344	รอยืนยัน	2026-01-22	11:00	อาคาร C	302	https://www.yout	2025/10/06, 10:30:00		yes	no
17											
18	Ucc3344556677	ยืนยันแล้ว	2026-01-23	9:30	อาคาร B	203	https://www.yout	2025/10/06, 16:05:00		yes	yes
19											
20	Ubb9988aa7766	ยืนยันแล้ว	2026-01-23	13:30	อาคาร A	105	https://www.yout	2025/10/07, 11:00:00		yes	yes

ภาพที่ 4 หน้าการจัดการข้อมูลการนัดหมาย

2. ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

พบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อระบบโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.42$, S.D. = 0.55) โดยรายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือความเหมาะสมของการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้เป็นอย่างดี ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ

รายการประเมิน	**ค่าเฉลี่ย** $(\bar{X})$	**ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)**	**ระดับความพึงพอใจ**
1. ความสะดวกในการใช้งานระบบ	4.47	0.52	มาก
2. ความชัดเจนของข้อมูลการนัดหมาย	4.53	0.51	มากที่สุด
3. ความเหมาะสมของการแจ้งเตือนผ่านไลน์	4.60	0.49	มากที่สุด
4. ความรวดเร็วในการรับข้อมูลแจ้งเตือน	4.40	0.63	มาก
5. ความพึงพอใจโดยรวมต่อระบบ	4.42	0.55	มาก

จากตารางที่ 2 พบว่าระบบสามารถลดอัตราการลืมนัดหมายได้อย่างมีนัยสำคัญ เจ้าหน้าที่ระบุว่ากระบวนการแจ้งเตือนอัตโนมัติช่วยลดภาระงานในการโทรศัพท์ติดตามผู้ป่วย และผู้รับบริการสามารถเข้าถึงข้อมูลการนัดหมายได้ตลอดเวลาผ่านทางหน้าจอแอปพลิเคชันไลน์ ทำให้ความคลาดเคลื่อนของวันนัดหมายลดลงในกลุ่มทดลอง

ตารางที่ 2 ผลการประเมินการใช้งานระบบนัดหมายผ่านแอปพลิเคชันไลน์

ประเด็นการประเมิน	**ผลการประเมิน**
การรับแจ้งเตือนวันนัดหมายล่วงหน้า	ผู้ใช้งานสามารถรับแจ้งเตือนได้ครบถ้วนตามวันและเวลาที่กำหนด
การลดปัญหาการลืมนัดหมาย	ผู้ใช้งานส่วนใหญ่ระบุว่าระบบช่วยลดการลืมนัดได้
ความสะดวกในการใช้งาน	ระบบใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน
ความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานจริง	ระบบมีความเหมาะสมสำหรับโรงพยาบาลขนาดเล็กและหน่วยบริการในชุมชน

วิจารณ์ผล

จากผลการวิจัยพบว่า ระบบมีระดับความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.42) แสดงให้เห็นว่าการนำแอปพลิเคชันไลน์มาประยุกต์ใช้ในการแจ้งเตือนนัดหมายสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้เป็นอย่างดี ซึ่งผลดังกล่าวสอดคล้องกับงานของ พัชรี และคณะ (2023) ที่รายงานว่าระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติช่วยเพิ่มความสะดวกและลดความผิดพลาดในการบริหารจัดการคิวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับงานของ สมฤทัย และ นงเยาว์ (2022) ซึ่งมีการศึกษากับกลุ่มตัวอย่างจำนวนมากกว่า 50 คน จะเห็นได้ว่าการมีขนาดกลุ่มตัวอย่างที่มากขึ้นช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการศึกษา ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงอาจยังสะท้อนผลเฉพาะบริบทของหน่วยบริการที่ศึกษา และควรมีการขยายกลุ่มตัวอย่างในอนาคตเพื่อยืนยันผลในวงกว้างมากขึ้น

นอกจากนี้ แม้ผลการทดลองใช้งานจะสะท้อนว่าระบบช่วยลดปัญหาการลืมนัดหมายในกลุ่มทดลองได้ แต่การวิจัยครั้งนี้ยังไม่ได้มีการเก็บข้อมูลเชิงเปรียบเทียบอัตราการผิดนัดก่อนและหลังการใช้ระบบอย่างชัดเจน ดังนั้น ในการศึกษาครั้งต่อไปควรออกแบบการทดลองในลักษณะก่อน–หลัง (Pretest–Posttest) หรือแบบกึ่งทดลอง เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงประจักษ์ที่สามารถอธิบายผลลัพธ์ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

สรุปผล

จากการดำเนินงานวิจัย การออกแบบและพัฒนาระบบนัดหมายและแจ้งเตือนการเข้ารับบริการทางการแพทย์ผ่านแอปพลิเคชันไลน์ ผลการทดสอบระบบและผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ ผู้วิจัยมีประเด็นที่น่าสนใจดังนี้

1. ประสิทธิภาพของการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ผลการวิจัยที่ความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก สอดคล้องกับพฤติกรรมผู้บริโภคในปัจจุบันที่ใช้แอปพลิเคชันไลน์เป็นเครื่องมือสื่อสารหลัก การนำเทคโนโลยีที่ผู้ใช้คุ้นเคยมาประยุกต์ใช้ทำให้เส้นทางการเรียนรู้ (Learning Curve) ต่ำ ส่งผลให้ผู้รับบริการเข้าถึงระบบได้ง่ายกว่าการติดตั้งแอปพลิเคชันใหม่

2. ความแม่นยำและการลดภาระงานด้วยระบบอัตโนมัติ การใช้ Google Apps Script ร่วมกับ LINE API เพื่อดึงข้อมูลจาก Google Sheets ช่วยลดข้อผิดพลาดที่เกิดจากมนุษย์ (Human Error) ในการแจ้งเตือน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พงศธร (2022) ที่พบว่าระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการคิวและการนัดหมายได้ดีกว่าระบบแมนนวล

3. ต้นทุนต่ำและความคุ้มค่า (Cost-Effectiveness): ระบบที่พัฒนาขึ้นไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเช่าเซิร์ฟเวอร์หรือค่าธรรมเนียม SMS เนื่องจากใช้ทรัพยากรฟรีจาก Google และแอปพลิเคชันไลน์แบบจำกัดปริมาณ ซึ่งเป็นคำตอบที่เหมาะสมสำหรับหน่วยงานขนาดเล็กที่มีงบประมาณจำกัด

4. เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างมีจำนวน 15 คน ในการวิจัยขั้นต่อไปควรเพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่างและขยายระยะเวลาในการเก็บข้อมูลเพื่อดูความคงทนของการใช้งานระบบในระยะยาว

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้บริหาร เจ้าหน้าที่ และผู้รับบริการของหน่วยบริการที่ให้ความร่วมมือในการทดลองใช้งานระบบนัดหมายและแจ้งเตือนการเข้ารับการรักษาพยาบาลผ่านแอปพลิเคชันไลน์ รวมถึงให้ข้อมูลและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินการวิจัย นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณหลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามอาจารย์ และผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่ให้คำแนะนำ และสนับสนุนการดำเนินงานวิจัยจนสำเร็จเรียบร้อย

เอกสารอ้างอิง

ปิยธิดา ศรีพล, พรสวรรค์ ชัยมีแรง และ พันธวุธ จันทรมงคล. (2025). การพัฒนาแอปพลิเคชันจองคิวคลินิกทันตกรรม. The Journal of Spatial Innovation Development, 6(2), 53-65.

พงศธร ยอดทองคำ. (2022). แผนธุรกิจแอปพลิเคชันจัดการการจองคิวและค้นหาข้อมูลคลินิกศัลยกรรมและความงาม (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยกรุงเทพ). http://dspace.bu.ac.th/bitstream /123456789/5294 /1/phongsathorn_yodt.pdf

พัชรี ศรีพุทธา, อภิชาติ เหล็กดี และ อตินันต์ แท่นทอง. (2023). การพัฒนาระบบบริหารจัดการคลินิกทันตกรรมและการแจ้งเตือนนัดหมายอัตโนมัติ. วารสารวิชาการการจัดการเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, 10(2), 17-31.

รสนันท์ ยอดสกุล, สุดา เธียรมนตรี, อรยา ปรีชาพานิช, สุวิมล จุงจิตร์ และ นิชากรณ์ พันธ์คง. (2025). การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันการจัดการรับฝากรถยนต์และแจ้งเตือนผ่านไลน์. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ, 19(1), 1-8.

รัตนสุดา สุภดนัยสร, จิรวัฒน์ กลับสุข, ลิตา แหวนแก้ว และ ธีรถวัลย์ ปานกลาง. (2023). การพัฒนาระบบแจ้งเตือนสิ่งกีดขวางและขอความช่วยเหลือสำหรับผู้พิการทางสายตาผ่านแอปพลิเคชันไลน์. วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี, 13(2), 83-96.

สมฤทัย บุญยอ และ นงเยาว์ สอนจะโปะ. (2022). การพัฒนาระบบการจองคิวรักษาสัตว์เลี้ยงออนไลน์ และแจ้งเตือนผ่านไลน์โรงพยาบาลสัตว์เมืองเอก (พัทยา). วารสารนวัตกรรมวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน, 4(2), 66-79.

อัจฉราภรณ์ จุฑาผาด และ สุติมา ฮามคำไพ. (2023). การ พัฒนาระบบจองคิวผู้ป่วยนอกออนไลน์ กรณีศึกษาศูนย์บริการสาธารณสุขเทศบาลเมืองร้อยเอ็ด จังหวัดร้อยเอ็ด. วารสารการบริหารนิติบุคคลและนวัตกรรมท้องถิ่น, 9(6), 311-321.

ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์กับคุณภาพความสัมพันธ์ทางสังคมในชีวิตจริงของนักศึกษาระดับปริญญาตรี

The Relationship between Social Media Use Behaviors and the Quality of Real-Life Social Relationships among Undergraduate Students

กัญญาวีร์ เพชรแก้ว[1] พุธิตา ชาติแดง[2] ณัฐภัทร เอ่งฉ้วน[3] นอรีนี ตะหวา[4] และหยดฟ้า ราชมณี[5*]

Kanyavee Phetkaew[1], Putita Chatdaeng[2], Nattapat Angchoun[3] Norreenee Tawa[4] and Yodfah Ratmanee[5]

[1,2,3,4,5] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช 80280

[1,2,3,4,5] Faculty of Science and Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, Nakhon Si Thammarat 80280

*Corresponding author E-mail: yhodpha_rat@nstru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี เพื่อศึกษาระดับคุณภาพความสัมพันธ์ทางสังคมในชีวิตจริงของนักศึกษาระดับปริญญาตรี และเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์กับคุณภาพความสัมพันธ์ทางสังคมในชีวิตจริง กลุ่มตัวอย่างคือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1–4 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช จำนวน 273 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติเชิงอนุมานโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน

ผลการวิจัยพบว่า พฤติกรรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์ของนักศึกษาโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.09, S.D. = 0.62) โดยด้านความถี่และระยะเวลาในการใช้งานมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ($\overline{X}$ = 4.22, S.D. = 0.63) รองลงมาคือด้านวัตถุประสงค์ในการใช้ ($\overline{X}$ = 4.08, S.D. = 0.65) และด้านรูปแบบการใช้งานและการมีปฏิสัมพันธ์ ($\overline{X}$ = 3.97, S.D. = 0.66) สำหรับคุณภาพความสัมพันธ์ทางสังคมในชีวิตจริง พบว่าโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 3.76, S.D. = 0.66) โดยด้านความไว้วางใจมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ($\overline{X}$ = 3.85, S.D. = 0.68) รองลงมาคือด้านความใกล้ชิด ($\overline{X}$ = 3.79, S.D. = 0.71) ด้านความพึงพอใจต่อความสัมพันธ์ ($\overline{X}$ = 3.78, S.D. = 0.69) และด้านการสนับสนุนทางสังคม ($\overline{X}$ = 3.69, S.D. = 0.74)

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์พบว่า พฤติกรรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับคุณภาพความสัมพันธ์ทางสังคมในชีวิตจริงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยความสัมพันธ์อยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง (r = .219–.366) ทั้งนี้ รูปแบบการใช้งานและการมีปฏิสัมพันธ์มีความสัมพันธ์กับคุณภาพความสัมพันธ์ทางสังคมในชีวิตจริงสูงกว่าด้านความถี่และระยะเวลาในการใช้งาน (r = .366 และ r = .219 ตามลำดับ)

ผลการวิจัยสรุปได้ว่าการใช้สื่อสังคมออนไลน์ในเชิงปริมาณเพียงอย่างเดียวไม่ใช่ปัจจัยสำคัญที่สุดที่สัมพันธ์กับคุณภาพความสัมพันธ์ทางสังคมในชีวิตจริง หากแต่ลักษณะการใช้งานที่เน้นการมีปฏิสัมพันธ์และการสื่อสารกับผู้อื่นมีบทบาทมากกว่า

คำสำคัญ : พฤติกรรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์, คุณภาพความสัมพันธ์ทางสังคม, นักศึกษาระดับปริญญาตรี

Abstract

This study aimed to examine (1) social media use behaviors among undergraduate students, (2) the level of real-life social relationship quality among undergraduate students, and (3) the relationship between social media use behaviors and real-life social relationship quality. The sample consisted of 273 undergraduate students in years 1–4 from the Faculty of Science and Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University. Data were collected using a questionnaire with a five-point Likert scale. Descriptive statistics, including frequency, percentage, mean, and standard deviation, were used for data analysis, while Pearson's correlation coefficient was employed for inferential analysis. The results revealed that overall social media use behaviors were at a high level ($\overline{X}$ = 4.09, S.D. = 0.62). Among the dimensions, frequency and duration of use showed the highest mean score ($\overline{X}$ = 4.22, S.D. = 0.63), followed by purposes of use ($\overline{X}$ = 4.08, S.D. = 0.65) and patterns of use and interaction ($\overline{X}$ = 3.97, S.D. = 0.66). Regarding real-life social relationship quality, the overall level was also high ($\overline{X}$ = 3.76, S.D. = 0.66). Trust had the highest mean score ($\overline{X}$ = 3.85, S.D. = 0.68), followed by closeness ($\overline{X}$ = 3.79, S.D. = 0.71), satisfaction with relationships ($\overline{X}$ = 3.78, S.D. = 0.69), and social support ($\overline{X}$ = 3.69, S.D. = 0.74). The correlation analysis indicated that social media use behaviors were positively correlated with real-life social relationship quality at a statistically significant level of .01, with correlation coefficients ranging from low to moderate (r = .219–.366). Notably, patterns of use and interaction showed a stronger relationship with real-life social relationship quality (r = .366) than frequency and duration of use (r = .219). In conclusion, the findings suggest that the quantity of social media use alone is not the most important factor associated with real-life social relationship quality. Rather, the manner of use, particularly interactive and communicative use, plays a more significant role.

Keywords : social media use behaviors, social relationship quality, undergraduate students

บทนำ

ในยุคดิจิทัล สื่อสังคมออนไลน์ได้กลายเป็นส่วนสำคัญของกิจกรรมในชีวิตประจำวัน ทั้งในมิติส่วนบุคคลและมิติสังคม โดยเฉพาะในกลุ่มเยาวชนและนักศึกษาระดับอุดมศึกษา ซึ่งใช้แพลตฟอร์มสื่อสังคมออนไลน์เป็นช่องทางหลักในการสื่อสาร การแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสาร ความบันเทิง ตลอดจนการเรียนรู้ ความแพร่หลายของการใช้สื่อสังคมออนไลน์สะท้อนให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการดำรงชีวิตและการปฏิสัมพันธ์ทางสังคมในสังคมร่วมสมัย ข้อมูลรายงานระดับประเทศระบุว่า ณ เดือนมีนาคม พ.ศ. 2568 ประเทศไทยมีการเชื่อมต่อโทรศัพท์มือถือจำนวน 99.5 ล้านครั้ง เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.7 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2567 ขณะที่จำนวนผู้ใช้อินเทอร์เน็ตมีจำนวน 65.4 ล้านคน เพิ่มขึ้นร้อยละ 1.8 และจำนวนผู้ใช้สื่อสังคมออนไลน์มีจำนวน 51.0 ล้านคน เพิ่มขึ้นร้อยละ 3.8 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2567 เมื่อพิจารณาในเชิงสัดส่วนต่อประชากร พบว่าการเชื่อมต่อโทรศัพท์มือถือคิดเป็นร้อยละ 139 ผู้ใช้อินเทอร์เน็ตคิดเป็นร้อยละ 91.2 และผู้ใช้สื่อสังคมออนไลน์คิดเป็นร้อยละ 71.1 ของประชากรทั้งหมดของประเทศ (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2568) นอกจากนี้พฤติกรรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์ของประชากรไทยยังสะท้อนให้เห็นถึงความเข้มข้นของการใช้งาน โดยมีเวลาเฉลี่ยในการใช้สื่อสังคมออนไลน์ต่อวันเท่ากับ 2 ชั่วโมง 32 นาที และมีจำนวนแพลตฟอร์มสื่อสังคมออนไลน์ที่ใช้งานเฉลี่ยต่อเดือนถึง 7.1 แพลตฟอร์ม ขณะเดียวกันสัดส่วนผู้ใช้สื่อสังคมออนไลน์ในประชากรอายุ 18 ปีขึ้นไปมีมากถึง ร้อยละ 86.6 และมีสัดส่วนการใช้งานระหว่างเพศหญิงและเพศชายที่ใกล้เคียงกัน โดยเพศหญิงคิดเป็นร้อยละ 50.8 และเพศชายคิดเป็นร้อยละ 49.2 ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงการเข้าถึงสื่อสังคมออนไลน์อย่างทั่วถึงและค่อนข้างเท่าเทียมในทุกกลุ่มประชากร (ปรีดี นุกุลสมปรารถนา, 2568) อัตราการเติบโตของผู้ใช้สื่อสังคมออนไลน์ที่สูงกว่าการเติบโตของผู้ใช้อินเทอร์เน็ตโดยรวม บ่งชี้ว่าสื่อสังคมออนไลน์มิได้เป็นเพียงเครื่องมือในการเข้าถึงข้อมูลข่าวสารเท่านั้น แต่ได้กลายเป็นองค์ประกอบสำคัญของชีวิตดิจิทัลของคนไทย โดยเฉพาะในกลุ่มนักศึกษาซึ่งมีแนวโน้มใช้สื่อสังคมออนไลน์อย่างต่อเนื่องและหลากหลายวัตถุประสงค์ทั้งด้านการสื่อสารทางสังคม การเรียนรู้ และการสร้างความสัมพันธ์ ส่งผลให้บทบาทของสื่อสังคมออนไลน์ต่อรูปแบบและคุณภาพของความสัมพันธ์ทางสังคมในชีวิตจริงเป็นประเด็นที่ควรได้รับการศึกษาอย่างเป็นระบบ

ในบริบทของนักศึกษากลุ่มเจเนอเรชัน Z (Gen Z อายุระหว่าง 16–26 ปี) งานวิจัยและรายงานเชิงพื้นที่ชี้ให้เห็นว่านักศึกษามหาวิทยาลัยมีแนวโน้มใช้สื่อสังคมออนไลน์เป็นเวลามากกว่าสามชั่วโมงต่อวัน (จุฑามาศ ฉัตรสุริยาวงศ์, 2564) โดยเฉพาะแพลตฟอร์มสื่อสังคมออนไลน์ที่เน้นการนำเสนอ เนื้อหาวิดีโอสั้น (short-form video content) ซึ่งมีอัตราการเติบโตและได้รับความนิยมอย่างรวดเร็ว ในปี พ.ศ. 2568 พบว่าแพลตฟอร์มสื่อสังคมออนไลน์ที่ได้รับความนิยมสูงสุดในกลุ่ม Gen Z ได้แก่ Instagram เป็นอันดับหนึ่ง รองลงมาคือ YouTube Facebook TikTok และ Snapchat ตามลำดับ ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงพฤติกรรมการเสพสื่อที่ให้ความสำคัญกับเนื้อหาที่เข้าถึงง่าย กระชับ และตอบสนองต่อความต้องการด้านการสื่อสารและการแสดงตัวตนของกลุ่มวัยดังกล่าวนอกจากนี้รายงานเจาะเทรนด์โลก 2025 โดยศูนย์สร้างสรรค์งานออกแบบ (สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจสร้างสรรค์, 2567) ระบุว่า กลุ่ม Gen Z เป็นกลุ่มประชากรที่มีความเข้าใจและสามารถใช้เทคโนโลยีดิจิทัลและปัญญาประดิษฐ์ (Digital และ AI) เพื่อสร้างประโยชน์ให้กับตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีแนวโน้มเลือกใช้งานออนไลน์เฉพาะเมื่อมีความจำเป็น และยินดีใช้ทรัพยากรหรือค่าใช้จ่ายกับเทคโนโลยีด้าน Generative AI เช่น ChatGPT เพื่อสนับสนุน

การเรียนรู้ การทำงาน และการดำรงชีวิตประจำวัน แนวโน้มดังกล่าวสะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงบทบาทของผู้ใช้สื่อจากผู้รับสารไปสู่ผู้ใช้เทคโนโลยีอย่างมีวิจารณญาณ จากบริบทดังกล่าวคาดการณ์ได้ว่าในอนาคตอันใกล้ กลุ่ม Gen Z จะมีบทบาทสำคัญในฐานะ “ผู้ปั้นเทรนด์ในโลกดิจิทัล” ซึ่งไม่เพียงแต่กำหนดทิศทางการใช้สื่อสังคมออนไลน์เท่านั้น แต่ยังส่งอิทธิพลต่อรูปแบบการสื่อสาร การสร้างปฏิสัมพันธ์ และคุณภาพความสัมพันธ์ทางสังคมในชีวิตจริงของคนรุ่นใหม่ การทำความเข้าใจพฤติกรรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์ของนักศึกษากลุ่ม Gen Z จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างโลกดิจิทัลกับความสัมพันธ์ทางสังคมในบริบทการศึกษาระดับอุดมศึกษา เนื่องจากเป็นกลุ่มนักศึกษาที่เติบโตมาพร้อมกับเทคโนโลยีดิจิทัลและสื่อสังคมออนไลน์อย่างเต็มรูปแบบ การใช้สื่อสังคมออนไลน์ของนักศึกษาในกลุ่มนี้มิได้เป็นเพียงกิจกรรมด้านความบันเทิงเท่านั้น แต่ยังเกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ การสื่อสารทางวิชาการ การทำงานกลุ่ม และการสร้างอัตลักษณ์ทางสังคม รูปแบบและพฤติกรรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์ของ Gen Z จึงมีแนวโน้มส่งผลต่อการสร้างและรักษาความสัมพันธ์ทางสังคมในชีวิตจริง ทั้งในมิติของความใกล้ชิด ความไว้วางใจ การสนับสนุนทางสังคม และการมีส่วนร่วมในกิจกรรมของมหาวิทยาลัย ทั้งนี้งานวิจัยในบริบทของสถาบันอุดมศึกษาไทย โดยเฉพาะในระดับคณะหรือสาขาวิชายังมีจำกัดและยังขาดข้อมูลเชิงประจักษ์ที่สะท้อนบริบทเฉพาะของนักศึกษากลุ่มนี้อย่างชัดเจน

ด้วยเหตุผลดังกล่าวงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์ (social media use behaviors) กับคุณภาพความสัมพันธ์ทางสังคมในชีวิตจริง (real-life social relationship quality) ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1–4 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ผลการศึกษาคาดว่าจะให้ข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ช่วยอธิบายว่า ลักษณะการใช้สื่อสังคมออนไลน์รูปแบบใดที่สัมพันธ์กับคุณภาพความสัมพันธ์ทางสังคมในมิติที่เป็นประโยชน์ต่อการปรับตัว การเรียนรู้ และการใช้ชีวิตในรั้วมหาวิทยาลัยของนักศึกษา รวมทั้งสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการส่งเสริมการใช้สื่อสังคมออนไลน์อย่างเหมาะสมและสร้างสรรค์ในบริบทการศึกษาระดับอุดมศึกษา

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) โดยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1–4 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ปีการศึกษา 2568 จำนวนทั้งสิ้น 851 คน กลุ่มตัวอย่างได้จากการคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างตามสูตรของทาโร ยามาเน่ (Taro Yamane) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 273 คน

การสุ่มตัวอย่างดำเนินการโดยใช้วิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้นตามสัดส่วน (Proportionate Stratified Random Sampling) โดยกำหนด ชั้นปีที่ 1–4 เป็นชั้นภูมิ (Strata) และจัดสรรจำนวนกลุ่มตัวอย่างในแต่ละชั้นปีตามสัดส่วนของจำนวนนักศึกษา จากนั้นทำการสุ่มตัวอย่างแบบสุ่มอย่างง่ายภายในแต่ละชั้นปี เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างมีความเป็นตัวแทนของประชากรนักศึกษาอย่างเหมาะสม

ตารางที่ 1 จำนวนประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ระดับชั้นปี	ประชากร	กลุ่มตัวอย่าง
1 (รหัส 68)	280	90
2 (รหัส 67)	243	78
3 (รหัส 66)	170	55
4 (รหัส 65)	158	51
รวม	**851**	**273**

ที่มา: สำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน, 2568

ระยะเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ดำเนินการในช่วงเดือนสิงหาคม–กันยายน พ.ศ. 2568

การพิทักษ์สิทธิ์ของผู้เข้าร่วมการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โดยผู้วิจัยได้ชี้แจงวัตถุประสงค์และขั้นตอนการวิจัยแก่ผู้เข้าร่วมการวิจัยอย่างชัดเจน ผู้เข้าร่วมการวิจัยให้ความยินยอมโดยสมัครใจ มีสิทธิ์ถอนตัวได้ตลอดเวลา ข้อมูลที่ได้รับจะถูกเก็บรักษาเป็นความลับและนำเสนอในภาพรวมเพื่อประโยชน์ทางวิชาการเท่านั้น โดยมีเกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าและออกจากการวิจัย ดังนี้

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าสู่การวิจัย (Inclusion criteria)

นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1–4 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ที่กำลังศึกษาอยู่ในปีการศึกษาที่ทำการวิจัย สามารถอ่านและทำความเข้าใจแบบสอบถามได้ และสมัครใจเข้าร่วมการวิจัย

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัย

นักศึกษาที่ไม่ได้ศึกษาอยู่ในคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี นักศึกษาที่ไม่ได้อยู่ในระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1–4 หรือไม่ยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ คือ แบบสอบถาม (Questionnaire) ซึ่งผู้วิจัยพัฒนาขึ้นจากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยเป็นแบบสอบถามชนิดตอบด้วยตนเอง (Self-administered questionnaire) แบ่งออกเป็น 3 ตอน รวมทั้งสิ้น 45 ข้อ มีรายละเอียดดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 7 ข้อ ได้แก่ เพศ อายุ ชั้นปี ประสบการณ์การใช้สื่อสังคมออนไลน์ เกรดเฉลี่ยสะสม (GPA) เวลาเฉลี่ยในการใช้สื่อสังคมออนไลน์ต่อวัน และแพลตฟอร์มสื่อสังคมออนไลน์ที่ใช้เป็นประจำ ลักษณะคำถามเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Checklist)

ตอนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับพฤติกรรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์ ครอบคลุมประเด็นด้านความถี่และ

ระยะเวลาในการใช้งาน จำนวน 6 ข้อ วัตถุประสงค์ในการใช้สื่อสังคมออนไลน์ จำนวน 7 ข้อ และรูปแบบการใช้งานและการมีปฏิสัมพันธ์ จำนวน 7 ข้อ รวมทั้งหมดจำนวน 20 ข้อ ลักษณะคำถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Likert scale) 5 ระดับ โดยกำหนดคะแนนตั้งแต่ 1 ถึง 5 ตามระดับพฤติกรรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์

ตอนที่ 3 แบบสอบถามเกี่ยวกับคุณภาพความสัมพันธ์ทางสังคมในชีวิตจริง ประกอบด้วยมิติด้านความใกล้ชิด จำนวน 5 ข้อ ความไว้วางใจ จำนวน 5 ข้อ การสนับสนุนทางสังคม จำนวน 5 ข้อ และความพึงพอใจต่อความสัมพันธ์ จำนวน 5 ข้อ รวมทั้งหมดจำนวน 20 ข้อ ลักษณะคำถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Likert scale) 5 ระดับ โดยกำหนดคะแนนตั้งแต่ 1 ถึง 5 ตามระดับคุณภาพความสัมพันธ์ทางสังคมในชีวิตจริงของนักศึกษาตั้งแต่น้อยที่สุดถึงมากที่สุด

เกณฑ์การแปลผลคะแนน

การแปลผลคะแนนของแบบสอบถามใช้เกณฑ์ค่าเฉลี่ยตามแนวคิดของ Likert โดยกำหนดความกว้างของช่วงคะแนนจากสูตร

$$\text{ความกว้างของช่วงคะแนน} = \frac{(\text{คะแนนสูงสุด} - \text{คะแนนต่ำสุด})}{\text{จำนวนระดับ}}$$

$$= \frac{(5 - 1)}{5} = 0.80$$

จากนั้นกำหนดเกณฑ์การแปลผลค่าเฉลี่ย ดังนี้

ค่าเฉลี่ย	ระดับการแปลผล
1.00 – 1.80	อยู่ในระดับน้อยที่สุด
1.81 – 2.60	อยู่ในระดับน้อย
2.61 – 3.40	อยู่ในระดับปานกลาง
3.41 – 4.20	อยู่ในระดับมาก
4.21 – 5.00	อยู่ในระดับมากที่สุด

การแปลผลคะแนนรายด้านและภาพรวม

ผู้วิจัยนำคะแนนจากแบบสอบถามมาคำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วนำค่าเฉลี่ยที่ได้ไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์การแปลผลดังกล่าว เพื่ออธิบาย

1. ระดับพฤติกรรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์ของนักศึกษา
2. ระดับคุณภาพความสัมพันธ์ทางสังคมในชีวิตจริงของนักศึกษา
3. ระดับรายมิติ ได้แก่ ความใกล้ชิด ความไว้วางใจ การสนับสนุนทางสังคม และความพึงพอใจต่อความสัมพันธ์

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

แบบสอบถามที่ใช้ในการวิจัยได้รับการตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา (Content Validity) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน เพื่อพิจารณาความเหมาะสม ความชัดเจน และความสอดคล้องของข้อคำถามกับวัตถุประสงค์การวิจัย จากนั้นผู้วิจัยได้นำข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิมาปรับปรุงแก้ไขแบบสอบถามให้มีความสมบูรณ์ก่อนนำไปใช้จริง การตรวจสอบความเชื่อมั่นของเครื่องมือ (Reliability) ดำเนินการโดยนำแบบสอบถามไปทดลองใช้กับกลุ่มที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง แต่ไม่อยู่ในกลุ่มประชากรที่ศึกษา จำนวน 30 คน แล้วนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) พบว่าแบบสอบถามมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.75 ซึ่งอยู่ในระดับดี และเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่ออธิบายข้อมูลส่วนบุคคล พฤติกรรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์ และระดับคุณภาพความสัมพันธ์ทางสังคมในชีวิตจริงของนักศึกษา และใช้สถิติเชิงอนุมานโดยการวิเคราะห์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson's Product Moment Correlation Coefficient) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์กับคุณภาพความสัมพันธ์ทางสังคมในชีวิตจริง โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01

ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลตามแบบสอบถาม สามารถสรุปผลการวิจัยได้ ดังนี้

ตารางที่ 2 จำนวนและร้อยละด้านข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง (n = 273)

ข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคล	จำนวน	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	118	43.22
หญิง	155	56.78
อายุ		
18–19 ปี	72	26.4
20–21 ปี	88	32.2
22–23 ปี	79	28.9
24 ปีขึ้นไป	34	12.5
ชั้นปี		
ปี 1	90	32.90
ปี 2	78	28.55
ปี 3	55	19.98
ปี 4	51	18.57

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคล	จำนวน	ร้อยละ
ประสบการณ์ใช้สื่อสังคมออนไลน์		
น้อยกว่า 3 ปี	11	4.03
3–5 ปี	24	8.79
มากกว่า 5 ปี	238	87.18
เกรดเฉลี่ยสะสม (GPA)		
ต่ำกว่า 2.50	42	15.38
2.50–2.99	88	32.23
3.00–3.49	94	34.43
3.50 ขึ้นไป	49	17.95
เวลาเฉลี่ยใช้โซเชียลต่อวัน		
น้อยกว่า 2 ชม.	36	13.19
2–4 ชม.	121	44.32
มากกว่า 4 ชม.	116	42.49
แพลตฟอร์มที่ใช้เป็นประจำ		
Instagram	82	30.04
YouTube	59	21.61
TikTok	78	28.57
Facebook	44	16.12
อื่นๆ	10	3.66

จากตารางที่ 2 พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 155 คน คิดเป็นร้อยละ 56.78 ขณะที่เพศชายมีจำนวน 118 คน คิดเป็นร้อยละ 43.22 กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุ 20–21 ปี จำนวน 88 คน คิดเป็นร้อยละ 32.2 รองลงมาคือช่วงอายุ 22–23 ปี จำนวน 79 คน คิดเป็นร้อยละ 28.9 ช่วงอายุ 18–19 ปี จำนวน 72 คน คิดเป็นร้อยละ 26.4 และอายุ 24 ปีขึ้นไป จำนวน 34 คน คิดเป็นร้อยละ 12.5 สำหรับระดับชั้นปี พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่อยู่ในชั้นปีที่ 1 จำนวน 90 คน คิดเป็นร้อยละ 32.90 รองลงมาคือชั้นปีที่ 2 จำนวน 78 คน คิดเป็นร้อยละ 28.55 ชั้นปีที่ 3 จำนวน 55 คน คิดเป็นร้อยละ 19.98 และชั้นปีที่ 4 จำนวน 51 คน คิดเป็นร้อยละ 18.57 ตามลำดับ ด้านประสบการณ์การใช้สื่อสังคมออนไลน์ พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีประสบการณ์การใช้งานมากกว่า 5 ปี จำนวน 238 คน คิดเป็นร้อยละ 87.18 รองลงมาคือ 3–5 ปี จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 8.79 และน้อยกว่า 3 ปี จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 4.03 สำหรับเกรดเฉลี่ยสะสม พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 3.00–3.49 จำนวน 94 คน คิดเป็นร้อยละ 34.43 รองลงมาคือช่วง 2.50–2.99 จำนวน 88 คน คิดเป็น

ร้อยละ 32.23 กลุ่มที่มีเกรดเฉลี่ยต่ำกว่า 2.50 และ 3.50 ขึ้นไป มีจำนวน 42 คน คิดเป็นร้อยละ 15.38 และ 49 คน คิดเป็นร้อยละ 17.95 ตามลำดับ ในด้านเวลาเฉลี่ยในการใช้สื่อสังคมออนไลน์ต่อวัน พบว่า กลุ่มตัวอย่างใช้สื่อสังคมออนไลน์ 2–4 ชั่วโมงต่อวัน จำนวน 121 คน คิดเป็นร้อยละ 44.32 รองลงมาคือมากกว่า 4 ชั่วโมงต่อวัน จำนวน 116 คน คิดเป็นร้อยละ 42.49 และน้อยกว่า 2 ชั่วโมงต่อวัน จำนวน 36 คน คิดเป็นร้อยละ 13.19 สำหรับแพลตฟอร์มสื่อสังคมออนไลน์ที่ใช้เป็นประจำ พบว่า Instagram มีจำนวนผู้ใช้มากที่สุด จำนวน 82 คน คิดเป็นร้อยละ 30.04 รองลงมาคือ TikTok จำนวน 78 คน คิดเป็นร้อยละ 28.57 YouTube จำนวน 59 คน คิดเป็นร้อยละ 21.61 Facebook จำนวน 44 คน คิดเป็นร้อยละ 16.12 และแพลตฟอร์มอื่น ๆ จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 3.66

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของพฤติกรรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์ของกลุ่มตัวอย่าง (n = 273)

พฤติกรรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์	$\overline{X}$	S.D.	ระดับ
ด้านที่ 1 ความถี่และระยะเวลาในการใช้งาน	**4.22**	**0.63**	**มากที่สุด**
1 ใช้สื่อสังคมออนไลน์เป็นประจำทุกวัน	4.35	0.72	มากที่สุด
2 ใช้สื่อสังคมออนไลน์หลายครั้งต่อวัน	4.28	0.75	มากที่สุด
3 ใช้สื่อสังคมออนไลน์เป็นเวลานานในแต่ละวัน	4.18	0.78	มาก
4 ใช้สื่อสังคมออนไลน์ในช่วงเวลาว่างจากการเรียน	4.22	0.70	มากที่สุด
5 ใช้สื่อสังคมออนไลน์ในช่วงเวลาก่อนนอน	4.31	0.74	มากที่สุด
6 ใช้สื่อสังคมออนไลน์ระหว่างทำกิจกรรมอื่น	3.98	0.81	มาก
ด้านที่ 2 วัตถุประสงค์ในการใช้สื่อสังคมออนไลน์	**4.08**	**0.65**	**มาก**
1 ใช้เพื่อสื่อสารกับเพื่อนหรือบุคคลใกล้ชิด	4.26	0.69	มากที่สุด
2 ใช้เพื่อความบันเทิงและผ่อนคลาย	4.33	0.66	มากที่สุด
3 ใช้เพื่อติดตามข่าวสารหรือเหตุการณ์	4.01	0.73	มาก
4 ใช้เพื่อค้นคว้าหรือสนับสนุนการเรียน	3.94	0.77	มาก
5 ใช้เพื่อแสดงความคิดเห็นหรือแสดงมุมมอง	3.88	0.80	มาก
6 ใช้เพื่อติดตามบุคคลหรือเนื้อหาที่สนใจ	4.12	0.71	มาก
7 ใช้เพื่อสร้างหรือรักษาความสัมพันธ์กับผู้อื่น	4.05	0.74	มาก
ด้านที่ 3 รูปแบบการใช้งานและการมีปฏิสัมพันธ์	**3.97**	**0.66**	**มาก**
1 กดถูกใจหรือแสดงปฏิกิริยาต่อเนื้อหา	4.21	0.68	มากที่สุด
2 แสดงความคิดเห็นหรือโต้ตอบกับผู้อื่น	3.87	0.79	มาก
3 แชร์หรือส่งต่อเนื้อหาที่สนใจ	3.76	0.82	มาก
4 ใช้เพื่อสนทนาแบบส่วนตัว (แชท)	4.24	0.70	มากที่สุด
5 ใช้เพื่อเข้าร่วมกลุ่มหรือชุมชนออนไลน์	3.69	0.84	มาก

	พฤติกรรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์	$\overline{X}$	S.D.	ระดับ
6	รับชมเนื้อหาโดยไม่ได้โต้ตอบ	4.08	0.73	มาก
7	มีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นอย่างสม่ำเสมอ	3.95	0.76	มาก
	รวมทั้งหมด	**4.09**	**0.62**	**มาก**

จากตารางที่ 3 พบว่า พฤติกรรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์ของกลุ่มตัวอย่างโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.09, S.D. = 0.62) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านความถี่และระยะเวลาในการใช้งานมีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\overline{X}$ = 4.22, S.D. = 0.63) อยู่ในระดับมากที่สุด โดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในด้านนี้คือ การใช้สื่อสังคมออนไลน์เป็นประจำทุกวัน ($\overline{X}$ = 4.35, S.D. = 0.72) รองลงมาคือการใช้สื่อสังคมออนไลน์ในช่วงเวลาก่อนนอน ($\overline{X}$ = 4.31, S.D. = 0.74) ด้านวัตถุประสงค์ในการใช้สื่อสังคมออนไลน์อยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.08, S.D. = 0.65) โดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ การใช้สื่อสังคมออนไลน์เพื่อความบันเทิงและผ่อนคลาย ($\overline{X}$ = 4.33, S.D. = 0.66) รองลงมาคือการใช้สื่อสังคมออนไลน์เพื่อสื่อสารกับเพื่อนหรือบุคคลใกล้ชิด ($\overline{X}$ = 4.26, S.D. = 0.69) สำหรับด้านรูปแบบการใช้งานและการมีปฏิสัมพันธ์อยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 3.97, S.D. = 0.66) โดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในด้านนี้คือ การใช้สื่อสังคมออนไลน์เพื่อสนทนาแบบส่วนตัวหรือการแชท ($\overline{X}$ = 4.24, S.D. = 0.70) และการกดถูกใจหรือแสดงปฏิกิริยาต่อเนื้อหา ($\overline{X}$ = 4.21, S.D. = 0.68) ทั้งนี้ ค่าเฉลี่ยของข้อคำถามทุกข้ออยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคุณภาพความสัมพันธ์ทางสังคมในชีวิตจริงของกลุ่มตัวอย่าง (n = 273)

	คุณภาพความสัมพันธ์ทางสังคมในชีวิตจริง	$\overline{X}$	S.D.	ระดับ
ด้านที่ 1 ความใกล้ชิด		**3.79**	**0.71**	**มาก**
1	ข้าพเจ้ามีความใกล้ชิดกับเพื่อนหรือบุคคลรอบตัว	3.82	0.73	มาก
2	ข้าพเจ้ารู้สึกสบายใจเมื่อได้ใช้เวลาร่วมกับผู้อื่น	3.79	0.71	มาก
3	ข้าพเจ้าสามารถพูดคุยแลกเปลี่ยนความรู้สึกกับผู้อื่นได้	3.74	0.75	มาก
4	ข้าพเจ้ารู้สึกเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มเพื่อนหรือสังคม	3.81	0.72	มาก
5	ข้าพเจ้ามีบุคคลใกล้ชิดที่สามารถติดต่อได้เมื่อจำเป็น	3.78	0.74	มาก
ด้านที่ 2 ความไว้วางใจ		**3.85**	**0.68**	**มาก**
1	ข้าพเจ้าไว้วางใจเพื่อนหรือบุคคลรอบตัว	3.88	0.69	มาก
2	ข้าพเจ้ามั่นใจว่าผู้อื่นจะรักษาความลับของข้าพเจ้า	3.83	0.71	มาก
3	ข้าพเจ้ารู้สึกปลอดภัยในการแสดงความคิดเห็นกับผู้อื่น	3.86	0.68	มาก
4	ข้าพเจ้ามั่นใจในความจริงใจของบุคคลรอบตัว	3.89	0.67	มาก
5	ข้าพเจ้าสามารถพึ่งพาผู้อื่นได้เมื่อเกิดปัญหา	3.80	0.70	มาก

คุณภาพความสัมพันธ์ทางสังคมในชีวิตจริง	$\overline{X}$	S.D.	ระดับ
ด้านที่ 3 การสนับสนุนทางสังคม	**3.69**	**0.74**	**มาก**
1 ข้าพเจ้าได้รับกำลังใจจากเพื่อนหรือคนรอบตัว	3.72	0.76	มาก
2 ข้าพเจ้าได้รับคำแนะนำหรือความช่วยเหลือเมื่อมีปัญหา	3.68	0.74	มาก
3 ข้าพเจ้ามีผู้ที่พร้อมช่วยเหลือเมื่อเผชิญความยากลำบาก	3.70	0.75	มาก
4 ข้าพเจ้ารู้สึกว่ามีคนรับฟังความคิดเห็นของข้าพเจ้า	3.65	0.77	มาก
5 ข้าพเจ้ารู้สึกได้รับการยอมรับจากสังคมรอบตัว	3.71	0.73	มาก
ด้านที่ 4 ความพึงพอใจต่อความสัมพันธ์	**3.75**	**0.70**	**มาก**
1 ข้าพเจ้าพึงพอใจกับความสัมพันธ์ทางสังคมในชีวิตจริง	3.77	0.71	มาก
2 ความสัมพันธ์ของข้าพเจ้าช่วยให้รู้สึกมีความสุข	3.75	0.72	มาก
3 ข้าพเจ้าพึงพอใจกับการสื่อสารกับผู้อื่นในชีวิตจริง	3.73	0.70	มาก
4 ข้าพเจ้าพึงพอใจกับคุณภาพความสัมพันธ์กับเพื่อน	3.78	0.69	มาก
5 ข้าพเจ้ารู้สึกดีกับความสัมพันธ์ที่มีอยู่ในปัจจุบัน	3.74	0.71	มาก
รวมทั้งหมด	**3.76**	**0.66**	**มาก**

จากตารางที่ 4 พบว่า คุณภาพความสัมพันธ์ทางสังคมในชีวิตจริงของกลุ่มตัวอย่างโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 3.76, S.D. = 0.66) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านความไว้วางใจมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ($\overline{X}$ = 3.85, S.D. = 0.68) โดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในด้านนี้คือ การมั่นใจในความจริงใจของบุคคลรอบตัว ($\overline{X}$ = 3.89, S.D. = 0.67) รองลงมาคือการไว้วางใจเพื่อนหรือบุคคลรอบตัว ($\overline{X}$ = 3.88, S.D. = 0.69) ด้านความใกล้ชิดอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 3.79, S.D. = 0.71) โดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ การมีความใกล้ชิดกับเพื่อนหรือบุคคลรอบตัว ($\overline{X}$ = 3.82, S.D. = 0.73) สำหรับด้านความพึงพอใจต่อความสัมพันธ์อยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 3.78, S.D. = 0.69) โดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ ความพึงพอใจกับคุณภาพความสัมพันธ์กับเพื่อน ($\overline{X}$ = 3.78, S.D. = 0.69) ขณะที่ด้านการสนับสนุนทางสังคมอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 3.69, S.D. = 0.74) โดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ การได้รับกำลังใจจากเพื่อนหรือคนรอบตัว ($\overline{X}$ = 3.72, S.D. = 0.76) ทั้งนี้ ค่าเฉลี่ยของทุกด้านอยู่ในระดับมาก

ตารางที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์กับคุณภาพความสัมพันธ์ทางสังคมในชีวิตจริงของกลุ่มตัวอย่าง (n = 273)

	ความใกล้ชิด	ความไว้วางใจ	การสนับสนุนทางสังคม	ความพึงพอใจต่อความสัมพันธ์	**รวมคุณภาพความสัมพันธ์**
ความถี่และระยะเวลาในการใช้งาน	.214**	.198**	.176**	.205**	**.219****
วัตถุประสงค์ในการใช้สื่อสังคมออนไลน์	.287**	.301**	.268**	.295**	**.312****
รูปแบบการใช้งานและการมีปฏิสัมพันธ์	.334**	.352**	.321**	.348**	**.366****
รวมพฤติกรรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์	**.309****	**.327****	**.298****	**.322****	**.345****

หมายเหตุ: ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's correlation coefficient: r)
** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตารางที่ 5 พบว่า พฤติกรรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับคุณภาพความสัมพันธ์ทางสังคมในชีวิตจริงของกลุ่มตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยเมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า รูปแบบการใช้งานและการมีปฏิสัมพันธ์มีความสัมพันธ์กับคุณภาพความสัมพันธ์ทางสังคมในชีวิตจริงในระดับสูงกว่ามิติอื่น โดยมีความสัมพันธ์กับคุณภาพความสัมพันธ์รวม (r = .366) รองลงมาคือวัตถุประสงค์ในการใช้สื่อสังคมออนไลน์ (r = .312) ขณะที่ความถี่และระยะเวลาในการใช้งานมีความสัมพันธ์กับคุณภาพความสัมพันธ์รวมในระดับต่ำกว่า (r = .219) เมื่อพิจารณาในแต่ละมิติของคุณภาพความสัมพันธ์ พบว่า พฤติกรรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์มีความสัมพันธ์กับด้านความไว้วางใจ ความพึงพอใจต่อความสัมพันธ์ ความใกล้ชิด และการสนับสนุนทางสังคมในระดับต่ำถึงปานกลาง โดยทิศทางความสัมพันธ์เป็นบวกทุกคู่ความสัมพันธ์

วิจารณ์ผล

ผลการศึกษาพบว่า นักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราชซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่าง ส่วนใหญ่เป็นนักศึกษาที่มีประสบการณ์การใช้สื่อสังคมออนไลน์มากกว่า 5 ปี และใช้สื่อสังคมออนไลน์เป็นประจำในชีวิตประจำวัน โดยมีพฤติกรรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์โดยรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านความถี่และระยะเวลาในการใช้งานมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือด้านวัตถุประสงค์ในการใช้ และด้านรูปแบบการใช้งานและการมีปฏิสัมพันธ์ตามลำดับ ลักษณะดังกล่าวสอดคล้องกับสำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล (2568) ที่อธิบายว่านักศึกษาในยุคดิจิทัลหรือกลุ่ม Gen Z เป็น "digital natives" ที่เติบโตมากับเทคโนโลยีดิจิทัลและมีความคุ้นเคยกับสื่อสังคมออนไลน์เป็นอย่างดี พฤติกรรมพื้นฐานนี้จึงเป็นบริบท

สำคัญในการทำความเข้าใจผลการวิจัยเกี่ยวกับพฤติกรรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์และความสัมพันธ์ทางสังคมในชีวิตจริง

ผลการศึกษาด้านพฤติกรรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์พบว่า นักศึกษาใช้สื่อสังคมออนไลน์ในระดับมาก โดยเฉพาะในด้านความถี่และระยะเวลาในการใช้งาน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยในประเทศที่พบว่านักศึกษามหาวิทยาลัยมีแนวโน้มใช้สื่อสังคมออนไลน์เป็นประจำทุกวันและใช้เวลาอยู่บนแพลตฟอร์มเหล่านี้เป็นระยะเวลานาน (จุฑามาศ ฉัตรสุริยาวงศ์, 2564) รวมถึงสอดคล้องกับงานวิจัยต่างประเทศที่รายงานว่าการใช้สื่อสังคมออนไลน์เป็นกิจกรรมปกติในชีวิตประจำวันของนักศึกษา (Silva, L. M., 2020) ทั้งนี้แม้ระดับการใช้งานจะอยู่ในระดับสูง แต่ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในขั้นถัดไปชี้ให้เห็นว่า “ปริมาณการใช้” เพียงอย่างเดียวไม่สามารถอธิบายคุณภาพของความสัมพันธ์ทางสังคมในชีวิตจริงได้อย่างชัดเจน

ในด้านคุณภาพความสัมพันธ์ทางสังคมในชีวิตจริงพบว่า นักศึกษามีคุณภาพความสัมพันธ์อยู่ในระดับมากทุกมิติ โดยเฉพาะด้านความไว้วางใจและความใกล้ชิด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยสูงกว่ามิติอื่นเล็กน้อย ผลดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดเรื่องความสัมพันธ์ทางสังคมของ Tianqi, X. และ Jinhao, J. (2024) ที่มองว่าความไว้วางใจและความใกล้ชิดเป็นองค์ประกอบพื้นฐานของความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล และมักเกิดขึ้นควบคู่กันในบริบททางสังคมเดียวกัน ค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกันของแต่ละมิติอาจสะท้อนว่าความสัมพันธ์ทางสังคมของนักศึกษาเป็นประสบการณ์แบบองค์รวม ซึ่งมิติต่าง ๆ ไม่ได้แยกขาดจากกันอย่างชัดเจน

ประเด็นสำคัญของการวิจัยครั้งนี้อยู่ที่ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์กับคุณภาพความสัมพันธ์ทางสังคมในชีวิตจริง โดยผลการศึกษาพบว่าพฤติกรรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับคุณภาพความสัมพันธ์ทางสังคมในชีวิตจริงในระดับต่ำถึงปานกลาง ผลดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดทฤษฎีทุนทางสังคม (Social Capital Theory) ที่อธิบายว่าสื่อสังคมออนไลน์สามารถเป็นเครื่องมือในการรักษาและเสริมสร้างทุนทางสังคมได้แต่ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นขึ้นอยู่กับลักษณะของการใช้งานมากกว่าการใช้งานเพียงในเชิงปริมาณ (Van Bakel, M., & Horak, S., 2024)

เมื่อพิจารณาในเชิงเปรียบเทียบ พบว่ารูปแบบการใช้งานที่เน้นการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นมีความสัมพันธ์กับคุณภาพความสัมพันธ์ทางสังคมในชีวิตจริงสูงกว่าการใช้สื่อสังคมออนไลน์ในเชิงความถี่และระยะเวลา ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของนิคม ชัยขุนพล (2560) ที่พบว่าการใช้สื่อสังคมออนไลน์เพื่อการสื่อสารและปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นมีส่วนช่วยเสริมสร้างความสัมพันธ์ทางสังคมมากกว่าการใช้ในลักษณะรับชมเนื้อหาเพียงอย่างเดียว ขณะเดียวกันผลการศึกษายังสอดคล้องกับงานวิจัยของนิษฐา หรุ่นเกษม และสกุลศรี ศรีสารคาม (2567) ที่ระบุว่าการใช้สื่อสังคมออนไลน์ในลักษณะการรับชมเนื้อหาโดยไม่โต้ตอบหรือมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น (passive use) อาจไม่ส่งผลเชิงบวกต่อความสัมพันธ์ทางสังคมเท่ากับการใช้สื่อสังคมออนไลน์ในลักษณะที่เน้นการมีส่วนร่วม การสื่อสาร และการโต้ตอบกับผู้อื่นอย่างต่อเนื่อง (active use) นอกจากนี้ความสัมพันธ์ที่ค่อนข้างต่ำระหว่างความถี่และระยะเวลาในการใช้งานกับการสนับสนุนทางสังคม อาจสะท้อนว่าการใช้สื่อสังคมออนไลน์เป็นเวลานานหรือบ่อยครั้ง ไม่ได้หมายความว่าจะนำไปสู่การได้รับการช่วยเหลือหรือการสนับสนุนทางสังคมในชีวิตจริงโดยอัตโนมัติ ประเด็นนี้สอดคล้องกับงานวิจัย

ของรัชญา ต่างใจ และกัมปนาท วงษ์วัฒนพงษ์ (2567) ที่ตั้งข้อสังเกตว่าการใช้สื่อสังคมออนไลน์ในปริมาณมากอาจไม่ช่วยเพิ่มคุณภาพปฏิสัมพันธ์ทางสังคม หากขาดการสื่อสารที่มีความหมายและความลึกซึ้ง

โดยสรุปผลการวิจัยครั้งนี้สนับสนุนข้อค้นพบที่ว่าการใช้สื่อสังคมออนไลน์ไม่จำเป็นต้องส่งผลกระทบเชิงลบต่อความสัมพันธ์ทางสังคมในชีวิตจริง แต่ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานเป็นสำคัญ กล่าวคือ การใช้สื่อสังคมออนไลน์ที่เน้นการมีปฏิสัมพันธ์ การสื่อสาร และการเชื่อมโยงกับผู้อื่น มีแนวโน้มสัมพันธ์กับคุณภาพความสัมพันธ์ทางสังคมในชีวิตจริงมากกว่าการใช้สื่อสังคมออนไลน์ในเชิงปริมาณเพียงอย่างเดียว

สรุปผล

การวิจัยเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์กับคุณภาพความสัมพันธ์ทางสังคมในชีวิตจริงของนักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นนักศึกษาที่มีประสบการณ์การใช้สื่อสังคมออนไลน์มากกว่า 5 ปี ใช้สื่อสังคมออนไลน์เป็นประจำในชีวิตประจำวัน โดยมีพฤติกรรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์โดยรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านความถี่และระยะเวลาในการใช้งานมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือด้านวัตถุประสงค์ในการใช้ และด้านรูปแบบการใช้งานและการมีปฏิสัมพันธ์ตามลำดับ

ในด้านคุณภาพความสัมพันธ์ทางสังคมในชีวิตจริงพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีคุณภาพความสัมพันธ์โดยรวมอยู่ในระดับมากทุกมิติ โดยด้านความไว้วางใจมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือด้านความใกล้ชิด ด้านความพึงพอใจต่อความสัมพันธ์ และด้านการสนับสนุนทางสังคม

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์พบว่า พฤติกรรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับคุณภาพความสัมพันธ์ทางสังคมในชีวิตจริงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยความสัมพันธ์อยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า รูปแบบการใช้งานและการมีปฏิสัมพันธ์มีความสัมพันธ์กับคุณภาพความสัมพันธ์ทางสังคมในชีวิตจริงสูงกว่าด้านความถี่และระยะเวลาในการใช้งาน และด้านวัตถุประสงค์ในการใช้สื่อสังคมออนไลน์

โดยสรุปพฤติกรรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์ของนักศึกษามีความสัมพันธ์กับคุณภาพความสัมพันธ์ทางสังคมในชีวิตจริง โดยระดับความสัมพันธ์แตกต่างกันตามลักษณะของพฤติกรรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาบทความวิจัยฉบับนี้ ขอขอบพระคุณ ดร.หยดฟ้า ราชมณี อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิจัย ที่ได้ให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะทางวิชาการตลอดกระบวนการดำเนินการวิจัย ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ที่ให้การสนับสนุนและอำนวยความสะดวกในการดำเนินการวิจัย ตลอดจนขอขอบคุณนักศึกษาระดับปริญญาตรีทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญที่ทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

เอกสารอ้างอิง

จุฑามาศ ฉัตรสุริยาวงศ์. (2564). พฤติกรรมการเปิดรับสื่อสังคมออนไลน์กับการรู้เท่าทันสื่อของนักศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร. การค้นคว้าอิสระ ปริญญามหาบัณฑิต คณะวารสารศาสตร์และสื่อสารมวลชน มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

จิรัชญา ต่างใจ และกัมปนาท วงษ์วัฒนพงษ์. (2567). *ปัญหาความขัดแย้งในองค์กรที่เกิดจากการสื่อสารในยุคสังคมออนไลน์*. วารสารสหวิทยาการนวัตกรรมปริทรรศน์, 7(5), 467–481.

นิคม ชัยขุนพล. (2560). *ลักษณะปฏิสัมพันธ์การสื่อสารจากพฤติกรรมการใช้สื่อสังคมเครือข่ายออนไลน์ของคนไทย*. วารสารมหาวิทยาลัยพายัพ, 27(2), 55–65.

นิษฐา หรุ่นเกษม และสกุลศรี ศรีสารคาม (2567). *ถอดรหัสผู้รับสารไทยยุคดิจิทัล: พฤติกรรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์และรูปแบบการมีปฏิสัมพันธ์กับประเด็นทางสังคม*. วารสารรัชต์ภาคย์, 18(59), 149–163.

ปรีดี นุกุลสมปรารถนา. (2568). *รวมสถิติ Digial และการใช้ Social Media ในไทยประจำปี 2025*. สืบค้นจาก https://www.popticles.com/trends/thailand-digital-and-social-media-2025/ เมื่อวันที่ 23 ธันวาคม 2568.

สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล. (2568). *โอกาสและความท้าทายครั้งยิ่งใหญ่ ในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจดิจิทัลของยุค Gen Z*. สืบค้นจาก https://www.depa.or.th/th/article-view/article4-2563. เมื่อวันที่ 27 ธันวาคม 2568.

สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจสร้างสรรค์. (2568). *สรุป Insight คนแต่ละ Generation ประจำปี 2025*. สืบค้นจาก https://www.popticles.com/insight/2025-insight-by-generation/. เมื่อวันที่ 23 ธันวาคม 2568.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2568). *การสำรวจการมีการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในครัวเรือน พ.ศ. 2568*. สืบค้นจาก https://www.nso.go.th/nsoweb/storage/survey_detail/2025/20250526075340_14241.pdf. เมื่อวันที่ 23 ธันวาคม 2568.

สำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน. (2568). *จำนวนนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนในปีการศึกษา 2568*. สืบค้นจาก http://regis.nstru.ac.th/Statistic/index2.php. เมื่อวันที่ 4 กรกฎาคม 2568.

Silva, L. M. (2020). The daily routine of students in the classroom. *EDU REVIEW. International Education and Learning Review/Revista Internacional de Educación y Aprendizaje*, *8*(3), 157-163.

Tianqi, X., & Jinhao, J. (2024). Intimacy and trust in interpersonal relationships: A sociological perspective. *Journal of Sociology and Ethnology,(6)*, *3*.

Van Bakel, M., & Horak, S. (2024). Social capital theory. In *A guide to key theories for human resource management research* (pp. 261-267). Edward Elgar Publishing.

การพัฒนาสื่อออนไลน์เพื่อประชาสัมพันธ์ชุมชนบ้านทำเนียบ ตำบลจอมบึง อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี

Development of Online Media for Publicizing Ban Thamniap Community, Chombueng Subdistrict, Chombueng District Ratchaburi Province

สุดารัตน์ เทียนน้อย[1] , สุทธิวัชร์ แซ่ตั้ง[2] และ นพดล อ่ำดี[3]

Sudarat Thiannoi[1], Sutthiwat Saetang[2] and Noppadol Amdee[3]

[1,3]สาขาการจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง

[1,2]สาขาการจัดการธุรกิจดิจิทัล คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง

[1,3]Industrial Technology Management Program, Faculty of Industrial Technology, Rajabhat Muban ChomBueng University

[1,2]Digital Business Management Program, Faculty of Management Science, Rajabhat Muban ChomBueng University

*Corresponding author E-mail: sudarut_th@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสื่อออนไลน์ผ่านแอปพลิเคชันติ๊กต๊อก (TikTok) เพื่อใช้ในการประชาสัมพันธ์ชุมชนบ้านทำเนียบ ตำบลจอมบึง อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี โดยนำเสนอเนื้อหาในรูปแบบคลิปวิดีโอที่มีการเล่าเรื่องเกี่ยวกับข้อมูลพื้นฐานของชุมชน สถานที่สำคัญ วิถีชีวิต วัฒนธรรม และผลิตภัณฑ์ท้องถิ่น ผ่านกระบวนการตัดต่อวิดีโอด้วยโปรแกรม CapCut เพื่อสร้างความน่าสนใจและเพิ่มประสิทธิภาพในการสื่อสารกับกลุ่มเป้าหมาย กระบวนการวิจัยประกอบด้วยการศึกษาข้อมูลบริบทของชุมชน การออกแบบและพัฒนาสื่อประชาสัมพันธ์ออนไลน์ การเผยแพร่สื่อผ่านแพลตฟอร์มติ๊กต๊อก และการเก็บรวบรวมข้อมูลความคิดเห็นจากชาวบ้านในชุมชน นักท่องเที่ยว และผู้ติดตามสื่อ เพื่อนำมาปรับปรุงคุณภาพของสื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย

ผลการวิจัยพบว่า สื่อออนไลน์ที่พัฒนาขึ้นสามารถเพิ่มการรับรู้เกี่ยวกับชุมชนบ้านทำเนียบได้อย่างมีนัยสำคัญ เนื้อหาวิดีโอที่มีการเล่าเรื่องอย่างกระชับ ชัดเจน และใช้เทคนิคการตัดต่อที่เหมาะสม ช่วยกระตุ้นความสนใจและทำให้ผู้ชมเข้าใจจุดเด่นของชุมชนได้ดียิ่งขึ้น การเผยแพร่ผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์ช่วยขยายการเข้าถึงข้อมูลไปยังกลุ่มนักท่องเที่ยวและผู้ที่สนใจวัฒนธรรมท้องถิ่น นอกจากนี้ยังมีส่วนช่วยส่งเสริมเศรษฐกิจชุมชน โดยกระตุ้นการท่องเที่ยวและการสนับสนุนสินค้าท้องถิ่น ผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างต่อสื่อออนไลน์อยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.22 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.60 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า คำบรรยายใต้ภาพมีความเหมาะสมมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 4.31 รองลงมาคือการตัดต่อและเรียบเรียง

คลิปให้เหมาะสมกับสคริปต์ ค่าเฉลี่ย 4.29 และการใช้เอฟเฟกต์และกราฟิก ค่าเฉลี่ย 4.29 แสดงให้เห็นว่าสื่อออนไลน์ผ่านติ๊กต๊อกเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการประชาสัมพันธ์ชุมชนในยุคดิจิทัล

คำสำคัญ : การพัฒนาสื่อออนไลน์, การประชาสัมพันธ์, ชุมชนบ้านทำเนียบ, จังหวัดราชบุรี

Abstract

This research aimed to develop online media on the TikTok application to promote the Ban Thamniap Community in Chombueng Subdistrict, Chombueng District, Ratchaburi Province. The content was presented as short video clips featuring background information on the community, important places, ways of life, local culture, and community products. Video editing was carried out using the CapCut program to enhance visual attractiveness and effective communication with the target audience. The research process consisted of studying the community context, designing and developing online promotional media, disseminating the media via the TikTok platform, and collecting feedback from community members, tourists, and followers. The collected opinions were used to improve the quality of the promotional media to better meet the needs of the target groups.

The results indicated that the developed online media significantly increased awareness of the Ban Thamniap Community. Videos with concise, clear storytelling, combined with appropriate editing techniques, effectively captured viewers' attention and improved their understanding of the community's distinctive characteristics. Dissemination through online platforms expanded the reach of information to tourists and individuals interested in local culture. Moreover, the developed media contributed to promoting the community economy by stimulating tourism activities and encouraging support for local products. The overall satisfaction level of the sample group toward the online media was high, with a mean score of 4.22 and a standard deviation of 0.60. When considering individual aspects, the appropriateness of captions received the highest mean score (4.31), followed by video editing and clip arrangement in accordance with the script (4.29), and the use of effects and graphics (4.29). These findings indicate that online media, such as TikTok, is an effective tool for community promotion in the digital era.

Keywords: Online Media Development, Public Relations, Ban Thamniab Community, Ratchaburi Province

บทนำ

ในยุคเทคโนโลยีดิจิทัลที่โลกกำลังให้ความสำคัญการเครือข่ายทางอินเตอร์เน็ตเพื่อติดตามข้อมูลข่าวสารทางสื่อสังคมออนไลน์มากขึ้น เช่น การสื่อสารผ่านทางออนไลน์ด้วยแอปพลิเคชันต่าง ๆ ประชาชนต้องมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการใช้ชีวิตตามแนวทางของวิถีใหม่ที่คนส่วนใหญ่ต้องเรียนรู้เทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ที่เกิดขึ้นเพื่อให้สามารถนำเทคโนโลยีมาใช้ให้เป็นประโยชน์และเป็นส่วนหนึ่งของกิจวัตรประจำวันได้ เช่น ด้านความบันเทิง การซื้อสินค้าผ่านช่องทางออนไลน์ การทำธุรกรรมทางการเงิน และการติดต่อสื่อสารกับคนที่อยู่ห่างไกลสามารถติดต่อสื่อสารกันได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว (**Coto et al.,** 2017**; Dei & Oti-Boadi,** 2022**; Racham et al,** 2022) อีกทั้งบทบาทของเครือข่ายสังคมออนไลน์ได้มีการนำมาใช้ในลักษณะของการดำเนินงานหรือกิจกรรมต่าง ๆ โดยมีตัวบุคคล หรือหน่วยงานต่าง ๆ รวมกันเป็นเครือข่ายหรือที่เรียกว่าสังคมออนไลน์เพื่อให้สามารถใช้ทรัพยากรร่วมกัน แบ่งปันและแลกเปลี่ยนทรัพยากรข้อมูลข่าวสาร ซึ่งเครือข่ายสังคมออนไลน์หมายถึง การที่นำระบบเครือข่ายบนโลกออนไลน์หรือการติดต่อสื่อสารถึงกันผ่านทางอินเทอร์เน็ต (กันตพล บันทัดทอง**,** 2557) เครือข่ายสังคมออนไลน์มีบทบาทในการดำเนินชีวิตของมนุษย์ยุคปัจจุบัน โดยมีการรวมกลุ่มในลักษณะเครือข่าย แต่ละกลุ่มมีลักษณะแตกต่างกัน หรือที่มีความความสัมพันธ์ มีการส่งต่อข้อมูลซึ่งกันและกันทั้งในรูปแบบทางสังคมเป็นแบบเพื่อนหรือกลุ่มที่มีความชื่นชอบในสิ่งที่คล้ายกัน หรือกลุ่มสังคมหนึ่ง ที่มีการรวมตัวกันเพื่อปฏิสัมพันธ์ของคนในกลุ่มแบบหนึ่งบนโลกอินเทอร์เน็ตที่เรียกว่า ชุมชนออนไลน์ที่ให้คนสามารถรู้จักกันได้ สามารถแลกเปลี่ยนความคิดเห็น แบ่งปัน ประสบการณ์ ติดต่อผ่านช่องทางสื่อสารออนไลน์ต่าง ๆ (คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย ราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา**,** 2564) การประชาสัมพันธ์เป็นการติดต่อสื่อสารขององค์การกับกลุ่มต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อความสำเร็จขององค์การ ทั้งผู้ขาย ผู้ผลิต ผู้ถือหุ้น หรือลูกค้า โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างทัศนคติ ความเชื่อถือ และภาพลักษณ์ที่ดีต่อองค์การหรือผลิตภัณฑ์ ตลอดจนเป็นการให้ข้อมูลเพื่อเป็นความรู้ หรือช่วยในการแก้ไขข้อผิดพลาดในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง (ทศพล ดำนุ่ม และคณะ**,** 2565)

ชุมชนบ้านทำเนียบเป็นชุมชมขนาดเล็กเป็นส่วนหนึ่งของอำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี ซึ่งมีของดีมากมาย เช่น สินค้าทางเกษตร มีผลิตภัณฑ์และเกษตรในการเพาะเห็ดนางฟ้าและเห็ดหูหนู ผลิตภัณฑ์เส้นหวายเทียม โดยเกษตรกรผู้มีความรู้และประสบการณ์ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูง อีกทั้งยังอยู่ใกล้แห่งท่องเที่ยว เช่น อำเภอสวนผึ้ง มีที่พักรีสอร์ท และอำเภอสวนผึ้ง แหล่งปลูกสับปะรดที่มีชื่อเสียงของประเทศไทย มีร้านค้า ร้านอาหารและร้านกาแฟแบบคาแฟ่อยู่ในบริเวณใกล้เคียง และมีทำเลที่ตั้งอยู่ใกล้กับชุมชนเขตจอมบึง มีทั้งสถานศึกษาที่ตั้งอยู่ใกล้ เช่น มหาวิทยาลัย โรงเรียนมัธยม โรงเรียนอนุบาล และโรงพยาบาล หลังจากที่ได้ทำการลงพื้นที่จากการสำรวจชุมชนแล้ว ได้ทำการสัมภาษณ์พูดคุยกับประชาชนในชุมชนบ้านทำเนียบ จึงทราบว่าชุมชนยังไม่มีสื่อประชาสัมพันธ์ในรูปแบบออนไลน์ และยังไม่เป็นที่รู้จักแพร่หลายบนสื่อออนไลน์ โดยการผลิตสื่อประชาสัมพันธ์จะเปิดโอกาสให้ชุมชนบ้านทำเนียบได้พัฒนาศักยภาพในด้านต่าง ๆ เช่น การท่องเที่ยว การค้าขาย และการเผยแพร่ข้อมูลข่าวสาร และการสร้างเอกลักษณ์และอัตลักษณ์หรือการสร้างแบรนด์ของชุมชนให้เป็น

ที่รู้จักในวงกว้างมากยิ่งขึ้น การนำเสนอของดีในชุมชุมชนบ้านทำเนียบและวัฒนธรรมของชุมชนผ่านสื่อออนไลน์คลิปวิดีโอของดีในชุมชนทำเนียบ จะดึงดูดนักท่องเที่ยวและผู้บริโภคให้เข้ามาสัมผัสและสนับสนุนผลิตภัณฑ์ของชุมชนมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลดีต่อเศรษฐกิจของชุมชนในระยะยาว การมีส่วนร่วมในการพัฒนาชุมชนมากขึ้นทั้งภาครัฐและเอกชน เช่น องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น สมาคมการค้า หอการค้า และนักท่องเที่ยว ซึ่งจะนำมาถึงโอกาสในการพัฒนาชุมชนนอกจากนี้ ยังเป็นการส่งเสริมให้คนในชุมชนอนุรักษ์และสืบทอดวัฒนธรรมประเพณีของชุมชนให้คงอยู่สืบไป

ดังนั้นจากความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น งานวิจันนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสื่อออนไลน์ผ่านแอปพลิเคชันติ๊กต๊อก (**TikTok)** สำหรับใช้ในการประชาสัมพันธ์ชุมชนบ้านทำเนียบตำบลจอมบึง อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี ทำให้ชุมชนบ้านทำเนียบเป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลายบนสื่อสังคมออนไลน์ และสร้างการรับรู้ของชมชนบ้านทำเนียบสู่สาธารณะชนอย่างกว้างขวาง ซึ่งจะส่งผลดีต่อชุมชนในหลายด้าน เช่น การส่งเสริมการท่องเที่ยว สร้างรายได้ให้แก่ชุมชน และเป็นการอนุรักษ์วัฒนธรรมท้องถิ่นให้คงอยู่สืบไป (จริยา รสหอม, 2565) นอกจากนี้ ยังเป็นการเปิดโอกาสให้เกษตรกรและผู้ประกอบการในชุมชนทั่วไปสามารถเข้าถึงชุมชนบ้านทำเนียบผ่านสื่อออนไลน์ มีช่องทางในการจำหน่ายผลิตภัตภัณฑ์ที่หลากหลายมากขึ้น และสำหรับผู้บริโภคก็จะได้รู้จักแหล่งผลิตสินค้าที่มีคุณภาพและสามารถสนับสนุนเศรษฐกิจชุมชนสามารถเติบโตและพัฒนาได้อย่างยั่งยืนในอนาคตได้อีกด้วย

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทินวงษ์ รักอิสสระกุล และคณะ (2567) ได้มีการพัฒนาสื่อดิจิทัลบนเครือข่ายสังคมออนไลน์เพื่อการประชาสัมพันธ์และส่งเสริมการขายผลิตภัณฑ์ชุมชนท่องเที่ยวโอทอปนวัตวิถี ตำบลบางเสาธง อำเภอบางเสาธง จังหวัดสมุทรปราการ ผลการประเมินความพึง พอใจที่มีผลต่อการใช้สื่อดิจิทัลบนเครือข่ายสังคมออนไลน์ โดยกลุ่มตัวอย่างนักท่องเที่ยว บริเวณตำบลบางเสาธง อำเภอบางเสาธง จังหวัดสมุทรปราการ จำนวน 100 คน พบว่า ค่าระดับความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด และรายข้ออยู่ในระดับมากที่สุดทุกข้อ

จริยา รสหอม (2565) ได้กล่าวถึง การพัฒนาสื่อประชาสัมพันธ์ยุคดิจิทัลเพื่อส่งเสริมการขายผลิตภัณฑ์ชุมชน การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสื่อประชาสัมพันธ์ยุคดิจิทัลที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ชุมชน พัฒนาสื่อดังกล่าว และประเมินผลการทดลองใช้ โดยพัฒนาสื่อในรูปแบบวิดีโอและแบนเนอร์ภาพ ใช้ช่องทางเฟซบุ๊กแฟนเพจและกลุ่มในการประชาสัมพันธ์ ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้สื่อพบว่าสื่อที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมและได้รับความพึงพอใจในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.41

ณฐาพัชพัชร์ วรพงศ์พัชร์ (2565) ได้มีการจัดการตลาดดิจิทัลกลุ่มวิสาหกิจชุมชนทัพหลวงกะละแมลุงพร ตำบลทัพหลวง อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของชุมชนให้เป็นที่รู้จักและเข้าถึง ลูกค้าเป้าหมายมากขึ้น 2) ถ่ายทอดเทคโนโลยีการตลาดดิจิทัลกะละแมลุงพร สร้าง website การพัฒนาเพจ Facebook โปรไฟล์ สโลแกน วิธีการโพสต์ ติดแฮชแท็กและเพิ่มช่องทางการสั่งซื้อ ผลิตภัณฑ์ที่สะดวกขึ้น โดยการสแกน QR Code ที่เชื่อมต่อกับ Line พบว่า ความคิดเห็นโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก

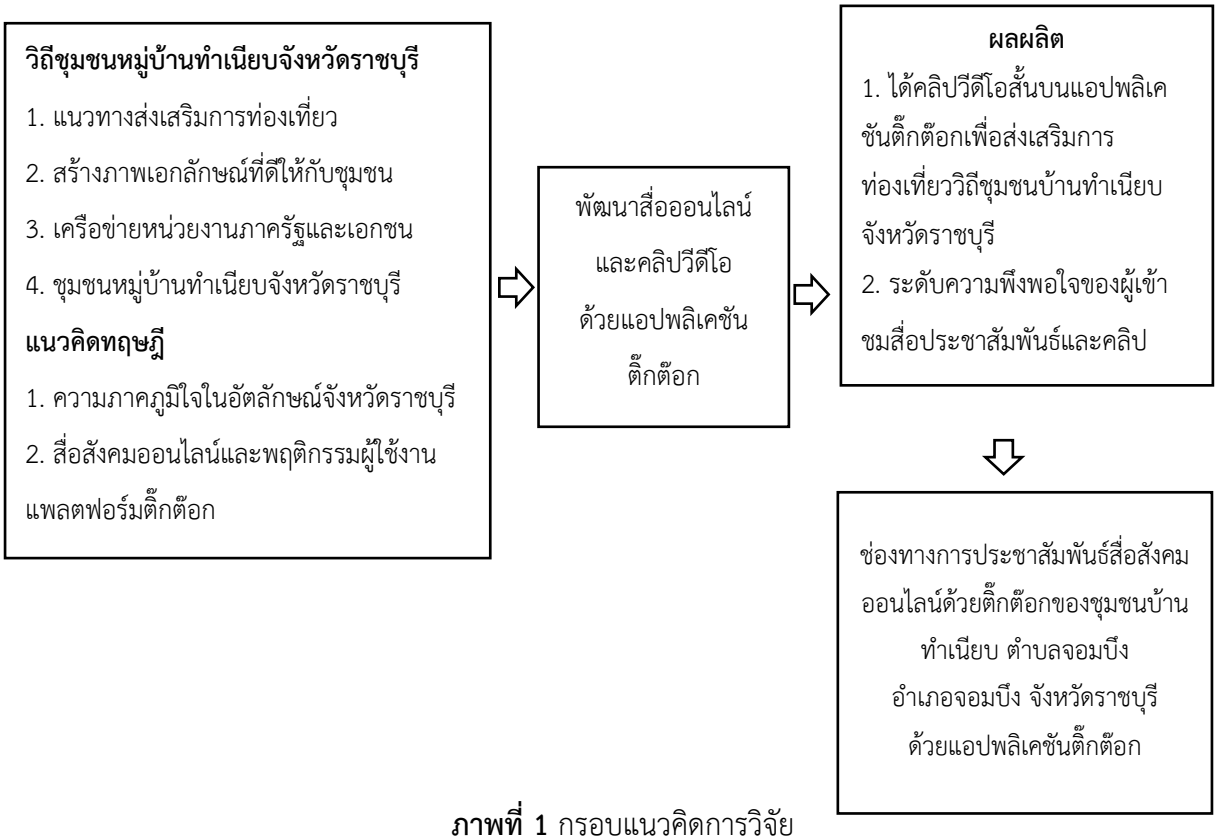
อภิดา รุณวาทย์ (2561) ได้กล่าวถึง การพัฒนาสื่อมัลติมีเดียเพื่อท้องถิ่นโดยการมีส่วนร่วมของชุมชน การวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาสื่อมัลติมีเดีย เช่น โมชันกราฟิก โดยการมีส่วนร่วมของชุมชน เพื่อใช้ในการจัดการเรียนรู้และประชาสัมพันธ์ข้อมูลท้องถิ่น ผลการวิจัยพบว่าสื่อที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพและได้รับความพึงพอใจจากกลุ่มเป้าหมายในระดับสูง

ฐะณุพงศ์ ศรีกาฬสินธุ์ และฉัตรเมือง เผ่ามานะเจริญ (2564) ได้กล่าวถึง การพัฒนาสื่อดิจิทัลในการประชาสัมพันธ์การตลาดของธุรกิจชุมชน กรณีชุมชนหินตั้ง – บ้านดง อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสื่อดิจิทัล เช่น เว็บไซต์และเฟซบุ๊ก เพื่อประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์และบริการของชุมชนหินตั้งและบ้านดง โดยเน้นการนำเสนอเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยวเชิงเกษตรและการผจญภัย ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้สื่อพบว่าสื่อที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพในระดับมาก และได้รับความพึงพอใจในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.40

สุริยะกาณฑ์ สุขแก้ว, อัญญาดา กัณฑวงศ์ และทิพย์หทัย ทองธรรมชาติ (2564) งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาสื่อ ประชาสัมพันธ์กลุ่มผ้าทอปากะญอบ้านมอทะ ตำบลแม่อุสุ อำเภอท่าสองยาง จังหวัดตาก พบว่า กลุ่มผ้าทอ ปากะญอบ้านมอทะ ตำบลแม่อุสุ อำเภอท่าสองยาง จังหวัดตาก มีความต้องการใช้สื่อประชาสัมพันธ์เพื่อแนะนำ สินค้าของกลุ่มผ้าทอปากะญอบ้านมอทะผ่านสื่อสังคมออนไลน์ ด้านสื่อประชาสัมพันธ์ถูกพัฒนาขึ้นในรูปแบบวิดีโอ และความพึงพอใจในการประชาสัมพันธ์สื่ออยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.25

กล่าวโดยสรุป แนวคิดหลักในการพัฒนาสื่อดิจิทัลเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยววิถีชุมชน การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมสื่อใหม่เข้ามาช่วยในการเผยแพร่ข้อมูลอัตลักษณ์และจุดเด่นของชุมชนในรูปแบบที่เข้าใจง่าย เข้าถึงผู้ชมได้หลากหลาย และกระตุ้นความสนใจได้ดี โดยเฉพาะการพัฒนาในรูปแบบของแอพพลิเคชันหรือแพลตฟอร์มออนไลน์ต่างๆ เช่น ติ๊กต๊อก หรือมัลติมีเดียเชิงโต้ตอบที่สามารถใช้งานได้ทั้งในโทรศัพท์มือถือและคอมพิวเตอร์ ซึ่งช่วยเปิดโอกาสให้ผู้ที่สนใจสามารถเข้าถึงข้อมูลการท่องเที่ยวของชุมชนได้สะดวกและรวดเร็ว นอกจากนี้ งานวิจัยต่าง ๆ ยังเน้นย้ำถึงความสำคัญของการมีส่วนร่วมของคนในชุมชน ตั้งแต่การออกแบบเนื้อหา การวางแผนสื่อ และการดำเนินงานผลิตสื่อ ซึ่งจะส่งผลให้เนื้อหาที่ได้สะท้อนความเป็นท้องถิ่นอย่างแท้จริง มีคุณภาพ และตรงกับความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย ทั้งยังช่วยเสริมสร้างความภาคภูมิใจ ความรู้สึกเป็นเจ้าของ และสร้างความยั่งยืนในการพัฒนาสื่อของชุมชนเองด้วย โดยงานวิจัยของ จริยา รสหอม (2565), อภิดา รุจนาภาย์ (2561), ทินวงษ์ รักอิสสระกุล (2567), ณฐาพัชพัชร์ วรพงศ์พัชร์ (2565) และสุริยะกาณฑ์ สุขแก้ว(2564) ต่างแสดงให้เห็นว่า การพัฒนาและใช้สื่อดิจิทัลในการประชาสัมพันธ์ท้องถิ่นสามารถยกระดับเศรษฐกิจฐานราก กระตุ้นการท่องเที่ยว สร้างภาพลักษณ์ที่ดีแก่ชุมชน และส่งเสริมความร่วมมือระหว่างคนในพื้นที่กับหน่วยงานต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น การพัฒนาสื่อออนไลน์เพื่อประชาสัมพันธ์ชุมชนบ้านทำเนียบจึงควรออกแบบให้เหมาะสมกับบริบทของพื้นที่ ใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย เข้าถึงง่าย และมีเนื้อหาที่ชัดเจน สอดคล้องกับอัตลักษณ์ของชุมชน โดยเน้นความร่วมมือจากทุกภาคส่วนเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดทั้งในด้านการท่องเที่ยวและการพัฒนาอย่างยั่งยืน

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

จากภาพที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดการวิจัย เป็นการพัฒนาช่องทางการประชาสัมพันธ์สื่อสังคมออนไลน์ด้วยติ๊กต๊อกของชุมชนบ้านทำเนียบ ตำบลจอมบึง อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี วิจัยที่มุ่งเน้นการพัฒนาและประยุกต์ใช้สื่อดิจิทัลโดยเฉพาะแอปพลิเคชันติ๊กต๊อก ในการส่งเสริมการท่องเที่ยววิถีชุมชนบ้านทำเนียบจังหวัดราชบุรี สอดคล้องกับงานวิจัยของ ลลิล แซ่ลิ่ม และ พลกฤต แสงอาวุธ. (2564) โดยมีพื้นฐานจากบริบทของชุมชนที่มีแนวทางในการส่งเสริมการท่องเที่ยว สร้างภาพลักษณ์อันดีให้กับชุมชน การเชื่อมโยงเครือข่ายกับหน่วยงานภาครัฐและเอกชน และการมีอัตลักษณ์เฉพาะของชุมชนหมู่บ้านทำเนียบ จังหวัดราชบุรี ร่วมกับแนวคิดทางทฤษฎีที่เน้นความภาคภูมิใจในอัตลักษณ์ท้องถิ่นของจังหวัดราชบุรี และพฤติกรรมผู้ใช้งานแพลตฟอร์มติ๊กต๊อก ในการบริโภคและสร้างสื่อออนไลน์ กระบวนการวิจัยเริ่มจากการออกแบบและพัฒนาคลิปวิดีโอสั้นจำนวน 3 คลิป บนแอปพลิเคชันติ๊กต๊อก เพื่อประชาสัมพันธ์แหล่งท่องเที่ยวและวิถีชีวิตของชุมชน จากนั้นนำไปเผยแพร่สู่สาธารณะผ่านช่องทางออนไลน์ ผลจากการวิจัยพบว่าคลิปที่ผลิตขึ้นมีระดับความพึงพอใจของผู้ชมในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจมากกว่า 4.22 แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการใช้ติ๊กต๊อก เป็นเครื่องมือในการสื่อสารข้อมูลด้านการท่องเที่ยวท้องถิ่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังสามารถพัฒนาและสื่อสารอัตลักษณ์ของชุมชนอย่างต่อเนื่องในระยะยาวผ่านสื่อดิจิทัล เป็นการสร้างความยั่งยืนในการประชาสัมพันธ์ชุมชน และสร้างการมีส่วนร่วมของคนในพื้นที่ได้อย่างเหมาะสมและกว้างขวางมากขึ้น

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ประชากรกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ชาวบ้านชุมชนบ้านทำเนียบ ได้ แก่ ผู้ที่เข้ามากดติดตามเข้าชมวีดีโอติ๊กต๊อก ชุมชนบ้านทำเนียบ

1.2 กลุ่มตัวอย่างได้ แก่ ผู้ที่เข้ามากดติดตามเข้าชมวีดีโอติ๊กต๊อก ชุมชนบ้านทำเนียบโดยการเลือกแบบเจาะจงเพื่อตอบแบบสอบถาม

2. ตัวแปรที่ศึกษา

2.1 ตัวแปรต้น ได้แก่ ปัจจัยด้านการออกแบบและจัดทำสื่อประชาสัมพันธ์

2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ความพึงพอใจต่อคุณภาพการพัฒนาสื่อออนไลน์เพื่อประชาสัมพันธ์

3. แหล่งข้อมูลในการศึกษา

3.1 ข้อมูลปฐมภูมิ รวบรวมข้อมูลจากผู้ตอบแบบสอบถามจากผู้ที่เข้ามาติดตามเข้าชมวีดีโอในแอพพลิเคชัน Tiktok

3.2 ข้อมูลทุติยภูมิ รวบรวมจากรายงานการศึกษาเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาสื่อออนไลน์เพื่อประชาสัมพันธ์ชุมชนบ้านทำเนียบ

4. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ใช้เพื่อวัดการกระจายของ ข้อมูลในการอธิบายข้อมูลปัจจัยส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม

5. เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการ

แบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการทำสื่อออนไลน์ ในการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ การพัฒนาสื่อออนไลน์เพื่อประชาสัมพันธ์ชุมชนบ้านทำเนียบแบบสอบถามมีลักษณะมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ซึ่งแบ่งระดับความคิดเห็นออกเป็น 5 ระดับ โดยใช้เกณฑ์ในการแปลความหมายเพื่อจัดระดับคะแนนเฉลี่ยตามหลักการอันตรภาคชั้น ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย	ระดับคุณภาพ
ค่าเฉลี่ย 4.51 ถึง 5.00	หมายถึง มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.51 ถึง 4.50	หมายถึง มีระดับความพึงพอใจมาก
ค่าเฉลี่ย 2.51 ถึง 3.50	หมายถึง มีระดับความพึงพอใจปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.51 ถึง 2.50	หมายถึง มีระดับความพึงพอใจน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00 ถึง 1.50	หมายถึง มีระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

6. ขอบเขตพื้นที่และเวลา

กลุ่มชาวบ้านชุมชนบ้านทำเนียบ ระยะเวลาในการพัฒนาสื่อออนไลน์ผ่านช่องทางติ๊กต๊อก และจัดทำคลิปและตัดต่อคลิปวีดีโอ ระหว่าง 1 ธันวาคม พ.ศ.2567 จนถึง 28 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2568 รวมระยะเวลา 3 เดือน

ผลการวิจัย

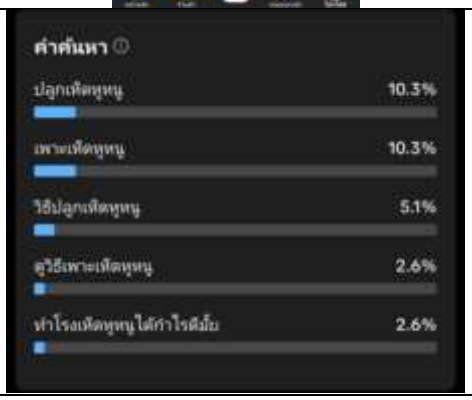
ผลการวิจัยในการพัฒนาสื่อออนไลน์ผ่านแอปพลิเคชันติ๊กต๊อก (TikTok) สำหรับใช้ในการประชาสัมพันธ์ชุมชนบ้านทำเนียบ ตำบลจอมบึง อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี โดยแบ่งเป็น 3 ส่วนได้แก่

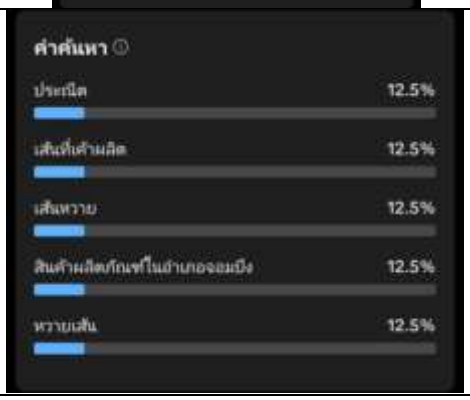
1. พฤติกรรมการใช้แอพพลิเคชันติ๊กต๊อกของกลุ่มเป้าหมาย

ผลการสำรวจพบว่า กลุ่มเป้าหมายหลักที่สนใจเนื้อหาเกี่ยวกับชุมชน ได้แก่ เยาวชน อายุ 25-34 ปี คิดเป็น 23.0% ของกลุ่มตัวอย่าง







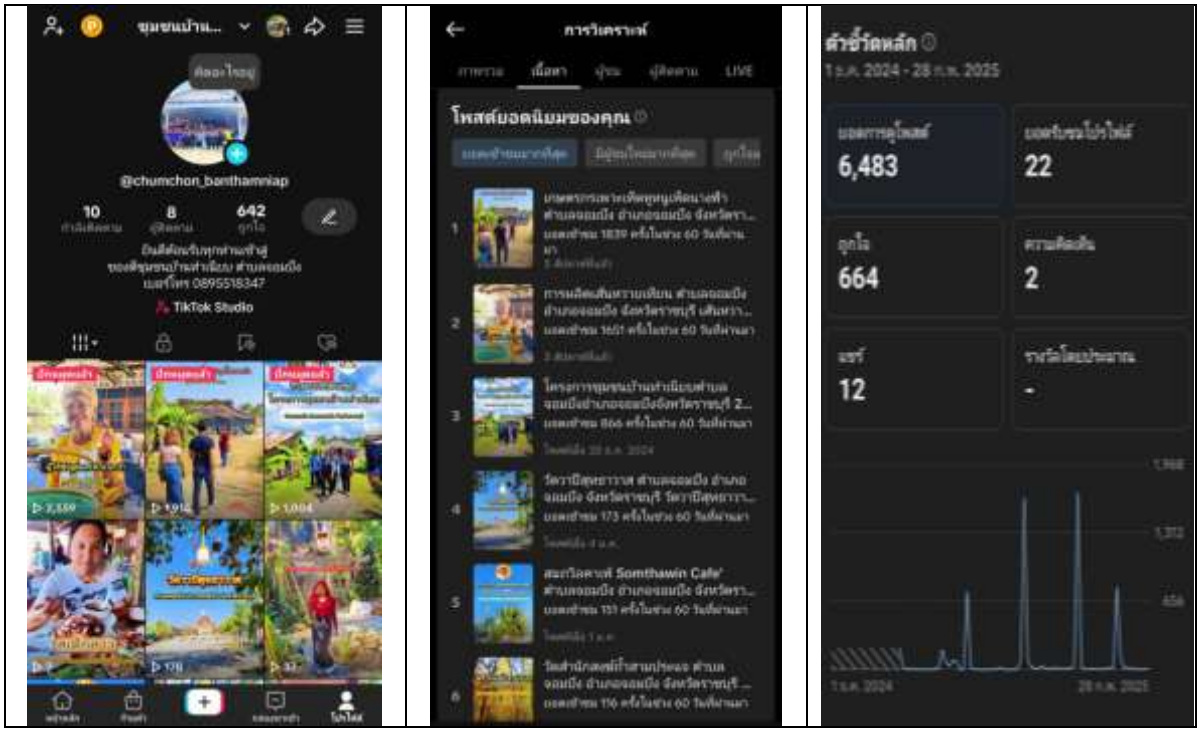




ภาพที่ 2 พฤติกรรมการใช้ TikTok ของกลุ่มเป้าหมาย

จากภาพที่ 2 แสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมการใช้ TikTok โดยหาคำค้นหาเพื่อรับชมวิดีโอเกี่ยวกับเกษตรกรเพาะเห็ดหูหนูเห็ดนางฟ้าคิดเป็น 10.3% การผลิตเส้นหวายเทียมคิดเป็น 12.5% โครงการชุมชนบ้านทำเนียบ คิดเป็น 7.5% อัตราการคงอยู่โดยเฉลี่ยแล้วผู้ชมคลิปวิดีโอ 8%

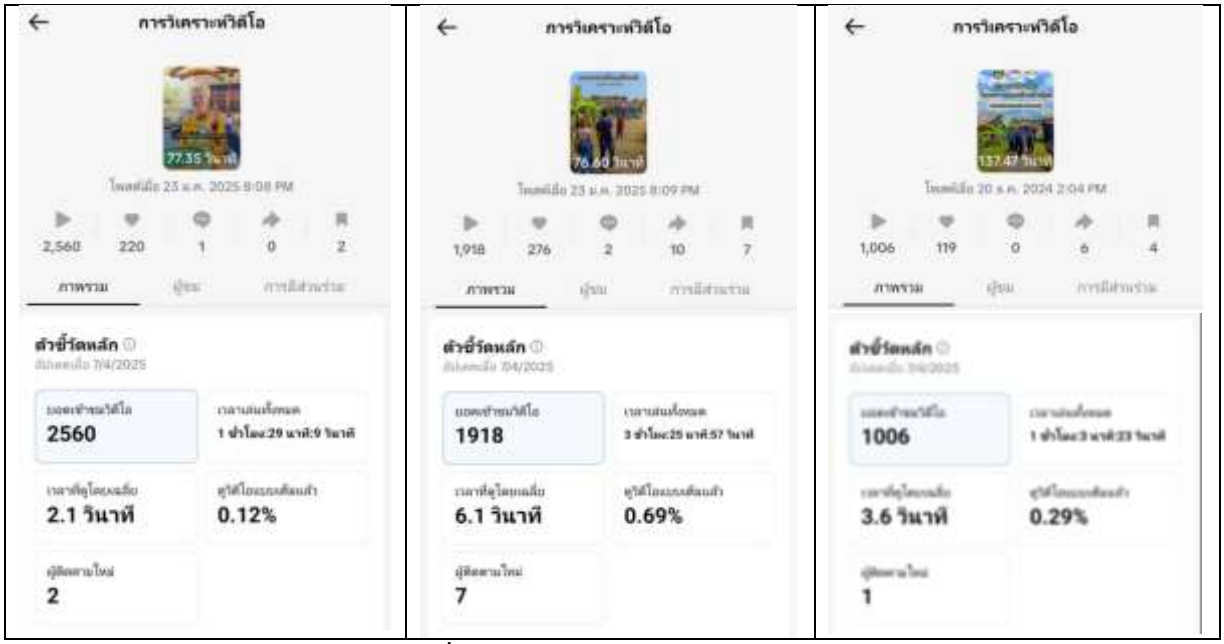
2. ประสิทธิภาพของสื่อประชาสัมพันธ์ผ่านแอพพลิเคชั่น TikTok ในการเผยแพร่คลิปวิดีโอเกี่ยวกับชุมชนบ้านทำเนียบ อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี จำนวน 3 คลิป





ภาพที่ 3 ประสิทธิภาพของสื่อประชาสัมพันธ์ผ่าน TikTok

จากภาพที่ 3 แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพหลังจากเผยแพร่คลิปวิดีโอเกี่ยวกับชุมชนบ้านทำเนียบเผยแพร่คลิปวิดีโอเกี่ยวกับชุมชนบ้านทำเนียบ จำนวน 3 คลิป เกษตรเพาะเห็ดหูหนูเห็ดนางฟ้า, การผลิตเส้นหวายเทียม โครงการชุมชนบ้านทำเนียบ เป็นระยะเวลา 3 เดือน พบว่าคลิปที่ได้รับความนิยมสูงสุดมีจำนวนการเข้าชมกว่า 5,484 ครั้ง และได้รับการแชร์มากกว่า 12 ครั้ง



ภาพที่ 4 หลักการศึกษาและวิเคราะห์ชุมชน

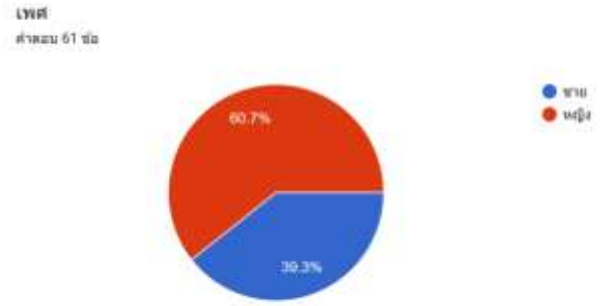
จากภาพที่ 4 แสดงให้เห็นเนื้อหาที่ได้รับความสนใจมากที่สุด ได้แก่ คลิปวีดีโอเกี่ยวกับการผลิตเส้นหวายเทียม มียอดเข้าชมวีดีโอ จำนวน 2,560 ครั้ง คลิปวีดีโอเกี่ยวกับการเกษตรกรเพาะเห็ดหูหนูเห็ดนางฟ้า มียอดเข้าชมวีดีโอ จำนวน 1,918 ครั้ง และ คลิปวีดีโอเกี่ยวกับการโครงการชุมชนบ้านทำเนียบ มียอดเข้าชมวีดีโอ จำนวน 1,006 ครั้ง เนื่องจากมีการใช้เทคนิคตัดต่อที่น่าสนใจ เช่น ดนตรีประกอบ เอฟเฟกต์พิเศษ และการใช้แฮชแท็กที่เกี่ยวข้อง ช่วยเพิ่มการมองเห็น (visibility) บนแพลตฟอร์มมากยิ่งขึ้น



ภาพที่ 5 การใช้เทคนิคตัดต่อวิดีโอ

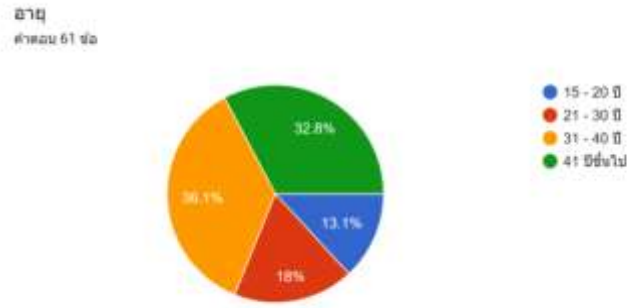
จากภาพที่ 5 ภาพที่แสดงให้เห็นกระบวนการใช้โปรแกรมแคปคัด ช่วยในการตัดต่อคลิปวิดีโอและช่วยออกแบบสื่อออนไลน์ในการประชาสัมพันธ์ชุมชนบ้านทำเนียบ อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี โดยมีการใช้เทคนิคต่างๆ เช่น การจัดเรียงไทม์ไลน์ การใส่ข้อความ เอฟเฟกต์เสียงประกอบ การใช้เสียงบรรยาย มีข้อความบรรยายในคลิปวีดีโอ เพื่อให้มีความกระชับน่าติดตาม และยังทำให้คลิปวิดีโอดูมีความน่าสนใจและดึงดูดผู้ชมมากยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นแนวทางที่ช่วยส่งเสริมการท่องเที่ยวและเศรษฐกิจของชุมชนได้เป็นอย่างดี

3. ความพึงพอใจที่มีต่อการทำสื่อออนไลน์ผ่านช่องทาง TikTok ในการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ การพัฒนาสื่อออนไลน์เพื่อประชาสัมพันธ์ชุมชนบ้านทำเนียบ ตำบลจอมบึง อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี โดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจ จำนวน 61 คน พบว่า



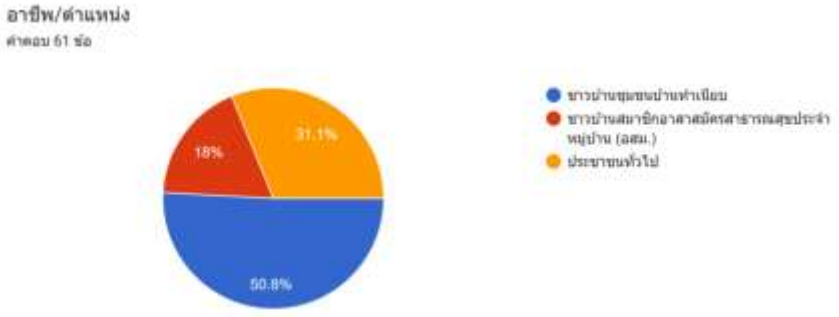
ภาพที่ 6 แสดงจำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม

ภาพที่ 6 จำนวนผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 61 คน แบ่งเป็นผู้ชายจำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 39.30 ผู้หญิงจำนวน 38 คน คิดเป็นร้อยละ 60.70



ภาพที่ 7 แสดงอายุของผู้ตอบแบบสอบถาม

ภาพที่ 7 ช่วงอายุของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยมีช่วงอายุต่างๆ ได้แก่ อายุ 15-20 ปี จำนวน 8 คน อายุ 21-30 ปี จำนวน 12 คน อายุ 31-40 ปี จำนวน 18 คน อายุ 41 ปีขึ้นไป จำนวน 23 คน



ภาพที่ 8 แสดงข้อมูลอาชีพผู้ตอบแบบสอบถาม

ภาพที่ 8 ข้อมูลอาชีพผู้ตอบแบบสอบถาม แบ่งเป็น ชาวบ้านชุมชนบ้านทำเนียบ จำนวน30 คน ชาวบ้านสมาชิกอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน (อสม.) จำนวน 12 คน ประชาชนทั่วไป จำนวน 19 คน

โดยที่ระดับความความพึงพอใจที่มีต่อการพัฒนาช่องทางในการจัดทำสื่อออนไลน์สำหรับการประชาสัมพันธ์ชุมชนบ้านทำเนียบ ตำบลจอมบึง อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี ในด้านการออกแบบและจัดทำสื่อประชาสัมพันธ์และคลิปวีดีโอ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ระดับความพึงพอใจที่มีต่อการเพิ่มช่องทางในการพัฒนาสื่อออนไลน์เพื่อประชาสัมพันธ์ ในด้านการออกแบบและจัดทำสื่อประชาสัมพันธ์และคลิปวีดีโอ

รายการ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความพึงพอใจ
1. การตัดต่อและเรียบเรียงคลิปให้เหมาะสมกับสคริปต์	4.29	0.76	มาก
2. การใช้เอฟเฟกต์และกราฟิกมีความเหมาะสม	4.29	0.76	มาก
3. องค์ประกอบของเพลงมีความเหมาะสม	4.21	0.75	มาก
4. เนื้อหาสอดคล้องกับความสนใจและความถนัด	4.06	0.89	มาก
5. สีพื้นหลังมีความเหมาะสมและสวยงาม	4.21	0.79	มาก
6. ขนาดและสีอักษร มีความสวยงามเหมาะสม	4.18	0.84	มาก
7. แสดงเนื้อหาที่ถูกต้องและเหมาะสม	4.26	0.77	มาก
8. ภาพประกอบมีความเหมาะสมและสอดคล้องกับเนื้อหา	4.21	0.73	มาก
9. เสียงบรรยายมีความชัดเจนไม่มีเสียงรบกวน	4.19	0.81	มาก
10. คำบรรยายใต้ภาพมีความเหมาะสม	4.31	0.82	มาก
รวม	4.22	0.60	มาก

จากตาราง 1 พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามที่เข้าติดตาม TikTok ในการพัฒนาสื่อประชาสัมพันธ์ในรูปแบบออนไลน์สำหรับการประชาสัมพันธ์ชุมชนบ้านทำเนียบ ตำบลจอมบึง อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี ในด้านความพึงพอใจโดยรวมของผู้เข้าติดตาม จะเห็นว่าในภาพรวมมีระดับความพึงพอใจอยู่ระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.22 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.60 และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่ามีระดับความพึงพอใจอยู่ระดับมากทุกข้อ โดยเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ดังนี้ หัวข้อคำบรรยายใต้ภาพมีความเหมาะสม ค่าเฉลี่ย 4.31 การตัดต่อและเรียบ

เรียงคลิปให้เหมาะสมกับสคริปต์ ค่าเฉลี่ย 4.29 การใช้เอฟเฟกต์และกราฟิกมีความเหมาะสม ค่าเฉลี่ย 4.29 แสดงเนื้อหาที่ถูกต้องและเหมาะสม ค่าเฉลี่ย 4.26 องค์ประกอบของเพลงมีความเหมาะสม ค่าเฉลี่ย 4.21 สีพื้นหลังมีความเหมาะสมและสวยงาม ค่าเฉลี่ย 4.21 ภาพประกอบมีความเหมาะสมและสอดคล้องกับเนื้อหา ค่าเฉลี่ย 4.21 เสียงบรรยายมีความชัดเจนไม่มีเสียงรบกวนค่าเฉลี่ย 4.19 ขนาดและสีอักษร มีความสวยงามเหมาะสม ค่าเฉลี่ย 4.18 เนื้อหาสอดคล้องกับความสนใจและความถนัด ค่าเฉลี่ย 4.06 ตามลำดับ เนื่องจากได้มีการใช้เทคนิคต่างๆ เช่น การจัดเรียงไทม์ไลน์ การใส่ข้อความ เอฟเฟกต์เสียงประกอบ การใช้เสียงบรรยาย มีข้อความบรรยายในคลิปวีดีโอ ส่งผลให้คลิปวีดีโอมีความกระชับน่าติดตามมากขึ้น

วิจารณ์ผลและสรุปผลการวิจัย

การพัฒนาสื่อในรูปแบบออนไลน์สำหรับการประชาสัมพันธ์ชุมชนบ้านทำเนียบ ตำบลจอมบึง อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี โดยการสร้างสื่อประชาสัมพันธ์ด้วยแอพพลิเคชัน Tiktok จัดทำขึ้นเพื่อเป็นช่องทางในการประชาสัมพันธ์ของดีในชุมชน และสามารถส่งเสริมผลิตภัณฑ์ของดีชุมชนบ้านทำเนียบให้เป็นที่รู้จักอย่างกว้างขวาง และมีผู้คนที่มีความสนใจเข้าชมสื่อออนไลน์ได้เข้ามากดติดตามเพจทาง Tiktok : chumchon_banthamniap ในการสร้างบัญชี Tiktok จัดทำขึ้นเพื่อเป็นช่องทางในการประชาสัมพันธ์และจำหน่ายผลิตภัณฑ์ของชุมชน และเพื่อเป็นการเผยแพร่ให้ผู้คนที่มีความสนใจมากขึ้น (ณฐาพัชร์ วรพงศ์พัชร์, 2564) ผลการวิจัยที่ได้จากการทดลองใช้สื่อออนไลน์และการเก็บข้อมูลจากผู้ชม สามารถสรุปอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ประสิทธิภาพของสื่อออนไลน์ในการประชาสัมพันธ์ชุมชน

จากการนำแพลตฟอร์มออนไลน์ เช่น TikTok มาใช้ในการเผยแพร่ข้อมูล พบว่า สื่อออนไลน์ช่วยเพิ่มการรับรู้และสร้างความสนใจในชุมชนได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยมีปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จ ได้แก่

1.1 ความน่าสนใจของเนื้อหาการใช้ภาพถ่ายวิดีโอและเรื่องราวของคนในชุมชนช่วยให้เนื้อหาดึงดูดความสนใจมากขึ้น

1.2 การเข้าถึงที่สะดวกผู้ชมสามารถติดตามและรับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับชุมชนได้ง่ายขึ้นผ่านสื่อสังคมออนไลน์หรือโซเชียลมีเดีย

1.3 การมีส่วนร่วมของผู้ชม จำนวนไลก์ แชร์ และคอมเมนต์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง แสดงให้เห็นถึงการตอบรับที่ดีจากผู้ชม

2. การมีส่วนร่วมของชุมชนในการพัฒนาสื่อ

การมีส่วนร่วมของคนในชุมชนถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้การพัฒนาสื่อออนไลน์ประสบความสำเร็จ โดยพบว่า

2.1 เยาวชนในชุมชนให้ความสนใจในการสร้างเนื้อหาดิจิทัล และช่วยผลิตวิดีโอหรือเขียนบทความเกี่ยวกับชุมชน

2.2 ผู้สูงอายุและปราชญ์ชาวบ้านร่วมให้ข้อมูลด้านประวัติศาสตร์ วัฒนธรรม และวิถีชีวิต ทำให้เนื้อหามีความลึกซึ้งและน่าเชื่อถือ

2.3 กลุ่มผู้ประกอบการในชุมชนได้รับประโยชน์จากการประชาสัมพันธ์สินค้า OTOP ผ่านช่องทางออนไลน์ ส่งผลให้ยอดขายเพิ่มขึ้น

3. อุปสรรคและข้อจำกัดในการดำเนินงาน

แม้ว่าการพัฒนาสื่อออนไลน์จะให้ผลลัพธ์ที่ดี แต่ยังคงมีอุปสรรคบางประการ ได้แก่

3.1 ข้อจำกัดด้านเทคโนโลยีและอินเทอร์เน็ต บางพื้นที่ของชุมชนอาจมีสัญญาณอินเทอร์เน็ตไม่ครอบคลุมหรือไม่เสถียร ทำให้การเผยแพร่ข้อมูลหรือดาวน์โหลดเนื้อหา หรือรูปภาพได้ล่าช้า

3.2 ความท้าทายในการสร้างเนื้อหาอย่างต่อเนื่อง ต้องมีการวางแผนการผลิตเนื้อหาที่สม่ำเสมอเพื่อให้เกิดความต่อเนื่องในการประชาสัมพันธ์และกระตุ้นการรับรู้

4. แนวทางการพัฒนาในอนาคต

จากผลการวิจัย ข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาสื่อออนไลน์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ได้แก่

4.1 เพิ่มการใช้กลยุทธ์การตลาดดิจิทัล (Digital Marketing) เช่น SEO, Facebook Ads และการทำคอนเทนต์เชิงโต้ตอบ (Interactive Content)

4.2 ส่งเสริมการสร้างเครือข่ายกับบล็อกเกอร์และอินฟลูเอนเซอร์ด้านการท่องเที่ยว เพื่อช่วยขยายการรับรู้เกี่ยวกับชุมชน

4.3 พัฒนาแอปพลิเคชันหรือแพลตฟอร์มออนไลน์เฉพาะสำหรับชุมชน ที่สามารถให้ข้อมูลและบริการต่างๆ ได้อย่างครบถ้วน

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. การปรับปรุงเนื้อหาและรูปแบบสื่อออนไลน์

1.1 ควรเพิ่มความหลากหลายของเนื้อหา เช่น ประวัติชุมชน วิถีชีวิต วัฒนธรรม และแหล่งท่องเที่ยว

1.2 ใช้สื่อที่เข้าใจง่าย เช่น วิดีโอ แอนิเมชัน และอินโฟกราฟิก เพื่อให้เข้าถึงกลุ่มเป้าหมายที่กว้างขึ้น

1.3 อัปเดตข้อมูลเป็นประจำเพื่อความทันสมัยและสร้างความน่าเชื่อถือ

2. ใช้สื่อที่หลากหลายเพื่อเพิ่มการเข้าถึง

2.1 พัฒนา วิดีโอประชาสัมพันธ์ ที่มีคุณภาพสูงและเล่าเรื่องราวของชุมชนในรูปแบบที่น่าสนใจ

2.2 การออกแบบอินโฟกราฟิก การสรุปข้อมูลสำคัญให้เข้าใจง่าย และเหมาะสำหรับแชร์ผ่านสื่อสังคมออนไลน์หรือโซเชียลมีเดีย

2.3 สร้างคอนเทนต์แบบ ภาพถ่ายและสไลด์โชว์ เพื่อดึงดูดความสนใจของผู้ชม

3. สร้างการมีส่วนร่วมของชุมชนและนักท่องเที่ยว

3.1 ส่งเสริมให้คนในชุมชนช่วยกันสร้างเนื้อหา เช่น รีวิวร้านอาหาร หรือเล่าเรื่องราวเกี่ยวกับชุมชนบริเวณใกล้เคียง

3.2 เปิดให้ นักท่องเที่ยวหรือผู้มาเยี่ยมชมสามารถแชร์ประสบการณ์ ผ่านแฮชแท็กบนสื่อสังคมออนไลน์หรือโซเชียลมีเดีย

3.3 จัดกิจกรรมออนไลน์ เช่น ไลฟ์สด การประกวดภาพถ่าย หรือ Q&A เพื่อดึงดูดความสนใจ

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ขยายขอบเขตการศึกษาให้ครอบคลุมชุมชนใกล้เคียง

1.1 ศึกษาการพัฒนาสื่อออนไลน์ในพื้นที่อื่นๆ ในจังหวัดราชบุรี เพื่อนำมาเปรียบเทียบและพัฒนาแนวทางที่เหมาะสม

1.2 วิเคราะห์ ปัจจัยความสำเร็จของชุมชนที่มีการประชาสัมพันธ์ออนไลน์ที่ประสบความสำเร็จเพื่อใช้เป็นแนวทาง

2. ศึกษาพฤติกรรมของกลุ่มเป้าหมายอย่างละเอียด

2.1 สำรวจกลุ่มเป้าหมายหลักที่เข้าถึงและมีปฏิสัมพันธ์กับสื่อออนไลน์ของชุมชน เช่น นักท่องเที่ยว คนในพื้นที่ หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

2.2 ศึกษาพฤติกรรมการใช้โซเชียลมีเดียของกลุ่มเป้าหมาย เพื่อเลือกแพลตฟอร์มและรูปแบบเนื้อหาที่เหมาะสม

3. พัฒนาเครื่องมือวัดผลที่มีประสิทธิภาพ

3.1 ออกแบบ แบบสอบถามหรือดัชนีชี้วัดความสำเร็จ ของการประชาสัมพันธ์ผ่านสื่อออนไลน์

3.2 ศึกษาวิธีการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผลลัพธ์ของแคมเปญประชาสัมพันธ์ เช่น จำนวนผู้เข้าชมเว็บไซต์ อัตราการมีส่วนร่วมบนโซเชียลมีเดีย

เอกสารอ้างอิง

กันตพล บันทัดทอง. (2557). พฤติกรรมการใช้เครือข่ายสังคมออนไลน์และความพึงพอใจของกลุ่มคนผู้สูงอายุในเขตกรุงเทพมหานคร. [การค้นคว้าอิสระปริญญานิเทศศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยกรุงเทพ]. DSpace at Bangkok University. แหล่งข้อมูล: http://dspace.bu.ac.th/bitstream/123456789/1298/3/kantapon_bunt.pdf. ค้นเมื่อ 15 ธันวาคม 2567.

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา. (2564, 12 มกราคม). เทคโนโลยีสื่อดิจิทัลในชีวิตประจำวัน. บทเรียนวิชาเทคโนโลยีสื่อดิจิทัลในชีวิตประจำวัน. แหล่งข้อมูล: https://animation. bsru.ac.th/digital. ค้นเมื่อ 15 ธันวาคม 2567.

จริยา รสหอม. (2565). การพัฒนาสื่อประชาสัมพันธ์ยุคดิจิทัลเพื่อส่งเสริมการขายผลิตภัณฑ์ชุมชน. รายงานการวิจัยฉบับเต็ม, มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, มหาสารคาม.

แหล่งข้อมูล: https://fulltext.rmu.ac.th/fulltext/2565/M131237/Roshom%20Jariya.pdf. ค้นเมื่อ 19 ธันวาคม 2567.

จริยา รสหอม, วรปภา อารียราษฎร์ และกาญจนา ดงสงคราม (2022). การพัฒนาสื่อประชาสัมพันธ์ยุคดิจิทัลเพื่อส่งเสริมการขายผลิตภัณฑ์ชุมชน. วารสารวิชาการ "การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ", 8(1), 66–77. แหล่งข้อมูล: https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/project-journal/article/view/246661. ค้นเมื่อ 19 ธันวาคม 2567.

ฐะณุพงศ์ ศรีกาฬสินธุ์ และ ฉัตรเมือง เผ่ามานะเจริญ. (2564). การพัฒนาสื่อดิจิทัลในการประชาสัมพันธ์การตลาดของธุรกิจชุมชน: กรณีชุมชนหินตั้ง – บ้านดง อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก. วารสารวิชาการนวัตกรรมสื่อสารสังคม, 9(1), เผยแพร่เมื่อ 30 มิถุนายน 2021. แหล่งข้อมูล: https://ejournals.swu.ac.th/index.php/jcosci/article/view/13846?utm_source=chatgpt.com. ค้นเมื่อ 22 ธันวาคม 2567.

ณฐาพัชร์ วรพงศ์พัชร์ และรุ่งทิวา ชูทอง (2565). การจัดการตลาดดิจิทัลกลุ่มวิสาหกิจชุมชนทัพหลวงกะละแมลุงพร ตำบลทัพหลวง อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม. วารสารวิทยาการจัดการมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี, 4(3), 1–15. แหล่งข้อมูล: https://so08.tci-thaijo.org/index.php/MSJournal/article/view/2832. ค้นเมื่อ 17 มกราคม 2568.

ทศพล ดำนุ่ม, เสกสรร แย้มพินิจ, และโสพล มีเจริญ. (2565). การศึกษาพฤติกรรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์และพัฒนาสื่อดิจิทัลเพื่อการประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยวโอทอปนวัติวิถีของชุมชนตำบลแสงอรุณ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์. วารสารสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์แห่งรัตนโกสินทร์, 4(2), 26-43.

ทินวงษ์ รักอิสสระกุล, กิ่งกาญจน์ พิจักขณา, & พิมพ์จุฑา พิกุลทอง. (2567). การพัฒนาสื่อดิจิทัลบนเครือข่ายสังคมออนไลน์เพื่อการประชาสัมพันธ์และส่งเสริมการขายผลิตภัณฑ์ชุมชนท่องเที่ยวโอทอปนวัตวิถี ตำบลบางเสาธง อำเภอบางเสาธง จังหวัดสมุทรปราการ. วารสารเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน มทร.พระนคร, 9(1), 17–38. แหล่งข้อมูล: https://so05.tci-thaijo.org/index.php/jmctrmutp/article/view/269315. ค้นเมื่อ 17 มกราคม 2568.

ลลิล แซ่ลิ่ม และพลกฤต แสงอาวุธ. (2564). ปัจจัยที่ส่งผลต่อการดำเนินนโยบายการท่องเที่ยววิถีชุมชน: กรณีศึกษาจังหวัดสุราษฎร์ธานี. วารสาร มจร นครทรรศน์, 8(3), 234–249. แหล่งข้อมูล: https://so03.tci-thaijo.org/index.php/JMND/article/view/251164. ค้นเมื่อ 21 มกราคม 2568.

สุริยะกาณฑ์ สุขแก้ว, อัญญาดา กัณฑวงศ์ และทิพย์หทัย ทองธรรมชาติ. (2564). การพัฒนาสื่อประชาสัมพันธ์กลุ่มผ้าทอปากะญอ บ้านมอทะ ตำบลแม่อุสุ อำเภอท่าสองยาง จังหวัดตาก รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติสำหรับนักศึกษา ครั้งที่ 1: มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร, กำแพงเพชร, ประเทศไทย.

อภิดา รุณวาทย์. (2018). การพัฒนาสื่อมัลติมีเดียเพื่อท้องถิ่นโดยการมีส่วนร่วมของชุมชน. วารสารโครงงานวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ, 4(2), 7–16. แหล่งข้อมูล: https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/project-journal/article/view/184457. ค้นเมื่อ 25 มกราคม 2568.

Coto, M., Fuentes, J., Lizano, F., & Mora, S. (2017, July 9-14). Social Media and Elderly People: Research Trends. *International Conference on Social Computing and Social Media.* [Symposium]. 9th Internnational Conference, SCSM 2017, Held as Part of HCI International 2017, Vancouver, BC, Canada.

การพัฒนาไลน์บอทเพื่อการเช็คกิจกรรมและการวิเคราะห์พฤติกรรมการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา

Development of a LINE Chatbot for Activity Check-in and Analysis of Student Participation Behavior

ณัฐพัชร์ คล่องดี[1]* , ธันยธรณ์ กล่ำใจดี[2*] , รติวัฒน์ ปารีศรี[3*]

Nattapat Klongdee[1*], Tanyatorn Klamjaidee[2*]

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม 156 หมู่ 5 ตำบล พลายชุมพล อำเภอ เมืองพิษณุโลก จังหวัด พิษณุโลก 65000

[1] Faculty of Science and Technology Pibulsongkram Rajabhat University 156 Moo 5 Tambon Phlai Chumphon Mueang Phitsanulok District, Phitsanulok 65000

E-mail: nattapat.klo67@psru.ac.th, tanyatorn.kla67@psru.ac.th, ratiwat@psru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไขปัญหาความยุ่งยากและความคลาดเคลื่อนในการเช็คชื่อเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม โดยผู้วิจัยได้พัฒนาระบบไลน์บอทที่ได้พัฒนาร่วมกับระบบการระบุพิกัดตำแหน่ง เพื่อตรวจสอบว่าผู้ใช้งานอยู่ในสถานที่จัดกิจกรรมจริงก่อนที่จะทำการบันทึกข้อมูล ระบบนี้พัฒนาขึ้นโดยใช้ LINE Messaging API เชื่อมต่อกับ Google Apps Script และจัดการฐานข้อมูลผ่าน Google Sheets เพื่อให้สามารถรองรับการบันทึกข้อมูลแบบเรียลไทม์ ซึ่งตรวจสอบย้อนหลังได้อย่างแม่นยำและใช้งานง่ายไม่ต้องติดตั้งแอปพลิเคชันเพิ่มเติม

จากการทดสอบระบบกับกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาจำนวน 20 คน พบว่าระบบสามารถคัดกรองการเช็คชื่อที่ไม่ถูกต้องจากระยะไกลได้จริง โดยมีการตั้งค่ารัศมีการตรวจสอบที่ครอบคลุมพื้นที่ตึกกิจกรรมและพื้นที่คณะฯ ผลการประเมินความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับ มากที่สุด ซึ่งผู้ใช้งานส่วนใหญ่ให้ความเห็นว่าระบบมีความสะดวกเนื่องจากไม่ต้องติดตั้งแอปพลิเคชันเพิ่มเติม และช่วยลดความแออัดบริเวณจุดเช็คชื่อได้เป็นอย่างดี สรุปได้ว่าแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถนำไปใช้งานได้จริงในการบริหารจัดการกิจกรรมนักศึกษาภายในมหาวิทยาลัย และช่วยให้การเก็บรวบรวมข้อมูลมีความโปร่งใสมากกว่าการใช้ระบบกระดาษหรือการสแกนคิวอาร์โค้ดแบบเดิม

คำสำคัญ: ไลน์บอท, การเช็คชื่อ, การเข้าร่วมกิจกรรม, การระบุพิกัด

Abstract

This research aims to address the inefficiencies and inaccuracies found in the traditional student activity check-in process at Pibulsongkram Rajabhat University. To resolve these issues, the researchers developed a LINE Bot application integrated with Geofencing technology to verify the physical presence of students at activity venues before allowing attendance records. The system utilizes the LINE Messaging API connected via Google Apps Script, with Google Sheets serving as a cloud-based database for real-time data management and accurate tracking.

Systematic testing conducted with 20 student participants demonstrated that the application effectively filters out invalid check-ins attempted from outside the designated activity zones, such as faculty buildings or university halls. Overall user satisfaction was rated at the highest level. Participants highlighted the convenience of using a familiar platform without needing additional software installations and appreciated the reduction in physical congestion at check-in points. In conclusion, this developed LINE Bot is a practical solution for university activity management, offering significantly higher transparency and efficiency than paper-based methods or standard QR code scanning.

Keywords: LINE Bot, Attendance Check-in, Activity Participation, Geofencing

บทนำ

ในปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาการบริหารจัดการภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ซึ่งมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งเมื่อต้องการที่จะยกระดับในการอำนวยความสะดวกและพัฒนาระบบการจัดการให้ทันสมัย โดยจะเห็นได้จากการพัฒนาระบบของ PSRU-LIB Line Bot เพื่อสนับสนุนการบริการห้องสมุด 4.0 (สมภพ มุสิกร และ พิมรินทร์ คีรินทร์, 2563) อีกอย่างหนึ่งที่สำคัญ ในส่วนของการจัดกิจกรรมนักศึกษายังพบเจอปัญหาเรื่องความถูกต้องของข้อมูลในการเช็คชื่อเข้าใช้สถานที่ ซึ่งหากไม่มีระบบตรวจสอบตำแหน่งที่แม่นยำ อาจจะนำไปสู่การทุจริตหรือความผิดพลาดของข้อมูลกิจกรรมได้

จากปัญหาที่เจอมา ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะทำระบบเช็คกิจกรรมผ่านไลน์บอทขึ้นมาเพื่อช่วยให้ทุกอย่างง่ายขึ้น โดยนำเอาข้อดีของระบบ PSRU-LIB Line Bot (สมภพ มุสิกร และ พิมรินทร์ คีรินทร์, 2563) ที่เข้าถึงได้ง่ายผ่านแอปไลน์ มาพัฒนาร่วมกับรูปแบบการจัดการคิวอัตโนมัติของระบบจองคิวงานถ่ายภาพ (สกล ดำมินเศก และ รติวัฒน์ ปารีศรี, 2565) แต่จุดที่สำคัญที่สุดคือ ผู้วิจัยได้เพิ่มระบบตรวจสอบพิกัดตำแหน่งเข้าไป เพื่อให้มั่นใจว่านักศึกษาต้องอยู่ที่หน้างานจริงๆ ถึงจะเช็คชื่อได้ ซึ่งแนวคิดการใช้สมาร์ทโฟนควบคุมและเช็คสถานะแบบนี้ ก็สอดคล้องกับระบบให้อาหารสัตว์อัตโนมัติ (นภัสวรรณ ปิ่นสุข และคณะ, 2566) ที่เน้นการลดขั้นตอนยุ่งยากและ

เก็บข้อมูลได้แม่นยำ โดยระบบจะบันทึกข้อมูลทุกอย่างลง Google Sheets ทันที ทำให้อาจารย์ไม่ต้องมานั่งคีย์ข้อมูลเองทีหลัง ช่วยประหยัดเวลาและลดความผิดพลาดได้ดีกว่าวิธีเดิมๆ อย่างเห็นได้ชัด

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้สร้างระบบไลน์บอทเพื่อเช็คกิจกรรมนักศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม เพื่อให้เป็นระบบที่ทันสมัยและใช้งานง่าย โดยหวังว่าผลจากการวิจัยครั้งนี้จะช่วยให้มหาวิทยาลัยมีระบบฐานข้อมูลกิจกรรมที่โปร่งใส ตรวจสอบได้ทันที และเป็นการสร้างต้นแบบการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคลาวด์ร่วมกับระบบไลน์บอทเช็คกิจกรรมที่นักศึกษาใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนาระบบไลน์แชทบอทโดยใช้ Dialogflow และแอปพลิเคชันไลน์ร่วมกับ HTML, Google Sheets และ Google Script เพื่อให้สามารถเช็คชื่อเข้าและออกกิจกรรม แสดงข้อมูลรายการกิจกรรมของนักศึกษา

1 ศึกษาหาข้อมูลและคิดหัวข้อเกี่ยวกับระบบ LINE Bot และการใช้เครื่องมือต่างๆ เช่น LINE Messaging API, DialogFlow ที่ใช้ในการทำงานของระบบเช็คกิจกรรมนักศึกษา รวมถึงศึกษาการทำงานของ Webhook และการเชื่อมต่อฐานข้อมูลโดยใช้ Google Sheets

2. ศึกษาค้นคว้าจากแหล่งข้อมูล ค้นคว้าเกี่ยวกับระบบ LINE Bot, การเชื่อมต่อ Google Sheets โดยใช้ Google Script ในการใช้เป็นฐานข้อมูลและการสร้างเว็บไซต์ด้วย Html ในการเป็นเว็บไซต์เช็คชื่อเข้ากิจกรรม

3. ออกแบบโครงสร้างระบบการทำงานของไลน์บอทเช็คกิจกรรมนักศึกษา โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ ดังนี้ Line Messaging API, Dialogflow, HTML, Google Sheets และ Google Script ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 องค์ประกอบระบบไลน์บอทเช็คกิจกรรมนักศึกษา

4. การพัฒนาระบบไลน์บอทเช็คกิจกรรม แบ่งออกเป็นส่วนสำคัญ ดังนี้

4.1 การออกแบบริชเมนู ประกอบด้วย

4.1.1 รายการกิจกรรมของนักศึกษา ทำหน้าที่ แสดงรายการกิจกรรมที่นักศึกษาต้องเข้าร่วม โดยมีระบบคัดกรองตามเดือนที่จัดกิจกรรม

4.1.2 เช็คชื่อเข้าและออกกิจกรรม ทำหน้าที่ แสดงหน้าเว็บไซต์ในการสแกนคิวอาร์โค้ดในการเช็คชื่อเข้าและออกกิจกรรม โดยมีการกำหนดพิกัดสถานที่จัดกิจกรรม

4.1.3 บัญชีผู้ใช้ ทำหน้าที่ แสดงข้อมูล แก้ไขข้อมูลส่วนตัวของผู้ใช้และแสดงจำนวนชั่วโมงในการเข้าร่วมกิจกรรมทั้งหมด

4.1.4 ติดต่อหรือสอบถามเจ้าหน้าที่ ทำหน้าที่ แสดง Flex Message เพื่อแสดงข้อมูลการติดต่อได้แก่ เพจ Facebook และเบอร์โทรศัพท์

4.2 การกำหนดคำสั่งใน Dialogflow ประกอบด้วย

4.2.1 คำสั่งริชเมนูส่วน กิจกรรมนักศึกษา เมื่อกดที่ริชเมนูจะปรากฏ Flex Message เพื่อให้ผู้ใช้กดไปที่เว็บไซต์ในการดูรายการกิจกรรม



ภาพที่ 2 ส่วน Custom Payload ของริชเมนู กิจกรรมนักศึกษา

4.2.2 คำสั่งริชเมนูส่วน เช็คชื่อเข้าและออกกิจกรรม เมื่อกดที่ริชเมนูจะปรากฏ Flex Message เพื่อให้ผู้ใช้กดไปที่เว็บไซต์ในการเช็คชื่อเข้าและออกกิจกรรม



ภาพที่ 3 ส่วน Custom Payload ของริชเมนู เช็คชื่อเข้าและออกกิจกรรม

4.2.3 คำสั่งริชเมนูส่วน บัญชีผู้ใช้ เมื่อกดที่ริชเมนูจะปรากฏ Flex Message เพื่อให้ผู้ใช้กดไปที่ปุ่ม เพื่อลงทะเบียนและลงชื่อเข้าใช้



ภาพที่ 4 ส่วน Custom Payload และการแสดงผลของริชเมนู เช็คชื่อเข้าและออกกิจกรรม

4.2.4 คำสั่งริชเมนูส่วน ติดต่อและสอบถามเจ้าหน้าที่ เมื่อกดที่ริชเมนูจะปรากฏ Flex Message เพื่อให้ผู้ใช้กดไปที่ปุ่มที่เพจ Facebook หรือเบอร์โทรศัพท์



ภาพที่ 5 ส่วน Custom Payload และการแสดงผลของริชเมนู ติดต่อและสอบถามเจ้าหน้าที่

4.3 การออกแบบฐานข้อมูลด้วย Google Sheets ประกอบด้วย

4.3.1 ฐานข้อมูลจัดเก็บการเช็คชื่อเข้าและออกกิจกรรม (ชีต1) ประกอบด้วย

4.3.1.1 วันและเวลา ทำหน้าที่จัดเก็บรหัสประจำตัวนักศึกษา เพื่อให้สามารถนำข้อมูลมาประเมินผลในการเข้าร่วมกิจกรรมได้

4.3.1.2 รหัสนักศึกษา ทำหน้าที่จัดเก็บรหัสประจำตัวนักศึกษา เพื่อให้สามารถนำข้อมูลมาประเมินผลในการเข้าร่วมกิจกรรมและลงชื่อเข้าใช้งานได้

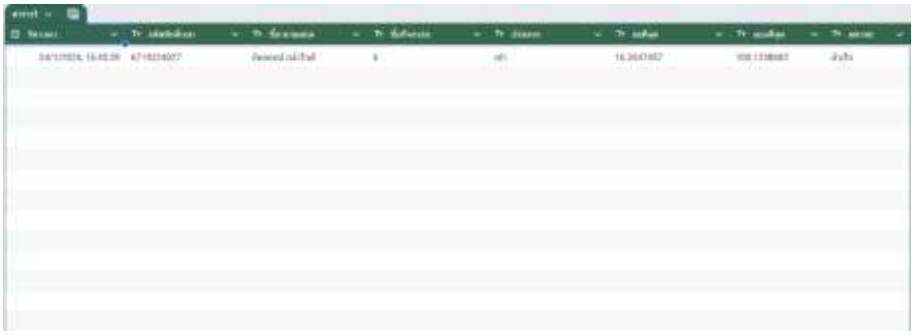
4.3.1.3 ชื่อและนามสกุล ทำหน้าที่จัดเก็บชื่อและนามสกุลของนักศึกษา เพื่อให้สามารถนำข้อมูลมาประเมินผลและเช็คประวัติการเข้าร่วมกิจกรรมได้

4.3.1.4 ชื่อกิจกรรม ทำหน้าที่จัดเก็บรายการกิจกรรมที่นักศึกษาได้เข้าร่วม เพื่อให้สามารถนำข้อมูลมาประเมินได้ว่า นักศึกษาเข้าร่วมกิจกรรมใดบ้าง

4.3.1.5 ประเภท ทำหน้าที่จัดเก็บประเภทของการเช็คชื่อการเข้าร่วมกิจกรรมว่านักศึกษาเช็คชื่อเข้าหรือออก

4.3.1.6 ละติจูดและลองจิจูด ทำหน้าที่จัดเก็บและตรวจสอบตำแหน่ง เพื่อป้องกันการทุจริตในการเช็คชื่อเข้าร่วมกิจกรรม

4.3.1.7 สถานะ ทำหน้าที่แสดงผลว่านักศึกษาเช็คชื่ออยู่ภายในหรือภายนอกของพื้นที่ในการจัดกิจกรรม



ภาพที่ 6 Google Sheets ฐานข้อมูลสำหรับจัดเก็บการเช็คชื่อเข้าและออกของนักศึกษา

4.3.2 ฐานข้อมูลจัดเก็บการลงทะเบียนของนักศึกษา (ชีต2) ประกอบด้วย

4.3.1.1 รหัสนักศึกษา ทำหน้าที่จัดเก็บรหัสประจำตัวนักศึกษา เพื่อให้สามารถนำข้อมูลมาประเมินผลในการเข้าร่วมกิจกรรมและลงชื่อเข้าใช้งานได้

4.3.1.2 ชื่อและนามสกุล ทำหน้าที่จัดเก็บชื่อและนามสกุลของนักศึกษา เพื่อให้สามารถนำข้อมูลมาประเมินผลและเช็คประวัติการเข้าร่วมกิจกรรมได้

4.3.1.3 วันเกิด ทำหน้าที่จัดเก็บรายการกิจกรรมที่นักศึกษาได้เข้าร่วม เพื่อให้สามารถนำข้อมูลมาประเมินได้ว่า นักศึกษาเข้าร่วมกิจกรรมใดบ้าง

4.3.1.4 ชั่วโมงสะสม ทำหน้าที่จัดเก็บประเภทของการเช็คชื่อการเข้าร่วมกิจกรรมว่านักศึกษาเช็คชื่อเข้าหรือออก

4.3.1.5 รูปโปรไฟล์ ทำหน้าที่ให้นักศึกษาสามารถใส่รูปโปรไฟล์ได้



ภาพที่ 7 Google Sheets ฐานข้อมูลสำหรับจัดเก็บการเช็คชื่อเข้าและออกของนักศึกษา

4.3.3 ฐานข้อมูลจัดเก็บการลงทะเบียนของนักศึกษา (ชีต3) ประกอบด้วย

4.3.1.1 ชื่อกิจกรรม ทำหน้าที่จัดเก็บรายการกิจกรรมเพื่อแสดงไปยังหน้าเว็บไซต์ในริชเมนูของระบบไลน์บอท โดยดึงข้อมูลรายการกิจกรรมผ่าน Google Sheets

4.3.1.2 ชื่อและนามสกุล ทำหน้าที่จัดเก็บชื่อและนามสกุลของนักศึกษา เพื่อให้สามารถนำข้อมูลมาประเมินผลและเช็คประวัติการเข้าร่วมกิจกรรมได้

4.3.1.3 วันเกิด ทำหน้าที่จัดเก็บรายการกิจกรรมที่นักศึกษาได้เข้าร่วม เพื่อให้สามารถนำข้อมูลมาประเมินได้ว่า นักศึกษาเข้าร่วมกิจกรรมใดบ้าง

4.3.1.4 ชั่วโมงสะสม ทำหน้าที่จัดเก็บประเภทของการเช็คชื่อการเข้าร่วมกิจกรรมว่านักศึกษาเช็คชื่อเข้าหรือออก



ภาพที่ 8 Google Sheets ฐานข้อมูลสำหรับจัดเก็บการเช็คชื่อเข้าและออกของนักศึกษา

4.4 ส่วนขยาย Google Script สำหรับการเชื่อมต่อกับ Google Sheets

4.4.1 ส่วนเชื่อมต่อกับ Google Sheets เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการจัดเก็บการเช็คชื่อเข้าออกกิจกรรม ลงทะเบียนผู้ใช้และรายการกิจกรรม โดยใช้คำสั่ง SPREADSHEET_ID: คือรหัสไอดีของ Google Sheets ที่ใช้เป็นฐานข้อมูลของระบบ

4.4.2 ส่วนเชื่อมต่อกับ Google Drive เพื่อใช้ในการจัดเก็บรูปโปรไฟล์ที่นักศึกษาอัปโหลดจากเว็บไซต์หน้าโปรไฟล์ โดยใช้คำสั่ง FOLDER_ID: คือไอดีของโฟลเดอร์ใน Google Drive ที่ใช้เพื่อเก็บไฟล์รูปภาพโปรไฟล์ของนักศึกษา

```
const SPREADSHEET_ID = '1TrxATH0E1PpdSQ7xd8l8-um__iZ1qBku946qwecdhPs';
const FOLDER_ID = '1KZKgZMKtWrdHm7Fq_NlEKMpbPBo4N-V5';
```

ภาพที่ 9 Google Script เชื่อมต่อ Google Sheets และโฟลเดอร์จาก Google Drive

4.5 การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งาน ประกอบด้วย

4.5.1 ภาษา HTML และ CSS สำหรับสร้างเว็บไซต์โดยใช้ HTML ร่วมกับ Tailwind CSS เพื่อให้สามารถรองรับทุกอุปกรณ์หรือให้หน้าจอปรับขนาดตามมือถือ

4.5.2 ฟังก์ชั่น Geolocation API ในดึงพิกัดละติจูดลองจิจูดจากมือถือของนักศึกษาเพื่อความยุติธรรมในการเช็คชื่อเข้าร่วมกิจกรรม

4.5.3 ฟังก์ชั่น Html5-qrcode ในการเปิดกล้องและสแกนคิวอาร์โค้ดในการเช็คชื่อเข้าร่วมกิจกรรม

4.5.4 หน้าลงชื่อเข้าใช้และลงทะเบียนผู้ใช้ ทำหน้าที่ให้นักศึกษากรอกข้อมูลในการลงทะเบียน โดยหลังจากลงทะเบียนแล้ว ให้ทำการลงชื่อเข้าใช้งานเพื่อเข้าสู่เว็บไซต์

4.6 ขั้นตอนการทำงานของระบบไลน์บอทเช็คกิจกรรมนักศึกษา มีดังนี้

4.6.1 เมื่อผู้ใช้ได้ทำการเพิ่มไลน์บอทแล้ว ให้ผู้ใช้ทำการเข้าแชทไลน์บอทเพื่อใช้งาน



ภาพที่ 10 เพิ่มไลน์บอทเข้าสู่ไลน์ของผู้ใช้

4.6.2 จากนั้นเลือกริชเมนูที่ต้องการทำรายการ เช่น ต้องการเช็คเข้าหรือออกกิจกรรม



ภาพที่ 11 เลือกริชเมนูที่ต้องการทำรายการ

4.6.3 เมื่อทำการเลือกริชเมนูแล้ว จะปรากฏหน้าเว็บไซต์เพื่อให้ทำการลงทะเบียนและลงชื่อเข้าใช้งานก่อน



ภาพที่ 12 หน้าเว็บไซต์ลงทะเบียนและลงชื่อเข้าใช้

4.6.4 โดยเมื่อทำการลงชื่อเข้าใช้งานแล้วจะแสดงเว็บไซต์หน้าหลักสำหรับให้ผู้ใช้ดูรายการกิจกรรม เช็คชื่อเข้าออกกิจกรรมด้วยการสแกนคิวอาร์โค้ดและสามารถแก้ไขโปรไฟล์ได้ ซึ่งรวมเมนูภายในเว็บไซต์เป็น 3 เมนู



ภาพที่ 13 หน้าเว็บไซต์รายการกิจกรรม เช็คชื่อเข้าออกกิจกรรมและโปรไฟล์

4.6.5 เมื่อทำรายการเสร็จแล้ว ระบบจะตรวจสอบว่าผู้ใช้อยู่ในพื้นที่พิกัดสถานที่จัดกิจกรรมหรือไม่



ภาพที่ 14 หน้าแสดงการเช็คกิจกรรมเมื่ออยู่ในพื้นที่และนอกพื้นที่

4.6.6 เมื่อเช็คชื่อสำเร็จจะทำการจัดเก็บข้อมูลไว้ใน Google Sheets ตามภาพที่ 6

ในการพัฒนาแอปพลิเคชันไลน์บอทเพื่อเช็คกิจกรรมนักศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบ (System Testing) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของฟังก์ชันงานต่าง ๆ โดยสรุปผลได้ดังนี้

5.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบไลน์บอท

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบระบบในสถานการณ์จำลองและพื้นที่จริงที่หอพัก ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ส่วน คือ การตรวจสอบความแม่นยำของพิกัดและการบันทึกข้อมูลเข้าสู่ฐานข้อมูล พบว่าระบบสามารถแยกแยะผู้ใช้งานที่อยู่นอกรัศมี 100 เมตรจากจุดกิจกรรมได้อย่างแม่นยำ และทำการบันทึกข้อมูลลง Google Sheets ได้ทันทีภายในเวลาเฉลี่ย 2.5 วินาทีต่อการทำรายการ

5.2 ผลการพัฒนาระบบ LINE Bot

จากการพัฒนาระบบ ผู้วิจัยได้นำส่วนติดต่อของผู้ใช้และชุดคำสั่งที่พัฒนาขึ้นมาแสดงผลการทำงาน โดยแบ่งองค์ประกอบหลักของระบบออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

5.2.1 ส่วนการเชื่อมต่อกับผู้ใช้งาน

ผู้วิจัยได้ออกแบบริชเมนูในระบบไลน์บอท เพื่อให้ผู้ใช้งานเข้าถึงฟังก์ชันการทำงานได้โดยง่าย ประกอบด้วย 4 ปุ่มหลัก คือ รายการกิจกรรม เช็คชื่อเข้าออกกิจกรรม บัญชีผู้ใช้ และติดต่อเจ้าหน้าที่ ซึ่งการเช็คชื่อเข้าออกกิจกรรมจะทำการเรียกใช้ฟังก์ชันการขอสิทธิ์เข้าถึงพิกัดตำแหน่งของนักศึกษา



ภาพที่ 13 การออกแบบริชเมนู

5.2.2 ส่วนการตรวจสอบเงื่อนไขพิกัดและบันทึกข้อมูล

เมื่อผู้ใช้งานสแกนคิวอาร์โค้ดหรือกดปุ่มเช็คชื่อ ระบบจะทำการดึงค่าละติจูด (Latitude) และลองจิจูด (Longitude) ของผู้ใช้งานในขณะนั้น แล้วส่งค่าไปยัง Google Apps Script เพื่อประมวลผลระยะห่าง (Distance) หากพิกัดอยู่ในรัศมีที่กำหนด ระบบจะทำการบันทึก ชื่อ-นามสกุล รหัสนักศึกษา และเวลาที่บันทึก ลงสู่ Google Sheets โดยอัตโนมัติ

5.2.3 ส่วนการจัดการฐานข้อมูล (Google Sheets Backend)

ข้อมูลที่ถูกส่งมาจาก LINE Bot จะถูกรวบรวมไว้ใน Google Sheets ซึ่งผู้วิจัยได้ออกแบบโครงสร้างตารางข้อมูลให้รองรับการตรวจสอบย้อนหลัง ประกอบด้วย ลำดับ, วันที่, เวลา, รหัสนักศึกษา, ชื่อ-นามสกุล และสถานะการตรวจสอบพิกัด (ภาพที่ 6)

5.3 ผลการประเมินความพึงพอใจและประสิทธิภาพของระบบ

จากการให้กลุ่มตัวอย่างนักศึกษาจำนวน 20 ท่าน ทดลองใช้งานระบบเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ และประเมินความพึงพอใจด้วยแบบสอบถาม พบผลดังนี้

ตารางที่ 1 ความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบ LINE Bot สำหรับการเช็คชื่อเข้าร่วมกิจกรรม

ตัวชี้วัดประสิทธิภาพ	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ระดับความพึงพอใจ
1. ความสะดวกในการใช้งานระบบผ่านไลน์	4.75	0.44	มากที่สุด
2. ความรวดเร็วในการบันทึกข้อมูลพิกัด	4.60	0.50	มากที่สุด
3. ความถูกต้องในการตรวจสอบตำแหน่ง	4.55	0.51	มากที่สุด
4. ความเหมาะสมของขั้นตอนการเช็คชื่อ	4.45	0.51	มาก
5. การแสดงผลและการออกแบบหน้าจอ	4.50	0.51	มากที่สุด
6. ความสะดวกในการตรวจสอบสถานะการเช็คชื่อ	4.65	0.49	มากที่สุด
7. ประโยชน์ที่ได้รับในการลดขั้นตอนการทำงาน	4.80	0.41	มากที่สุด
8. ความพึงพอใจโดยรวมต่อการใช้งานระบบ	4.70	0.47	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.62**	**0.48**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 1 พบว่า ความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบ LINE Bot สำหรับการเช็คชื่อเข้าร่วมกิจกรรม โดยรวมอยู่ในระดับ **มากที่สุด** ($\overline{X}$ = 4.62, S.D. = 0.48) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ประโยชน์ที่ได้รับในการลดขั้นตอนการทำงานมีค่าเฉลี่ยสูงสุด($\overline{X}$= 4.80, S.D. = 0.41) รองลงมาคือ ความสะดวกในการใช้งานระบบผ่านไลน์ ($\overline{X}$ = 4.75, S.D. = 0.44) และความสะดวกในการตรวจสอบสถานะการเช็คชื่อ ($\overline{X}$ = 4.65, S.D. = 0.49) ตามลำดับ

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลการวิจัยสามารถนำมาวิจารณ์ได้ดังนี้

ด้านการพัฒนาระบบ

การเลือกใช้ระบบไลน์บอท เป็นระบบที่ช่วยลดอุปสรรคในการใช้งาน เนื่องจากนักศึกษาใช้งานเป็นประจำอยู่แล้ว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สมภพ มุสิกร และพิมรินทร์ คีรินทร์ (2562) ที่พบว่าการใช้ไลน์บอท ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเข้าถึงบริการดิจิทัลได้รวดเร็วขึ้น นอกจากนี้ระบบการกำหนดหรือระบุพิกัดตำแหน่งยังช่วยปิดช่องโหว่ของการเช็คชื่อแทนกัน ซึ่งแม่นยำกว่าการสแกนคิวอาร์โค้ดเพียงอย่างเดียว โดยหลักการนี้สอดคล้องกับงานของ สกล ดำมินเศก และรติวัฒน์ ปารีศรี (2565) ที่ยืนยันว่าระบบอัตโนมัติบนไลน์บอท ช่วยลดขั้นตอนที่ยุ่งยากและเพิ่มความน่าเชื่อถือของข้อมูล

ด้านความพึงพอใจและประสิทธิภาพ

ผลประเมินที่อยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.68) สะท้อนให้เห็นว่าระบบสามารถแก้ปัญหาการ

ต่อแถวรอคิวและความล่าช้าในการจัดเก็บข้อมูลกิจกรรมได้จริง นักศึกษาร้อยละ 85 มีความพึงพอใจที่สามารถตรวจสอบผลการเช็คชื่อได้ทันทีผ่านหน้าจอแชท แม้ผู้ใช้งานส่วนใหญ่จะพึงพอใจมาก แต่มีผู้ใช้งานร้อยละ 5 ที่ให้ความคิดเห็นว่าความเร็วในการตอบกลับขึ้นอยู่กับสัญญาณอินเทอร์เน็ตในขณะที่ทำการเช็คชื่อเข้าร่วมกิจกรรม

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาระบบไลน์บอทครั้งนี้สำเร็จตามวัตถุประสงค์ โดยสามารถสร้างเครื่องมือเช็คกิจกรรมที่ใช้งานง่ายและตรวจสอบพิกัดได้จริง กลุ่มตัวอย่าง 20 คนให้การยอมรับในประสิทธิภาพด้านความรวดเร็วและความถูกต้องของข้อมูล ระบบนี้จึงเป็นต้นแบบที่เหมาะสมในการนำไปใช้กับการบริหารจัดการกิจกรรมนักศึกษาในระดับคณะหรือมหาวิทยาลัยต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความเมตตาและความกรุณาอย่างสูงจาก อาจารย์รติวัฒน์ ปารีศรี ที่ได้ให้คำปรึกษาและแนะนำแนวทาง ตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆด้วยความเอาใจใส่ตลอดระยะเวลาของการดำเนินงานวิจัย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ในสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้และขอขอบคุณรุ่นพี่ศิษย์เก่าที่ได้สร้างสรรค์ผลงานวิจัยต้นแบบ อาทิ ระบบ PSRU-LIB Line Bot และระบบให้อาหารสัตว์อัตโนมัติ ซึ่งเป็นแรงบันดาลใจและแนวทางสำคัญในการพัฒนางานวิจัยชิ้นนี้

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณครอบครัวและเพื่อนร่วมชั้นเรียนทุกคนที่ให้กำลังใจและคอยช่วยเหลือในการทดสอบระบบเสมอมา คุณค่าและประโยชน์อันใดที่เกิดจากงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดา มารดา และครูบาอาจารย์ทุกท่านสืบไป

เอกสารอ้างอิง

สกล ดำมินเศก และ รติวัฒน์ ปารีศรี. (2565). การพัฒนาระบบจองคิวงานถ่ายภาพผ่านไลน์บอท. *คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม*.

สมภพ มุสิกร และ พิมรินทร์ คีรินทร์. (2563). การพัฒนาระบบสนับสนุนการให้บริการ PSRU-LIB Line Bot ร่วมกับระบบห้องสมุดอัตโนมัติ WALAI AutoLib สำหรับห้องสมุด 4.0. *วารสารวิชาการการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ*, 4(2), 17-26.

Bozorgi, M., & Jalali, M. (2020). A chatbot for improving student engagement. In Proceedings of the International Conference on Learning Technologies. IEEE. Retrieved from https://ieeexplore.ieee.org/document/9053458

Dialogflow Documentation Google Cloud. (2024). *Dialogflow ES Overview*. Retrieved from https://cloud.google.com/dialogflow/es/docs

Google Apps Script Google Developers. (2024). **Google Apps Script Overview**. Retrieved from https://developers.google.com/apps-script/overview

Google Sheets API Google Developers. (2024). **Google Sheets API Guides**. Retrieved from https://developers.google.com/sheets/api/guides/concepts

LINE Messaging API LINE Corporation. (2024). **Messaging API Overview**. Retrieved from https://developers.line.biz/en/docs/messaging-api/overview/

Tailwind CSS Developers. (2024). *Installation: Tailwind CLI*. Retrieved from https://tailwindcss.com/docs/installation

ระบบสั่งอาหารว่างสำหรับงานประชุม ผ่านline bot

Line Break Order

ณทพัชร โกกิลาวงศ์[1], สราวุฒ แนมบาง[2],ภวัต ฉิมเล็ก[3]

Nataphat Kokilawong[1], Sarawut Nambung[2],Pawat Chimlek[3]

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม[4]ส่วนวังจันทน์เลขที่ 66 วังจันทน์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

[1]Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University,

Wang Chan Campus, No. 66 Wang Chan Road, Nai Mueang Subdistrict,

Mueang District, Phitsanulok Province 65000, Thailand

***Corresponding author E-mail: Nataphat.k@psru.ac.th**

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสั่งอาหารว่างสำหรับงานประชุมผ่าน LINE Bot เพื่อเพิ่มความสะดวก รวดเร็ว และลดความผิดพลาดในการจัดเตรียมอาหารว่างภายในองค์กร โดยในการดำเนินงานได้ใช้ Botnoi เป็นแพลตฟอร์มประมวลผลข้อความด้วยปัญญาประดิษฐ์ ใช้ Google Sheet สำหรับจัดเก็บและบริหารข้อมูลแบบเรียลไทม์ และใช้ Google App Script เชื่อมโยงข้อมูลระหว่าง LINE กับฐานข้อมูล รวมถึงใช้ระบบ LINE Developers และLINE Official Account เป็นช่องทางสื่อสารอัตโนมัติกับผู้ใช้งานผลการพัฒนาระบบพบว่า ผู้ใช้งานสามารถสั่งอาหารว่างผ่าน LINE ได้โดยไม่ต้องติดตั้งแอปพลิเคชันเพิ่มเติม โดยระบบสามารถแสดงเมนู ตรวจสอบรายการอาหาร และยืนยันคำสั่งซื้อได้อย่างถูกต้อง จากการทดสอบและประเมินผลพบว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อระบบในภาพรวมอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$ = 4.7) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D. = 0.48) แสดงให้เห็นว่าผู้ใช้งานส่วนใหญ่มีความคิดเห็นสอดคล้องกันและพึงพอใจต่อการทำงานของระบบ นอกจากนี้ ระบบยังสามารถรองรับการใช้งานได้ทั้งผ่านเว็บไซต์และ LINE OA ทำให้ผู้ใช้งานเข้าถึงได้อย่างสะดวกและเหมาะสมต่อการใช้งานในองค์กร

คำสำคัญ : ระบบสั่งอาหารว่าง, LINE Bot, Google App Script, Botnoi, LINE OA

Abstract

This research aims to develop a snack ordering system for meetings via LINE Bot to enhance convenience, speed, and reduce errors in snack preparation within organizations. The system was developed using Botnoi as an AI-based text processing platform, Google Sheets for real-time data management, and Google App Script to connect data between LINE and the database. LINE Developers and LINE Official Account were used as automated communication channels with users. The results showed that users could order snacks, check menus, and confirm orders through LINE without installing additional applications. User satisfaction evaluation indicated a high level of satisfaction (x–x-= 4.7, S.D. =0.48), demonstrating consistent positive feedback among users. Additionally, the system supports both web and LINE OA access, providing convenient and appropriate usability for organizational purposes.

Keywords: Snack Ordering System, LINE Bot, Google App Script, Botnoi, LINE OA

บทนำ

ในปัจจุบัน เทคโนโลยีสารสนเทศได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในงานด้านบริการ โดยเฉพาะระบบอัตโนมัติที่ช่วยลดขั้นตอนการทำงาน และเพิ่มประสิทธิภาพในการสื่อสารขององค์กร หนึ่งในปัญหาที่พบได้บ่อยในการจัดประชุม คือความล่าช้า และความผิดพลาดในการจัดการ สั่งอาหารว่าง เช่น ซึ่งส่งผลต่อการดำเนินงานประชุมโดยรวม

การนำแพลตฟอร์ม LINE ซึ่งเป็นแอปพลิเคชันที่ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวางในประเทศไทย มาใช้พัฒนาแชทบอทเพื่อสั่งอาหารว่าง จึงเป็นแนวทางที่ช่วยเพิ่มความสะดวกให้ผู้ใช้งาน สามารถเลือกเมนูสั่งซื้อและตรวจสอบสถานะผ่านโทรศัพท์มือถือได้อย่างรวดเร็ว ขณะเดียวกัน ผู้ดูแลระบบ สามารถจัดการข้อมูลคำสั่งซื้อได้แบบอัตโนมัติ ลดภาระงาน และลดข้อผิดพลาดจากการบันทึกข้อมูล

ดังนั้น งานวิจัยนี้มุ่งพัฒนาไลน์บอทสำหรับการสั่งอาหารว่างในงานประชุมพร้อมประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจของผู้ใช้งาน เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำระบบไปใช้จริงและต่อยอด เพื่อพัฒนาการบริการด้านอื่นในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. พัฒนาไลน์บอตสำหรับการสั่งอาหารว่างที่สามารถโต้ตอบกับผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ทดสอบประเมินประสิทธิภาพของระบบสั่งอาหารว่างสำหรับงานประชุม ผ่านline bot

3. เพื่อประเมินระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานและผู้ดูแลระบบสั่งอาหารว่างสำหรับงานประชุมผ่านไลน์บอต

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษารวบรวมทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

ทฤษฎี

ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีหลักที่ใช้ในการพัฒนาระบบสั่งอาหารว่างผ่าน LINE ได้แก่ LINE Messaging API, Botnoi AI Platform และ Google Sheets API
ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบสั่งอาหารว่างอัตโนมัติของผู้วิจัย

LINE Messaging API เป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยให้ผู้พัฒนาสามารถสร้าง LINE Bot เพื่อโต้ตอบกับผู้ใช้ผ่านข้อความ รูปภาพ หรือปุ่มคำสั่งต่าง ๆ ได้โดยอัตโนมัติ ตามคู่มือของ AIMC และเอกสารของ LINE Developers ได้อธิบายว่า API นี้รองรับการรับ–ส่งข้อมูลแบบเรียลไทม์ ทำให้ผู้ใช้สามารถสั่งอาหารว่างได้ อย่างรวดเร็วและระบบ สามารถประมวลผลคำสั่งได้ทันที [1], [2]

Botnoi AI Platform เป็นแพลตฟอร์มสำหรับพัฒนาแชทบอทที่สนับสนุนการประมวลผลภาษาธรรมชาติ (Natural Language Processing: NLP) ทำให้บอทสามารถเข้าใจข้อความของผู้ใช้ได้อย่างเป็นธรรมชาติและตอบสนองได้สอดคล้องกับบริบท ตามเอกสารของ Botnoi Group ได้อธิบายว่าแพลตฟอร์มนี้สามารถทำงานร่วมกับ LINE Bot ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยเสริมความสามารถในการตอบกลับคำสั่งซื้อของผู้ใช้ในระบบสั่งอาหารว่าง ให้แม่นยำมากขึ้น [3]

Google Sheets API เป็นเทคโนโลยีที่ช่วยให้ระบบสามารถเชื่อมต่อและจัดเก็บข้อมูลลงใน Google Sheet ได้แบบอัตโนมัติ โดยรองรับการอัปเดตข้อมูลในลักษณะเรียลไทม์ เอกสารจาก Google Developers ได้อธิบายว่า API นี้เหมาะกับงานที่ต้องจัดการข้อมูลจำนวนมาก ลดข้อผิดพลาดจากการบันทึกข้อมูลด้วยมือและช่วยให้ข้อมูลคำสั่งซื้อมีความถูกต้องและพร้อมใช้งานทันที [4]

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในด้านแชทบอท Google Sheet ระบบสั่งอาหาร และการใช้ LINE Bot ถูกศึกษาเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบสั่งอาหารว่างผ่าน LINE ของผู้วิจัย สามารถสรุปได้ดังนี้

IRJMETS (2024) ได้นำเสนอระบบแชทบอทแบบ NLP สำหรับสั่งอาหาร โดยชี้ให้เห็นว่า การใช้แชทบอทสามารถช่วยเพิ่มความสะดวกในการสั่งอาหาร ลดเวลาการให้บริการ และลดภาระงานบุคลากร ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของผู้วิจัยที่ต้องการลดภาระงานในการสั่งอาหารว่างภายในองค์กร [5]

Huang และ Chen (2020) ได้พัฒนาระบบสั่งอาหารผ่านแชทบอทในร้านอาหาร พบว่าระบบช่วยลดความผิดพลาดในการสั่ง การยืนยันเมนูมีความถูกต้องมากขึ้น และผู้ใช้มีความพึงพอใจในด้านความรวดเร็ว ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับระบบสั่งอาหารว่างผ่าน LINE ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น [6]

ณัฐพงษ์ ใจดี (2564) ได้ศึกษาการพัฒนาระบบแชทบอทเพื่อบริการข้อมูลภายในองค์กรผ่าน LINE โดยพบว่าแชทบอทช่วยลดภาระเจ้าหน้าที่และให้บริการได้ตลอด 24 ชั่วโมง งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของ LINE Bot ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในระบบสั่งอาหารว่างได้อย่างมีประสิทธิภาพ [7]

ธนวัฒน์ ลิ้มเจริญ (2563) ได้ประยุกต์ใช้ LINE Bot ในการจัดการข้อมูลบริการลูกค้า โดยพบว่าการใช้บอทช่วยลดความผิดพลาดด้านข้อมูลและปรับระบบการบริการให้มีความคล่องตัวมากขึ้น ซึ่งเชื่อมโยงกับงานวิจัยนี้ที่ต้องการใช้ LINE Bot เพื่อบันทึกคำสั่งซื้ออัตโนมัติ [8] ชัยสิทธิ์ ส. (2564) ได้ศึกษาการใช้แชทบอทในการให้บริการข้อมูลของหน่วยงานภาครัฐ พบว่าระบบแชทบอท สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการสื่อสารและลดขั้นตอนการทำงานซ้ำซ้อนของเจ้าหน้าที่ ซึ่งสอดคล้องกับการออกแบบระบบสั่งอาหารว่างที่ต้องการลดงานเอกสารของเจ้าหน้าที่ [9]

ศุภากร สุขใจ (2562) ได้พัฒนาระบบสั่งอาหารออนไลน์บนสมาร์ทโฟน และพบว่าระบบ สามารถเพิ่มความสะดวกความรวดเร็ว และลดความผิดพลาดในการจัดการคำสั่งซื้อได้อย่างมาก ซึ่งเป็นแนวคิดเดียวกับระบบสั่งอาหารว่างที่ผู้วิจัยนำมาประยุกต์ใช้ [10]

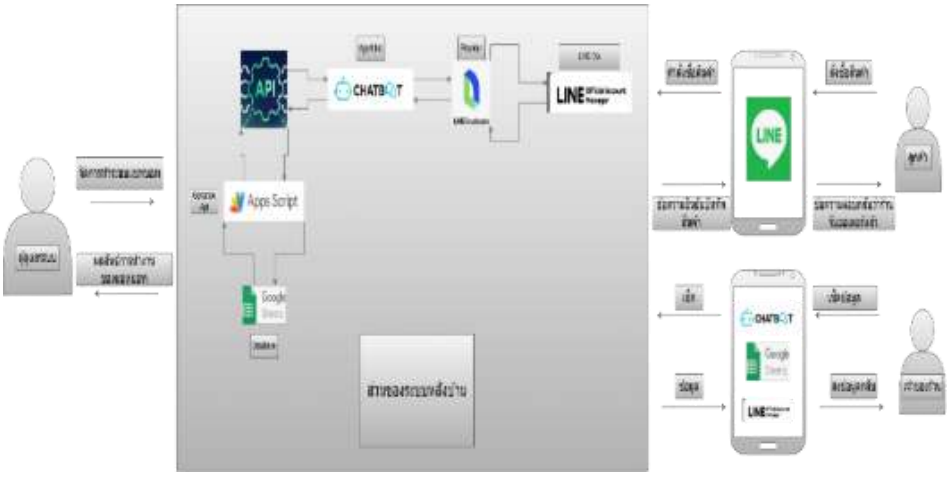
วิธีดำเนินการวิจัย

ระบบงานเก่า

ระบบเก่าเป็นการสั่งอาหารว่างภายในร้านแบบใช้โทรศัพท์หรือสื่อสารโดยตรงกับทางร้าน โดยผู้ใช้งานจะโทรหรือ สั่งอาหารด้วยตนเอง แจ้งเมนู จำนวน และเวลาที่ต้องการ จากนั้นพนักงานจะบันทึกคำสั่งและจัดเตรียมอาหารตามคำสั่ง วิธีการนี้ทำให้เกิดความล่าช้าและ ความผิดพลาดในการบันทึกข้อมูล เนื่องจากต้องพึ่งพาการจดบันทึกด้วยมือ และการสื่อสาร

ระบบงานใหม่

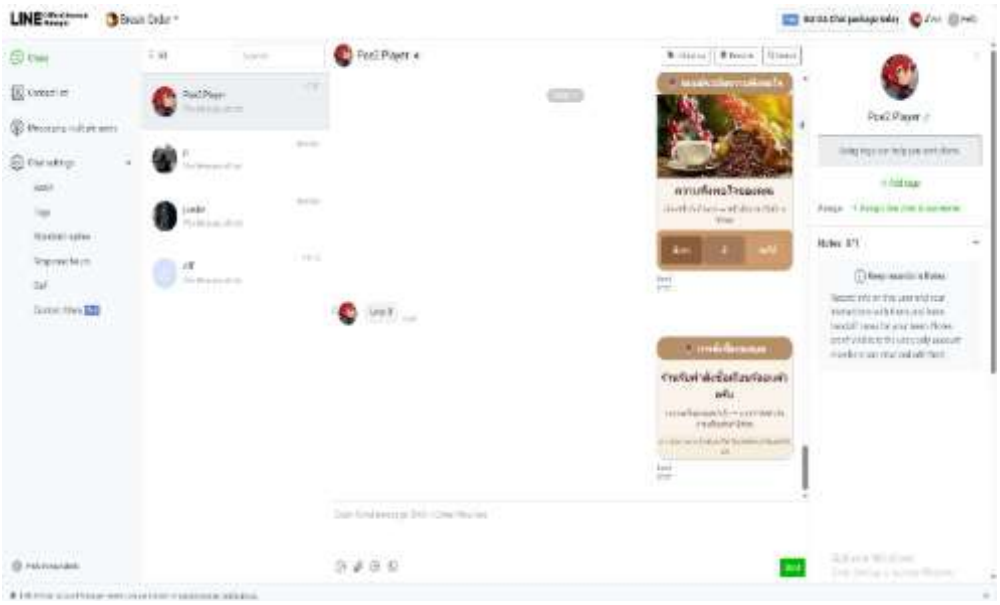
การออกแบบระบบและโครงสร้างการทำงานการออกแบบระบบสั่งอาหารว่างผ่าน LINE Bot ประกอบด้วยองค์ประกอบการออกแบบส่วนของ LINE Messaging API และ Bot Platform ซึ่งเป็นช่องทางหลักในการรับ-ส่งข้อความและคำสั่งจากผู้ใช้งาน ระบบสามารถโต้ตอบและตอบสนองคำสั่งได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว จากนั้นออกแบบส่วนของเซิร์ฟเวอร์หรือ Backend ซึ่งทำหน้าที่บริหารจัดการตรรกะของระบบประมวลผล ข้อมูลคำสั่งซื้อ เชื่อมต่อกับฐานข้อมูล และควบคุมกระบวนการทำงานทั้งหมดให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และ ออกแบบ ระบบฐานข้อมูล เพื่อใช้จัดเก็บข้อมูลเมนู รายละเอียดการประชุม ข้อมูลการสั่งซื้อ สถานะคำสั่งซื้อ และข้อมูลผู้ใช้งานโดยการออกแบบระบบ มีแผนการทำงานจากภาพที่ 1



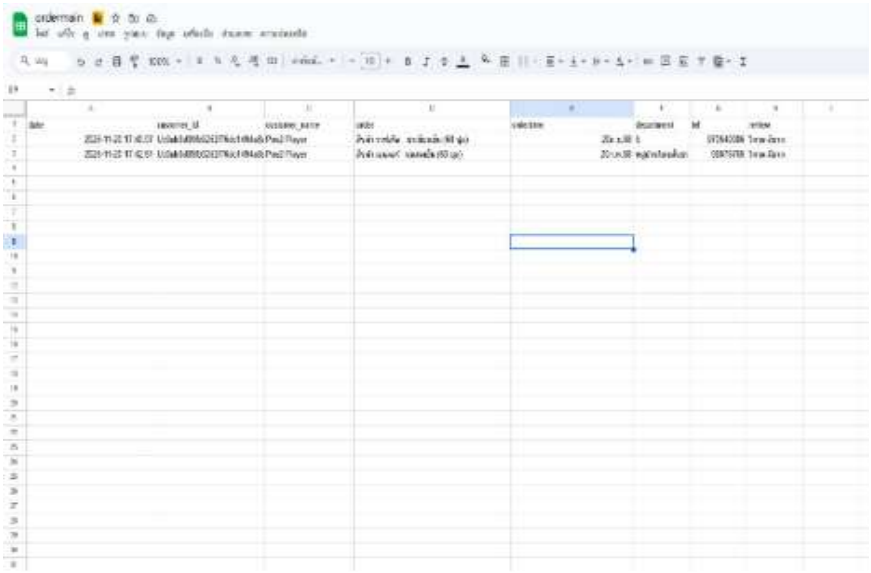
จากภาพที่ 1 แสดงการทำงานเมื่อผู้สั่งซื้อทำการสั่งเมนู Botnoi จะทำการส่งข้อมูลรายการสินค้าผ่าน Appscript ไปยัง Google sheet เพื่อทำการเก็บข้อมูลรายการสินค้าและข้อมูลลูกค้า



จากภาพที่ 1 หน้าจอแสดงผลสำหรับผู้ใช้งานมีการแนะนำให้เลือกเมนูสินค้าภายในร้าน



จากภาพที่ 2 หน้าจอสำหรับแสดงข้อมูลไว้ให้ผู้ดูแลระบบสามมารถสนทนาโดยตรงกับทางลูกค้า



จากภาพที่ 3 หน้าจอแสดงผลข้อมูลไว้สำหรับเก็บข้อมูลเพื่อให้ผู้ดูแลเข้าถึงและทราบข้อมูลของลูกค้า



จากภาพที่ 4 แสดงหน้าจอการยืนยันการสั่งอาหารที่ผู้สั่งซื้อเลือกเมนูอาหาร



จากภาพที่ 5 เป็นหน้าการยืนยันเมนูอาหารที่ผู้สั่งซื้อเลือกสั่งอาหารเพื่อให้ทางร้านรับทราบถึงความถูกต้องในการสั่งซื้อ



จากภาพที่ 6 แสดงผลขั้นตอนในการตั้งคำถามละระบุวันรับอาหารจากผู้สั่งซื้อ



จากภาพที่ 7 แสดงถึงขั้นตอนในการตั้งคำถามและการระบุจำนวนจะได้จัดเตรียมอุปกรณ์ถูกต้องในการจัดทำอาหาร



จากภาพที่ 8 แสดงผลขั้นตอนในการตั้งคำถามและระบุหน่วยงานจากผู้สั่งซื้อเพื่อเตรียมตัวในการจัดส่งออเดอร์



จากภาพที่ 9 แสดงผลขั้นตอนในการตั้งคำถามละระบุเบอร์โทรศัพท์ของผู้สั่งซื้อทำให้ทางร้านติดต่อโดยตรงกับผู้สั่งซื้อได้



จากภาพที่ 10 แสดงผลขั้นตอนในการระบุความพึงพอใจจากทางผู้สั่งซื้อเพื่อที่ทางร้านจะได้รับผลตอบรับจากผู้ซื้อเพื่อนำไปปรับปรุงและแก้ไข

ผลการวิจัย

การประเมินประสิทธิภาพของระบบเว็บไลน์บอทสำหรับการสั่งอาหารว่าง ได้ดำเนินการทดสอบกับกลุ่มผู้ใช้งานจริง ภายในองค์กร จำนวน 30 คน เพื่อประเมินความเหมาะสม ความสะดวกในการใช้งาน และความถูกต้องของระบบ โดยผลการการประเมินแบบออกเป็น ส่วนของประสิทธิภาพ ของระบบ และส่วนความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

ตารางที่ 1 การประเมินประสิทธิภาพของระบบสั่งอาหารว่างผ่านไลน์บอท

หัวข้อ	$\bar{x}$	**S.D.**	**ผลประเมิน**
1. ความเหมาะสมของระบบ	4.7	0.49	ดีมาก
2. ความถูกต้องในการทำงาน	4.6	0.50	ดีมาก
3. ความสามารถเชื่อมโยงข้อมูล	4.5	0.57	ดี
4. ความสะดวกในการใช้งาน	4.8	0.40	ดีมาก
5. ความเหมาะสมของการแสดงผล	4.7	0.45	ดีมาก
ค่าเฉลี่ย	**4.7**	**0.48**	**ดีมาก**

ตารางที่ 2 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบ

เกณฑ์การประเมิน	**ค่าเฉลี่ย**	**S.D.**	**การแปรผล**
1. ความสะดวกในการใช้งาน	4.6	0.50	ดีมาก
2. ความรวดเร็วในการสั่งอาหาร	4.7	0.47	ดีมาก
3. ความถูกต้องของคำสั่ง	4.8	0.44	ดีมาก

4. การตอบสนองของระบบ (Bot)	4.6	0.52	ดีมาก
5. ความพึงพอใจโดยรวม	4.8	0.45	ดีมาก
ค่าเฉลี่ย	**4.7**	**0.48**	**ดีมาก**

จากผลการประเมินการประเมินประสิทธิภาพของระบบสั่งอาหารว่างผ่านไลน์บอทในตารางที่ 1 และผลการประเมิน ประสิทธิภาพของระบบตารางที่ 2 พบว่า ระบบมีค่าเฉลี่ยภาพรวม $\bar{x}$ = 4.7 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน S.D. = 0.48 ซึ่งระบบ LINE Bot สำหรับสั่งอาหารว่างมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับ ดีมาก ทั้งในด้านความสะดวก ความถูกต้อง ความรวดเร็วในการสั่งงาน และความพึงพอใจของผู้ใช้งานโดยรวม แสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาได้รับการตอบรับเป็นอย่างดี และมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานจริงภายในองค์กร

ตาราง 3 การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบสั่งอาหารว่างผ่านไลน์บอท

หัวข้อ	$\bar{x}$	**S.D.**	**ผลประเมิน**
1. ความง่ายในการเข้าถึงและใช้งานระบบไลน์บอท	4.7	0.43	ดีมาก
2. ความรวดเร็วในการแสดงเมนูและตอบสนองคำสั่ง	4.6	0.50	ดีมาก
3. ความถูกต้องของข้อมูลรายการอาหารและคำสั่งซื้อ	4.5	0.49	ดี
4. ความสะดวกในการเชื่อมโยงข้อมูลกับฐานข้อมูลแบบเรียลไทม์	4.7	0.44	ดีมาก
5. ความเหมาะสมและความสวยงามของข้อความตอบกลับและการแสดงผล	4.6	0.47	ดีมาก
ค่าเฉลี่ย	4.6	0.46	ดีมาก

จากผลการประเมินในตารางที่ 3 มีค่าเฉลี่ยรวม $\bar{x}$ = 4.66 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน S.D. = 0.48 ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อระบบอยู่ในระดับ ดีมาก สะท้อนว่าระบบตอบสนองการใช้งานได้อย่างเหมาะสม และได้รับการยอมรับจากผู้ใช้งานในภาพรวม

สรุปผลการประเมินโดยรวมทั้งหมดจากผลค่าเฉลี่ยรวมทั้ง 3 ตาราง ได้ค่าเฉลี่ย $\bar{x}$ = 4.7 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน S.D. = 0.48 ซึ่งผลลัพธ์อยู่ในเกณฑ์ “ดีมาก” สะท้อนว่าระบบสั่งอาหารว่างผ่านไลน์บอท

สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและได้รับความพึงพอใจจากผู้ใช้งานในระดับสูง และเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานจริงภายในองค์กร

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผู้วิจัยควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการใช้งานจริง หรือเทคโนโลยีที่อาจเปลี่ยนแปลงไปในอนาคตโปรแกรมต้องมีการปรับปรุงให้ทันสมัยอยู่ตลอดเวลา

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองการใช้งานไลน์บอทด้านอาหารเบรก พบว่าระบบสามารถตอบสนองต่อคำสั่งของผู้ใช้ได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว โดยโครงสร้างการทำงานผ่าน LINE Messaging API และระบบจัดการข้อมูลจากฐานข้อมูลที่ผู้วิจัยออกแบบไว้ ทำให้บอทสามารถประมวลผลและส่งข้อมูลกลับสู่ผู้ใช้ได้ตามความต้องการ ทั้งนี้ สอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาระบบอัตโนมัติที่ใช้งานบนแพลตฟอร์ม LINE Official Account ตามเอกสารอ้างอิงจาก LINE Developers ซึ่งชี้ว่าระบบบอทที่ทำงานผ่าน API จะให้ความเสถียรและความถูกต้องของข้อมูลเมื่อใช้งานกับข้อความเชิงโต้ตอบ

ความสะดวก และความง่ายในการเข้าถึงข้อมูล อีกทั้งยังมีศักยภาพในการพัฒนาและต่อยอดเป็นระบบอัตโนมัติอื่น ๆ ในอนาคต เช่น ระบบจัดการเมนูอาหาร ระบบจองอาหาร หรือระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติภายในองค์กร

ผลการประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้งานอยู่ในระดับ ดีมาก โดยค่าเฉลี่ยภาพรวมแสดงให้เห็นว่าผู้ใช้มีความพึงพอใจทั้งด้านความสะดวกรวดเร็ว ความถูกต้องของข้อมูล และความง่ายในการใช้งาน ซึ่งสอดคล้องกับการทดสอบเชิงระบบที่บ่งชี้ว่าไลน์บอทสามารถทำงานได้อย่างไม่ติดขัด และตอบสนองต่อข้อความของผู้ใช้ได้อย่างครบถ้วน ภาพแชทตัวอย่างที่ปรากฏ ในบทผลการทดลองยังสะท้อนถึงความเป็นมิตรต่อการใช้งาน (User-Friendly) และสามารถนำเสนอข้อมูลอาหารเบรกได้อย่างเป็นระบบ ส่งผลให้ผู้ใช้เข้าใจข้อมูลได้ง่ายขึ้น

นอกจากนี้ การที่ผู้ใช้สามารถโต้ตอบกับระบบผ่านแชทใน LINE ซึ่งเป็นแพลตฟอร์มที่คุ้นเคยทำให้ลดภาระในการเรียนรู้การใช้งานระบบใหม่ และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเข้าถึงข้อมูลอาหารเบรกได้ทันที ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับงานพัฒนาแชทบอทโดยใช้ Botnoi, Google Apps Script และ AppSheet ที่กล่าวในเอกสารอ้างอิงก่อนหน้านี้ ซึ่งยืนยันว่าการใช้ระบบบอทช่วยลดขั้นตอนการสื่อสารแบบเดิมและเพิ่มความถูกต้องในการจัดการข้อมูล

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภวัต ฉิมเล็ก อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ได้ให้คำแนะนำ อันทรงคุณค่า ตลอดจนช่วยตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา ให้ข้อเสนอแนะ และแนวทางในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ อย่างละเอียดรอบด้าน ความเอื้อเฟื้อทั้งด้านความรู้ ความเชี่ยวชาญ และประสบการณ์ของอาจารย์ ทำให้ผู้วิจัยสามารถพัฒนางานวิจัยให้มีความสมบูรณ์ ถูกต้อง และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอขอบพระคุณในความอดทนและ การสนับสนุนอย่างต่อเนื่อง ตลอดระยะเวลาการทำโครงการ ซึ่งเป็นแรงผลักดันสำคัญที่ทำให้การพัฒนาระบบและการประเมินผลการใช้งานสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขอน้อมรับไว้ เพื่อปรับปรุงแก้ไขและ พัฒนางานวิจัยต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

[1] AIMC, LINE MESSAGING API DEVELOPER GUIDE. LINE CORPORATION, 2022.

[2] LINE CORPORATION, LINE DEVELOPERS: MESSAGING API OVERVIEW, 2023.

[3] BOTNOI, BOTNOI AI PLATFORM DOCUMENTATION. BOTNOI GROUP, 2023.

[4] GOOGLE DEVELOPERS, GOOGLE SHEETS API DOCUMENTATION. GOOGLE LLC, 2020.

[5] “NLP CHATBOTS FOR FOOD ORDERING SYSTEM,” IRJMETS, 2024.

[6] C. HUANG AND Y. CHEN, “DEVELOPMENT OF A CHATBOT ORDERING SYSTEM FOR FOOD SERVICES,” INTERNATIONAL JOURNAL OF COMPUTER APPLICATIONS, VOL. 176, NO. 32, PP. 10–15, 2020..

[7] ณัฐพงษ์ ใจดี, “การพัฒนาระบบแชทบอทสำหรับบริการข้อมูลภายในองค์กรด้วยแพลตฟอร์ม LINE,” วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศและการประยุกต์, VOL. 5, NO. 2, PP. 45–58, 2564.

[8] ธนวัฒน์ ลิ้มเจริญ, “การประยุกต์ใช้ไลน์บอทเพื่อจัดการข้อมูลบริการลูกค้า,” วารสารวิจัยระบบสารสนเทศและนวัตกรรม, VOL. 4, NO. 1, PP. 21–30, 2563.

[9] ชัยสิทธิ์ ส., “การพัฒนาแชทบอทเพื่อการให้บริการข้อมูลในหน่วยงานภาครัฐ,” วารสารวิจัยและนวัตกรรม, VOL. 15, NO. 2, PP. 45–57, 2564.

[10] ศุภากร สุขใจ, “การพัฒนาระบบสั่งอาหารออนไลน์ผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน,” วารสารวิชาการคอมพิวเตอร์ไทย, VOL. 7, NO. 3, PP. 66–75, 2562.

คำชี้แจงการใช้ AI

“ต้นฉบับนี้มีเนื้อหาที่สร้างขึ้นหรือได้รับการสนับสนุนจากเครื่องมือปัญญาประดิษฐ์ (AI) ได้แก่ CLAUDE ซึ่งถูกนำมาใช้เพื่อช่วยในการเขียนโค้ด CHATGPT ถูกนำมาใช้สำหรับการช่วยแปลภาษา สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และการแก้ไขภาษา ทั้งนี้ ผู้เขียนได้ตรวจสอบเนื้อหาที่สร้างโดย AI อย่างรอบคอบเพื่อให้มั่นใจในความถูกต้อง ความเป็นต้นฉบับและการปฏิบัติตามหลักจริยธรรมทางวิชาการ”

การพัฒนาระบบบริหารจัดการขายหน้าร้านและสารสนเทศการขายสำหรับธุรกิจร้านอาหาร

Development of an Integrated Point-of-Sale (POS) and Sales Information System for Restaurant Businesses

ปกรณ์พัฒน์ รัตนบรรลือ[1], ยามิน เตียงน้อย[2] และ พิทา จารุพูนผล[3*]

Pakornpat Rattanabanlue[1], Yamin Tiangnoi[2] and Pita Jarupunphol[3*]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต 21 ม.6 ถ.เทพกระษัตรี ต.รัษฎา อ.เมือง จ.ภูเก็ต 83000 [1]Department of Digital Technology, Faculty of Science & Technology, Phuket Rajabhat University 21 Moo 6, Ratsada Subdistrict, Mueang District, Phuket 83000

*Corresponding author E-mail: p.jarupunphol@pkru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ พัฒนาระบบขายหน้าร้าน ที่มีประสิทธิภาพและครอบคลุม เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงานของร้านอาหาร ลดความผิดพลาด และยกระดับประสบการณ์ของลูกค้า ระบบที่พัฒนาขึ้นนี้จะทำหน้าที่เป็นเครื่องมือครบวงจรในการจัดการกระบวนการสำคัญของร้านอาหาร ตั้งแต่การรับออเดอร์ ไปจนถึงการประมวลผลการชำระเงิน ซึ่งระบบมีการทำงานในส่วนของการ เพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลสินค้าและประเภทสินค้า ข้อมูลการขายสินค้า เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเก็บข้อมูลให้มีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น โดยทำการสร้างระบบด้วยโปรแกรม Visual Studio Code ในการเขียนโค้ด ใช้ XAMPP ในการโฮสต์เว็บไซต์ และโปรแกรมจัดการฐานข้อมูล Microsoft SQL Server ผลที่ได้ระบบจัดการร้านอาหารและรับชำระเงินสามารถนำมาใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในการทำงานให้กับพนักงานและเจ้าของร้าน ทำให้ง่ายต่อการจำหน่ายและทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็วขึ้น

คำสำคัญ : การจัดการร้านอาหาร ระบบขายหน้าร้าน ระบบบริหารจัดการฐานข้อมูล แอปพลิเคชันบนเว็บ

Abstract

This research aims to develop an efficient and comprehensive point-of-sale system to enhance restaurant operational efficiency, minimize errors, and elevate customer experience. The developed system will serve as a comprehensive tool for managing the restaurant's critical processes, from order-taking to payment processing. The system includes core functionalities for adding, deleting, and editing product and product category data, as well as sales information, thereby improving data storage accuracy and precision. The system will be developed using Visual Studio Code for coding, XAMPP for website hosting, and Microsoft SQL Server for database

management. The resulting Restaurant Management and Payment System can be applied to facilitate the work of employees and restaurant owners, making sales transactions easier and improving work efficiency and speed.

Keywords: Restaurant Management, Point of Sale system, Database Management System, Web Application

บทนำ

ในสภาพแวดล้อมทางธุรกิจปัจจุบันที่การแข่งขันสูงและการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ธุรกิจร้านอาหารจำเป็นต้องพึ่งพาเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและตอบสนองความคาดหวังของลูกค้าที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง การจัดการการดำเนินงานแบบดั้งเดิมที่อาศัยกระบวนการที่ต้องใช้แรงงานคนจำนวนมาก มักนำมาซึ่งปัญหาด้านความล่าช้าในการรับออเดอร์ ข้อผิดพลาดในการคำนวณเงิน ความคลาดเคลื่อนในการจัดการสต็อก และขาดข้อมูลเชิงลึกที่จำเป็นสำหรับการตัดสินใจทางธุรกิจ ปัญหาเหล่านี้ไม่เพียงแต่ส่งผลกระทบต่อต้นทุนการดำเนินงานเท่านั้น แต่ยังส่งผลเสียต่อภาพลักษณ์และประสบการณ์โดยรวมของลูกค้า ดังนั้น ร้านอาหารจำเป็นต้องปรับตัวและนำระบบดิจิทัลมาช่วยในการบริหารจัดการ เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันและตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าอย่างมีประสิทธิภาพ การนำระบบขายหน้าร้านเข้ามาใช้ถือเป็นหนึ่งในกลยุทธ์สำคัญที่ช่วยให้ร้านอาหารสามารถดำเนินงานได้อย่างราบรื่น ตั้งแต่ขั้นตอนการรับออเดอร์ การจัดการสต็อกสินค้า การออกใบเสร็จรับเงิน ไปจนถึงการจัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลการขาย

ระบบขายหน้าร้านที่มีประสิทธิภาพจะช่วยลดภาระงานของพนักงาน ลดข้อผิดพลาดที่เกิดจากการทำงานซ้ำซ้อน และทำให้สามารถบริการลูกค้าได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ ยังสามารถนำข้อมูลที่จัดเก็บไว้มาวิเคราะห์แนวโน้มการขาย เพื่อวางแผนส่งเสริมการตลาดหรือปรับเมนูให้ตรงกับความต้องการของลูกค้าในแต่ละช่วงเวลาได้อย่างเหมาะสม แม้ในปัจจุบันจะมีระบบขายหน้าร้านให้บริการอย่างแพร่หลาย แต่ส่วนใหญ่มักมีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาสูงและมีฟังก์ชันที่ซับซ้อนเกินความจำเป็นสำหรับผู้ประกอบการรายย่อย ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญในการพัฒนาระบบที่มีความเรียบง่ายแต่เปี่ยมด้วยประสิทธิภาพด้านความปลอดภัยและการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อเป็นทางเลือกที่เข้าถึงได้สำหรับร้านอาหารขนาดเล็กถึงกลาง การออกแบบและพัฒนาระบบในงานวิจัยนี้จึงให้ความสำคัญกับประสบการณ์การใช้งานของผู้ใช้ (User Experience) และความยืดหยุ่นในการปรับแต่งระบบให้เหมาะสมกับขนาดและประเภทของร้านอาหาร ไม่ว่าจะเป็นร้านอาหารขนาดเล็ก คาเฟ่ หรือร้านอาหารขนาดใหญ่ที่มีหลายสาขา ระบบสามารถปรับเปลี่ยนและขยายขีดความสามารถได้ตามความต้องการของธุรกิจ นอกจากนี้ ทีมวิจัยยังคำนึงถึงความปลอดภัยของข้อมูลและการสำรองข้อมูลอย่างสม่ำเสมอ เพื่อป้องกันการสูญหายของข้อมูลสำคัญที่อาจส่งผลกระทบต่อการดำเนินธุรกิจอีกด้วย ระบบจึงถูกออกแบบให้รองรับการสำรองข้อมูลอัตโนมัติและมีการเข้ารหัสข้อมูลสำคัญ (Data Encryption) เพื่อสร้างความมั่นใจให้กับผู้ใช้งานว่าข้อมูลจะถูกจัดเก็บอย่างปลอดภัยและเชื่อถือได้

ผลที่ได้จากการพัฒนาระบบจัดการร้านอาหารและรับชำระเงินนี้ คาดว่าจะสามารถนำมาใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในการทำงานให้กับพนักงานและเจ้าของร้าน ทำให้ง่ายต่อการจำหน่ายและทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็วขึ้น ส่งผลให้ ลดเวลาในการบริการและเพิ่มจำนวนรอบการหมุนเวียนของลูกค้าต่อวัน มีข้อมูลการขายที่ถูกต้องแม่นยำสำหรับการวิเคราะห์และวางแผนธุรกิจ ลดความผิดพลาดในการรับออเดอร์และทุจริตที่อาจเกิดขึ้น ยกระดับมาตรฐานการให้บริการและสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้า การพัฒนาระบบขายหน้าร้านในครั้งนี้คาดหวังว่าจะสามารถนำเสนอเครื่องมือดิจิทัลที่มีความน่าเชื่อถือและใช้งานง่าย ซึ่งจะสามารถนำไปใช้งานจริงในสภาพแวดล้อมของร้านอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ระบบที่สร้างขึ้นจะถูกประเมินผลตามเกณฑ์ด้านการทำงานที่ครบถ้วน ความถูกต้องแม่นยำของการประมวลผลข้อมูล และความรวดเร็วในการตอบสนอง เพื่อให้มั่นใจว่าระบบนี้จะเป็นรากฐานสำคัญที่ช่วยเสริมสร้างขีดความสามารถในการแข่งขันของธุรกิจร้านอาหารให้สามารถเติบโตและตอบโจทย์ความท้าทายในยุคดิจิทัลได้อย่างยั่งยืนต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

1) การวิเคราะห์และการออกแบบระบบ

ผู้วิจัยเริ่มต้นการพัฒนาระบบด้วยการวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างการทำงานของระบบ โดยศึกษาความต้องการของผู้ใช้งานและองค์ประกอบที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการออกแบบระบบขายหน้าร้านที่เน้นการลดขั้นตอนการทำงานและเพิ่มความแม่นยำในการจัดการข้อมูล (BUZZEBEES, 2567; มิตรแท้โชห่วย, ม.ป.ป.) ระบบถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่ ระบบหน้าร้าน และระบบหลังร้าน (กรกวี บุญประสิทธิ์ และเอื้อน ปิ่นเงิน, ม.ป.ป.) เพื่อแยกหน้าที่การใช้งานให้ชัดเจน โดยใช้ Visual Studio Code ในการเขียนโปรแกรม ซึ่งในด้านการพัฒนา ผู้วิจัยใช้ภาษา PHP ในการจัดการประมวลผลฝั่งเซิร์ฟเวอร์ร่วมกับ JavaScript เพื่อสร้างปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้งานในส่วนของหน้าจอการเลือกเมนูอาหาร การเลือกใช้เทคโนโลยีฝั่งเซิร์ฟเวอร์และฝั่งผู้ใช้ดังกล่าวเป็นแนวทางที่นิยมใช้ในการพัฒนาระบบขายหน้าร้านและระบบจัดการร้านอาหารในปัจจุบัน เนื่องจากมีความยืดหยุ่นและรองรับการขยายระบบในอนาคต (ณัฐวุฒิ นะติ๊บ และแก้วใจ อาภรณ์พิศาล, 2561; FoodStory, ม.ป.ป.) ในการเชื่อมต่อส่วนหน้าบ้าน (Frontend) และหลังบ้าน (Backend) ผู้วิจัยได้ใช้สถาปัตยกรรมที่แยกส่วนหน้าที่กันอย่างชัดเจน โดยใช้ SQL Query ที่มีการคัดกรองข้อมูลเบื้องต้นเพื่อป้องกันการโจมตีประเภท SQL Injection ซึ่งเป็นแนวทางพื้นฐานด้านความปลอดภัยของระบบสารสนเทศ (มณฑล นิรัติศยัดสีกุล และคณะ, 2564) ร่วมกับการใช้โปรแกรม XAMPP ในการจัดการฐานข้อมูล MySQL เพื่อให้การดึงรายการอาหารมาแสดงผลบนหน้าจอการสั่งซื้อเป็นไปอย่างลื่นไหลและมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ ระบบหน้าร้านเป็นส่วนที่ลูกค้าใช้งานที่เชื่อมต่อกับฐานข้อมูล MySQL จะดึงข้อมูลรายการอาหารมาแสดงเป็นเมนูสำหรับการสั่งอาหาร ช่วยอำนวยความสะดวกและลดความผิดพลาดในการรับออร์เดอร์ เป็นคุณสมบัติหลักของระบบ POS ร้านอาหาร (Quick POS, 2566; FoodStory, ม.ป.ป.) ส่วนระบบหลังร้านเป็นส่วนที่เจ้าของร้านหรือผู้ดูแลระบบใช้งาน โดยจะแสดงข้อมูลการขายและประวัติการสั่งซื้อ เพื่อใช้ในการ

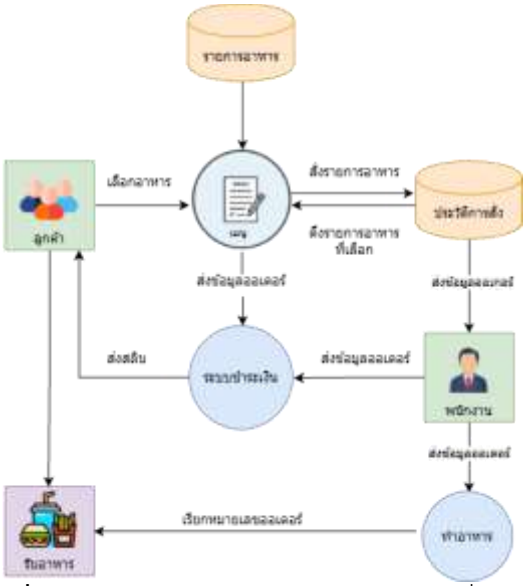
ตรวจสอบผลการดำเนินงาน รวมถึงสามารถจัดการและปรับเปลี่ยนข้อมูลรายการอาหารได้ตามความเหมาะสม ดังตัวอย่างในภาพที่ 1 ภาพที่ 2 และระบบมีหลักการทำงานดังภาพที่ 3



ภาพที่ 1 ระบบหน้าร้าน



ภาพที่ 2 ระบบหลังร้าน



ภาพที่ 3 แผนภาพแสดงการทำงานของระบบสั่งอาหาร

2) การพัฒนาระบบ

เริ่มต้นการพัฒนาระบบ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบและกระบวนการทำงานของระบบ เพื่อให้การพัฒนาระบบเป็นไปอย่างมีขั้นตอนและสอดคล้องกับการใช้งานจริง ซึ่งเป็นแนวทางที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในงานวิจัยด้านระบบขายหน้าร้านและระบบจัดการร้านค้า (ประยูร ช้างจั่น และจินดาพร อ่อนเกตุ, 2558) โดยระบบที่พัฒนาขึ้นถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่ ระบบหน้าร้าน และระบบหลังร้าน แต่ละส่วนมีหน้าที่การทำงานที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน ระบบหน้าร้านเป็นระบบสำหรับลูกค้าในการสั่งอาหาร โดยจะแสดงเมนูอาหารต่างๆ ให้ลูกค้าเลือก เมื่อทำการยืนยันการสั่งอาหารแล้ว ระบบจะบันทึกข้อมูลการสั่งลงในฐานข้อมูล พร้อมทั้งพิมพ์สลิปและแสดงหมายเลขออร์เดอร์ให้ลูกค้า (ประพัทธ์ สวยรูป, 2562) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ช่วยลดความผิดพลาดจากการรับออร์เดอร์แบบเดิมและเพิ่มความรวดเร็วในการให้บริการ (FlowAccount, 2567) ดังแสดงในภาพที่ 4 จากนั้นข้อมูลการสั่งอาหารจะถูกส่งไปยังระบบหลังร้าน



ระบบ POS

ใบเสร็จรับเงิน

เลขที่ออเดอร์: 37

วันที่: 2026-01-28 11:35:30

รายการ	จำนวน	ราคา	รวม
ผัดไทย	1	40.00฿	40.00฿
ไข่เจียว	2	40.00฿	80.00฿
แกงเขียวหวาน	2	50.00฿	100.00฿
โกโก้	2	20.00฿	40.00฿
น้ำเปล่า	1	5.00฿	5.00฿

รวมทั้งหมด: 265.00฿

ขอบคุณที่ใช้บริการ

ภาพที่ 4 สลิปออร์เดอร์

ระบบหลังร้านจะดึงรายการอาหารของลูกค้าจากฐานข้อมูลเพื่อให้พนักงานจัดเตรียมอาหารตามรายการที่สั่ง เมื่อจัดเตรียมอาหารเสร็จเรียบร้อยแล้ว พนักงานจะใช้ระบบในการเรียกหมายเลขลูกค้าแสดงในภาพที่ 5 เพื่อดำเนินการชำระเงินและรับอาหาร หลังจากลูกค้าชำระเงินเสร็จสิ้น ระบบจะบันทึกประวัติการชำระเงินลงในฐานข้อมูลตามที่ปรากฏในภาพที่ 6 นอกจากนี้ ภาพที่ 7 แสดงให้เห็นว่าเจ้าของร้านสามารถเข้าสู่ระบบหลังร้านเพื่อตรวจสอบรายได้ และวิเคราะห์ข้อมูลอาหารที่มีการสั่งซื้อมากที่สุด เพื่อนำไปใช้ในการวางแผนและพัฒนาการดำเนินงานของร้านในอนาคต สอดคล้องกับแนวคิดการใช้ข้อมูลจากระบบ POS เพื่อการตัดสินใจทางธุรกิจ (ชนิกาญจน์ มีอำพล, 2565)



ภาพที่ 5 ระบบเรียกหมายเลขลูกค้า



ภาพที่ 6 หน้าประวัติการออร์เดอร์รายการอาหาร



ภาพที่ 7 หน้ายอดขายอาหาร

นอกจากนี้ ภาพที่ 8 แสดงให้เห็นว่าระบบหลังร้านยังมีการเข้ารหัสข้อมูลในกระบวนการล็อกอิน เพื่อเพิ่มความปลอดภัยและป้องกันการเข้าถึงระบบจากบุคคลภายนอกที่ไม่ได้รับอนุญาต โดยการกำหนดสิทธิ์การใช้งานเฉพาะเจ้าของร้านหรือพนักงานที่เกี่ยวข้องเท่านั้น ช่วยให้ข้อมูลภายในระบบ เช่น ข้อมูลการขายและข้อมูลทางการเงิน มีความปลอดภัยและน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น



ภาพที่ 8 ระบบล็อกอิน

หลังจากทำการล็อกอินเข้าสู่ระบบเรียบร้อยแล้ว ระบบจะนำผู้ใช้งานเข้าสู่หน้าแดชบอร์ดสำหรับพนักงานตามที่ปรากฏในภาพที่ 9 ซึ่งเป็นศูนย์กลางในการเข้าถึงเมนูและหน้าต่างต่างๆ ของระบบหลังร้าน โดยหน้าแดชบอร์ดถูกออกแบบให้ใช้งานได้สะดวกและเข้าใจง่าย ช่วยให้พนักงานสามารถเลือกใช้งานฟังก์ชันต่างๆ ภายในระบบได้อย่างรวดเร็ว ลดความซับซ้อนในการทำงาน และเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานระบบหลังร้านโดยรวม



ภาพที่ 9 หน้าแดชบอร์ด

3) การทดสอบระบบ

ผู้วิจัยได้ทำการสร้างระบบ และให้ผู้ใช้ทำการทดสอบความพึงพอใจต่อประสิทธิภาพในการใช้งาน โดยมีกลุ่มผู้ใช้งานทั่วไปจำนวน 17 คน และผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 3 คน ในการร่วมทดสอบ โดยเครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสอบถามความพึงพอใจแบบมาตรวัดระดับ 1 (ความพึงพอใจน้อยที่สุด) ถึง 5 (ความพึงพอใจมากที่สุด) ของผู้ใช้ทั้งหมดสี่ด้าน ได้แก่ ด้านเทคโนโลยีและการประมวลผล ด้านการออกแบบ ด้านความสะดวกและรวดเร็วในการใช้งาน ด้านฟังก์ชันการใช้งาน และด้านการรับรู้ถึงประโยชน์ ซึ่งเป็นวิธีการประเมินที่นิยมใช้ในงานวิจัยด้านระบบสารสนเทศ เพื่อสะท้อนความคิดเห็นของผู้ใช้งานได้อย่างเหมาะสม (มณฑล นิรัติศยัดสีกุล และคณะ, 2564; วรรณนิภา แก้วศรี และแก้วใจ อาภรณ์พิศาล, 2561) แล้วนำคะแนนไปหาค่าเฉลี่ย โดยใช้เกณฑ์ในการแปลความหมายค่าเฉลี่ย ดังนี้

- ค่าเฉลี่ย 4.51 - 5.00 หมายถึง ความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด
- ค่าเฉลี่ย 3.51 - 4.50 หมายถึง ความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก
- ค่าเฉลี่ย 2.51 - 3.50 หมายถึง ความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง
- ค่าเฉลี่ย 1.51 - 2.50 หมายถึง ความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย
- ค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.50 หมายถึง ความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด

ผลการวิจัย

การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ต่อประสิทธิภาพของระบบขายหน้าร้านจะใช้วิธีการวัดแบบประเมินค่าโดยใช้สถิติ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ผลการประเมินของผู้ใช้ทั่วไปและผู้เชี่ยวชาญแสดงได้ดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพของของผู้ใช้ทั่วไป

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ		
	$\bar{x}$	S. D	แปลผล
ด้านเทคโนโลยีและการประมวลผล	4.55	0.51	มากที่สุด
ด้านการออกแบบ	4.60	0.50	มากที่สุด
ด้านความสะดวกและรวดเร็วในการใช้งาน	4.70	0.47	มากที่สุด
ด้านฟังก์ชันการใช้งาน	4.75	0.44	มากที่สุด
ด้านการรับรู้ถึงประโยชน์	4.65	0.49	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม	4.65	0.48	มากที่สุด

จากตารางที่ 1 พบว่า ผู้ใช้งานทั่วไปมีความพึงพอใจระบบขายหน้าร้านระดับความพึงพอใจมากที่สุด โดยมีภาพรวม ($\bar{x}$ = 4.65, S.D. = 0.48) ด้านเทคโนโลยีและการประมวลผล มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด มีระดับคะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$ = 4.55, S.D. = 0.51) ด้านการออกแบบ มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด มีระดับคะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$ = 4.60, S.D. = 0.50) ด้านความสะดวกและรวดเร็วในการใช้งาน มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด มีระดับคะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$ = 4.70, S.D. = 0.47) ด้านฟังก์ชันการใช้งาน มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด มีระดับคะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$ = 4.75, S.D. = 0.44)และด้านการรับรู้ถึงประโยชน์ มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีระดับคะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$ = 4.65, S.D. = 0.49)

ตารางที่ 2 ผลการประเมินประสิทธิภาพของผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ		
	$\bar{x}$	S. D	แปลผล
ด้านเทคโนโลยีและการประมวลผล	3.95	0.65	มาก
ด้านการออกแบบ	3.80	0.70	มาก
ด้านความสะดวกและรวดเร็วในการใช้งาน	4.10	0.60	มาก
ด้านฟังก์ชันการใช้งาน	4.05	0.62	มาก
ด้านการรับรู้ถึงประโยชน์	3.90	0.68	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	3.96	0.65	มาก

จากตารางที่ 2 ระดับความพึงพอใจพบว่าผู้เชี่ยวชาญมีความพึงพอใจระบบขายหน้าร้านระดับความพึงพอใจมาก โดยมีภาพรวม ($\bar{x}$ = 3.96, S.D. = 0.65) ด้านเทคโนโลยีและการประมวลผล มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก มีระดับคะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$ = 3.95, S.D. = 0.65) ด้านการออกแบบ มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก มีระดับคะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$ = 3.80, S.D. = 0.70) ด้านความสะดวกและรวดเร็วในการใช้งาน มีระดับความพึง

พอใจอยู่ในระดับมาก มีระดับคะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$ = 4.10, S.D. = 0.60) ด้านฟังก์ชันการใช้งาน มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก มีระดับคะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$ = 4.05, S.D. = 0.62) และด้านการรับรู้ถึงประโยชน์ มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก โดยมีระดับคะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$ = 3.96, S.D. = 0.65)

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการทดสอบระบบทั้งจากผู้ใช้ทั่วไปและผู้เชี่ยวชาญพบว่าระบบสามารถใช้งานได้ดี มีความสะดวกและใช้งานง่าย เหมาะสำหรับผู้ประกอบการ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยด้านระบบขายหน้าร้านที่เน้นความง่ายในการใช้งานและฟังก์ชันที่ครอบคลุม (ปองพล ธูปทอง และแก้วใจ อาภรณ์พิศาล, 2561; BUZZEBEES, 2567) ผลประเมินความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- ผู้ใช้ทั่วไปมีผลการประเมินระดับความพึงพอใจโดยรวมในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.65) โดยในประเด็นการประเมินทั้งหมด ประเด็นด้านฟังก์ชันการใช้งานได้รับผลการประเมินสูงสุด (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.75) แสดงว่าระบบมีประโยชน์และตอบโจทย์ความต้องการของผู้ใช้ ส่วนประเด็นด้านเทคโนโลยีและการประมวลผลได้รับผลการประเมินต่ำสุด (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.55) เนื่องจากเป็นระบบที่พัฒนาขึ้นใหม่ ผู้ประเมินอาจมองว่าความเสถียรในการใช้งานต่อเนื่องระยะยาวและการรักษาความปลอดภัยยังต้องพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อให้เทียบเท่ามาตรฐานสากล
- ผู้เชี่ยวชาญมีผลการประเมินระดับความพึงพอใจโดยรวมในระดับมาก (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.96) โดยในประเด็นการประเมินทั้งหมด ประเด็นด้านความสะดวกและรวดเร็วในการใช้งานได้รับผลการประเมินสูงสุด (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.10) แสดงว่าระบบสามารถใช้งานได้ดีรวดเร็วในระดับหนึ่งและสามารถนำไปต่อยอดได้ ส่วนประเด็นด้านการออกแบบได้รับผลการประเมินต่ำสุด (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.80) การออกแบบ UX/UI ที่ดีทำให้ระบบดูสวยงาม และทำให้ผู้ใช้ใช้งานง่ายสามารถหาสิ่งที่ต้องการเจอได้อย่างง่ายดาย แสดงว่าการออกแบบยังไม่ตรงใจผู้ใช้มากนัก ซึ่งอาจจะต้องมีการปรับปรุงในเวอร์ชันถัดไป
- ข้อสังเกตที่น่าสนใจคือผู้เชี่ยวชาญให้คะแนนด้านการออกแบบและการประมวลผลต่ำกว่าผู้ใช้ทั่วไป เนื่องจากผู้เชี่ยวชาญมองในเชิงโครงสร้างเชิงลึกและความปลอดภัยของข้อมูลตามมาตรฐานสากล ในขณะที่ผู้ใช้ทั่วไปให้ความสำคัญกับความง่ายในการใช้งานและผลลัพธ์ที่จับต้องได้ทันที ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าการพัฒนาระบบในขั้นต่อไปจำเป็นต้องยกระดับสถาปัตยกรรมซอฟต์แวร์ให้มีความเป็นมืออาชีพมากขึ้น

สรุปผล

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบขายหน้าร้านสำหรับร้านอาหารให้มีประสิทธิภาพ ครอบคลุมการทำงานตั้งแต่การรับออเดอร์ การชำระเงิน ไปจนถึงการจัดการข้อมูลการขาย ผลการพัฒนาพบว่าระบบสามารถช่วยลดความผิดพลาด เพิ่มความรวดเร็วในการทำงาน และอำนวยความสะดวกให้กับทั้งพนักงานและเจ้าของร้านได้เป็นอย่างดี (FlowAccount, 2567) ผลการทดสอบจากผู้ใช้งานทั่วไปและผู้เชี่ยวชาญแสดงให้เห็นว่าระบบมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด โดยเฉพาะด้านฟังก์ชันการใช้งานและความสะดวกรวดเร็ว อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อเสนอแนะให้ปรับปรุงด้านความเสถียร ความปลอดภัย และการออกแบบ UX/UI เพื่อให้ระบบมีความสมบูรณ์และตอบโจทย์การใช้งานได้ดียิ่งขึ้นในอนาคต สำหรับข้อเสนอแนะในการพัฒนาครั้งต่อไป ผู้วิจัยควรพิจารณาการเชื่อมต่อระบบเข้ากับเทคโนโลยีคลาวด์ (Cloud Computing) เพื่อให้เจ้าของร้านสามารถเข้าถึงข้อมูลได้แบบเรียลไทม์ผ่านอุปกรณ์เคลื่อนที่ รวมถึงการเพิ่มฟังก์ชันรองรับการชำระเงินผ่าน QR Code และระบบสะสมแต้มสมาชิก เพื่อยกระดับประสบการณ์ของลูกค้าให้ครบวงจรยิ่งขึ้น

นอกเหนือจากการพัฒนาฟังก์ชันพื้นฐาน งานวิจัยนี้ยังเป็นรากฐานสำคัญในการวิเคราะห์พฤติกรรมผู้บริโภคผ่านข้อมูลการขาย ซึ่งในอนาคตสามารถบูรณาการเข้ากับระบบปัญญาประดิษฐ์ (AI) เพื่อทำนายยอดขายหรือจัดการสต็อกสินค้าอัตโนมัติ ช่วยลดขยะอาหาร (Food Waste) และเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันให้กับธุรกิจร้านอาหารในยุคเศรษฐกิจดิจิทัลได้อย่างยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

กรกวี บุญประสิทธิ์ และเอื้อน ปิ่นเงิน. 2562. ระบบขายหน้าร้าน กรณีศึกษาเคพีอาร์ มาร์ท. น. 2072-2085. ใน: การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 9. มหาวิทยาลัยรามคำแหง. กรุงเทพมหานคร.

ชนิกาญจน์ มีอำพล. 2565. ปัจจัยการยอมรับการใช้งานระบบ POINT OF SALE (POS) ของผู้ประกอบการร้านอาหาร. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตร์ มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

ณัฐวุฒิ นะติ๊บ และแก้วใจ อาภรณ์พิศาล. 2561. ระบบการจัดการร้าน: กรณีศึกษาร้านยิวสปอร์ท. น. 1783-1795. ใน: การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานระดับชาติ UTCC Academic Day ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย. กรุงเทพมหานคร.

ประพัทธ์ สวยรูป. 2562. การพัฒนาแอปพลิเคชันช่วยขายหน้าร้านบนเครื่องสมาร์ทเทอร์มินัล. สารนิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตร์ มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์. กรุงเทพมหานคร.

ประยูร ช้างจั่น และจินดาพร อ่อนเกตุ. 2558. ระบบการขายสินค้าสหกรณ์โรงเรียนบ้านหนองน้ำแดง. น. 126-133. ใน: การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร. กำแพงเพชร.

ปองพล ธูปทอง และแก้วใจ อาภรณ์พิศาล. 2561. ระบบจัดการข้อมูลซื้อขายอุปกรณ์ทางการเกษตร กรณีศึกษาร้านยิ่งเจริญการค้า. น. 1796-1809. ใน: การประชุมวิชาการและการนำเสนอผลงานวิชาการระดับชาติ UTCC Academic Day ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย. กรุงเทพมหานคร.

มิตรแท้โชห่วย. ม.ป.ป. ระบบ POS Point of Sale หรือเครื่อง POS คืออะไร ทำไมถึงสำคัญกับร้านค้า. แหล่งข้อมูล: https://www.มิตรแท้โชห่วย.com/บอกต่อโชห่วย/pos-system. ค้นเมื่อ 16 ธันวาคม 2568.

มณฑล นิรัติศยัดสีกุล, ดาวรถา วีระพันธ์ และวิวัฒน์ ชินนาทศิริกุล. 2564. การพัฒนาระบบร้านขายนาฬิกาออนไลน์. วารสารวิจัยและนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 1: 126-133.

วรรณนิภา แก้วศรี และแก้วใจ อาภรณ์พิศาล. 2561. ระบบขายส่งกรณีศึกษาโรงงานขนมจีนโพรงมะเดือ. น. 1770-1782. ใน: การประชุมวิชาการและการนำเสนอผลงานวิชาการระดับชาติ UTCC Academic Day ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย. กรุงเทพมหานคร.

BUZZEBEES. 2567. ระบบ POS (Point of Sale) คืออะไร และช่วยบริหารร้านอาหาร/ร้านค้าอย่างไร. แหล่งข้อมูล: https://crm.buzzebees.com/blog/2024/01/11/pos-point-of-sale-service. ค้นเมื่อ 16 ธันวาคม 2568.

FlowAccount. 2567. ประโยชน์ของระบบ POS ที่ช่วยให้การเก็บเงินเป็นเรื่องง่าย. แหล่งข้อมูล: https://flowaccount.com/blog/pos-types-and-benefit. ค้นเมื่อ 16 ธันวาคม 2568.

FoodStory. ม.ป.ป. FoodStory POS ระบบจัดการร้านอาหารและรับชำระเงินครบวงจร. แหล่งข้อมูล: https://foodstory.co. ค้นเมื่อ 16 ธันวาคม 2568.

Quick POS. 2566. Quick POS ระบบ POS โปรแกรมขายหน้าร้าน. แหล่งข้อมูล: https://www.quickpos-thailand.com. ค้นเมื่อ 16 ธันวาคม 2568.

การพัฒนาระบบสารสนเทศร้านขายยาออนไลน์ กรณีศึกษา: ร้านขายยาแต้

Development of an Online Pharmacy Information System: A Case Study of Tae Pharmacy

กษิดิ์เดช พุธธังกูร[1] และ สวิตา อยู่สุขขี[2]

Kasidech Phutthanggoon[1] and Sawita Yousukkee[2]

[1]สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

[1]Business Computer, Faculty of Management Science, Phra Nakhon Si Ayutthaya Rajabhat University

*Corresponding author E-mail: ysawita@aru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศร้านขายยาออนไลน์ กรณีศึกษา: ร้านขายยาแต้ โดยมุ่งเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการข้อมูลยา สต็อกสินค้า การขาย และข้อมูลผู้ใช้งาน งานวิจัยเป็นการวิจัยเชิงพัฒนา (Research and Development) ดำเนินการตามกระบวนการพัฒนาระบบสารสนเทศ (System Development Life Cycle: SDLC) ประกอบด้วยขั้นตอนการศึกษาความเป็นไปได้ การวิเคราะห์ระบบ การออกแบบระบบ การพัฒนาระบบ และการทดสอบระบบ เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ ได้แก่ ภาษา PHP และฐานข้อมูล MySQL

ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน พบว่า ระบบมีคุณภาพโดยรวมอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุดในทุกด้าน ได้แก่ ความสามารถของระบบตรงตามความต้องการของผู้ใช้ ผลลัพธ์จากระบบ การใช้งาน การประมวลผล และความปลอดภัยของข้อมูล โดยเฉพาะด้านการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลและการกำหนดสิทธิ์ผู้ใช้งานอยู่ในระดับมากที่สุด นอกจากนี้ ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานจำนวน 30 คน พบว่าความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก โดยผู้ใช้งานให้ความสำคัญกับความถูกต้องในการประมวลผลและความง่ายต่อการใช้งานของระบบ

ผลการวิจัยสะท้อนให้เห็นว่าระบบสารสนเทศร้านขายยาออนไลน์ที่พัฒนาขึ้นสามารถสนับสนุนการดำเนินงานของร้านขายยาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดความซ้ำซ้อนของกระบวนการทำงาน และเพิ่มความถูกต้องในการจัดการข้อมูล ทั้งยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับร้านขายยาอื่น ๆ เพื่อยกระดับการบริหารจัดการด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศในอนาคต

คำสำคัญ: ระบบสารสนเทศ, ร้านขายยาออนไลน์, การพัฒนาระบบ

Abstract

This study aimed to develop and evaluate the effectiveness of an online pharmacy information system: a case study of Tae Pharmacy, with emphasis on improving the management of drug information, inventory control, sales transactions, and user data. The research employed a research and development approach based on the System Development Life Cycle (SDLC), consisting of feasibility study, system analysis, system design, system development, and system testing. The system was implemented using PHP programming language and MySQL database to support web-based operations.

The system efficiency was evaluated by three experts, and the results indicated that the overall system quality was at a high to the highest level across all dimensions, including functional requirements, system outputs, usability, performance, and data security. In particular, data validation and user authorization achieved the highest evaluation scores. Furthermore, user satisfaction was assessed among 30 system users, revealing a high level of overall satisfaction, especially in terms of processing accuracy and ease of use.

The findings demonstrate that the developed online pharmacy information system can effectively support pharmacy operations by reducing redundancy in workflow, enhancing data accuracy, and facilitating systematic data management. Moreover, the system can be adapted for implementation in other pharmacies to promote technology-driven management and improve service quality in the pharmaceutical retail sector.

Keywords: Information System, online pharmacy, system development

บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศได้เข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการดำเนินงานขององค์กรและภาคธุรกิจในหลายด้าน โดยเฉพาะการจัดการข้อมูลให้มีความถูกต้อง รวดเร็ว และเป็นระบบ เทคโนโลยีสารสนเทศช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน ลดความซ้ำซ้อนของกระบวนการ และลดความผิดพลาดจากการทำงานด้วยวิธีการแบบเดิม การนำระบบสารสนเทศมาใช้สามารถช่วยสนับสนุนการดำเนินงานและการตัดสินใจขององค์กรขนาดเล็กได้อย่างมีประสิทธิภาพ (อารีรัตน์ สุวรรณโชติ, 2562)

ธุรกิจร้านขายยาเป็นธุรกิจที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับสุขภาพของประชาชน จึงมีความจำเป็นต้องจัดการข้อมูลยา เวชภัณฑ์ ข้อมูลสต็อกสินค้า และข้อมูลการขายอย่างถูกต้องและเป็นระบบ หากยังคงใช้วิธีการจัดการข้อมูลแบบดั้งเดิม เช่น การบันทึกข้อมูลลงในเอกสารหรือสมุด อาจก่อให้เกิดความล่าช้า ความผิดพลาด และ

ความซ้ำซ้อนในการทำงาน ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพในการให้บริการลูกค้า การนำระบบสารสนเทศมาใช้ในร้านขายยาสามารถช่วยลดข้อผิดพลาดในการจัดการข้อมูล และเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงานได้อย่างชัดเจน (ภูดิศ กลิ่นสุคนธกุล และธิติวัฒน์ หิรันยครรถ, 2563)

นอกจากนี้ การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อใช้ในการบริหารจัดการร้านขายยา ยังช่วยให้การจัดเก็บและเรียกใช้ข้อมูลเป็นไปอย่างสะดวก รวดเร็ว และสามารถตรวจสอบข้อมูลย้อนหลังได้ง่ายยิ่งขึ้น โดยระบบสารสนเทศที่มีการออกแบบโครงสร้างข้อมูลอย่างเหมาะสม สามารถช่วยเพิ่มความเป็นระเบียบและลดความซ้ำซ้อนในการทำงานของร้านขายยาได้ (จันจิรา ดีเลิศ และสุริษา บุญเจริญ, 2566) นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมผู้บริโภคในปัจจุบัน พบว่า มีการใช้ช่องทางออนไลน์ในการเลือกซื้อสินค้าและบริการมากขึ้น รวมถึงสินค้าประเภทเวชภัณฑ์และผลิตภัณฑ์สุขภาพ การนำเทคโนโลยีสารสนเทศและระบบออนไลน์มาประยุกต์ใช้กับร้านขายยา จึงเป็นแนวทางที่ช่วยเพิ่มความสะดวก รวดเร็ว และตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม (2565) ที่ระบุว่าพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาธุรกิจในประเทศไทย

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการพัฒนาระบบสารสนเทศร้านขายยาออนไลน์ กรณีศึกษา: ร้านขายยาแต้ โดยอาศัยแนวคิดการพัฒนาระบบตามวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC) ซึ่งเป็นแนวทางที่ช่วยให้การพัฒนาระบบมีความเป็นระบบและสามารถนำไปใช้งานได้จริง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการข้อมูลภายในร้าน ลดความผิดพลาดในการทำงาน และสนับสนุนการดำเนินงานของร้านขายยาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (ทิพย์สุดา ภูมิเวียง, 2564)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศร้านขายยาออนไลน์ กรณีศึกษา: ร้านขายยาแต้
2. เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศร้านขายยาออนไลน์ กรณีศึกษา: ร้านขายยาแต้
3. เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบสารสนเทศร้านขายยาออนไลน์ กรณีศึกษา: ร้านขายยาแต้

วิธีการดำเนินการวิจัย

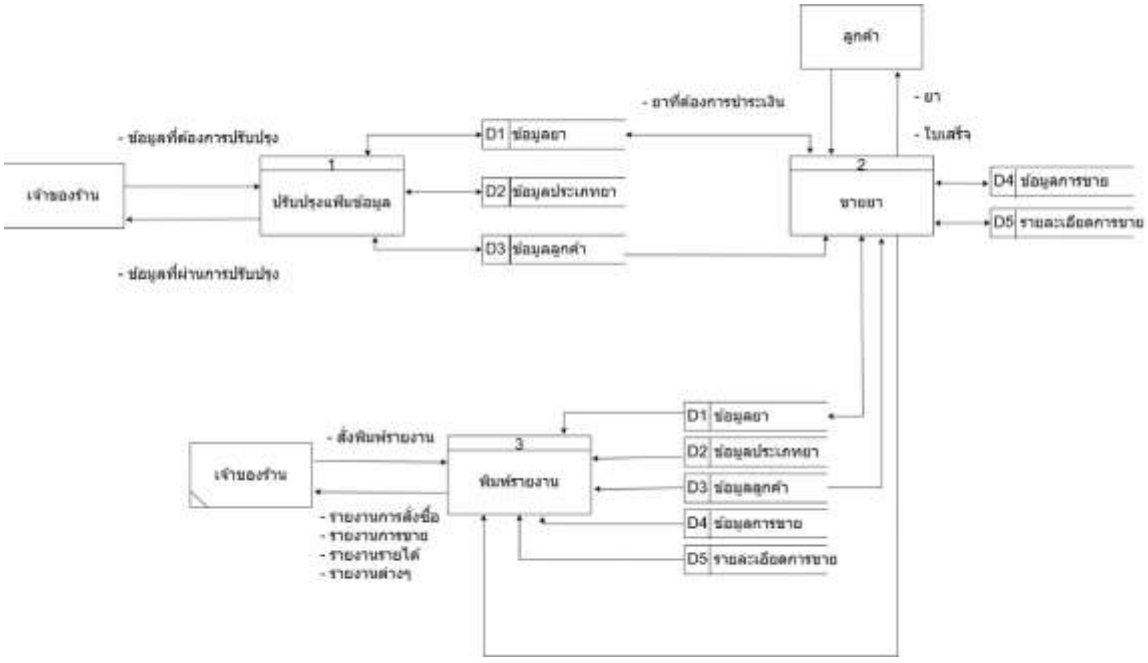
การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงพัฒนา (Research and Development) มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศร้านขายยาออนไลน์ให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งาน และเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการข้อมูลภายในร้านขายยา โดยการดำเนินการวิจัยได้แบ่งออกเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ตามกระบวนการพัฒนาระบบสารสนเทศ (System Development Life Cycle: SDLC) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการศึกษาความเป็นไปได้ การวิเคราะห์ระบบ การออกแบบระบบ การพัฒนาระบบ และการทดสอบระบบ รายละเอียดมีดังต่อไปนี้ (ทิพย์สุดา ภูมิเวียง, 2564)

การศึกษาความเป็นไปได้ของระบบ

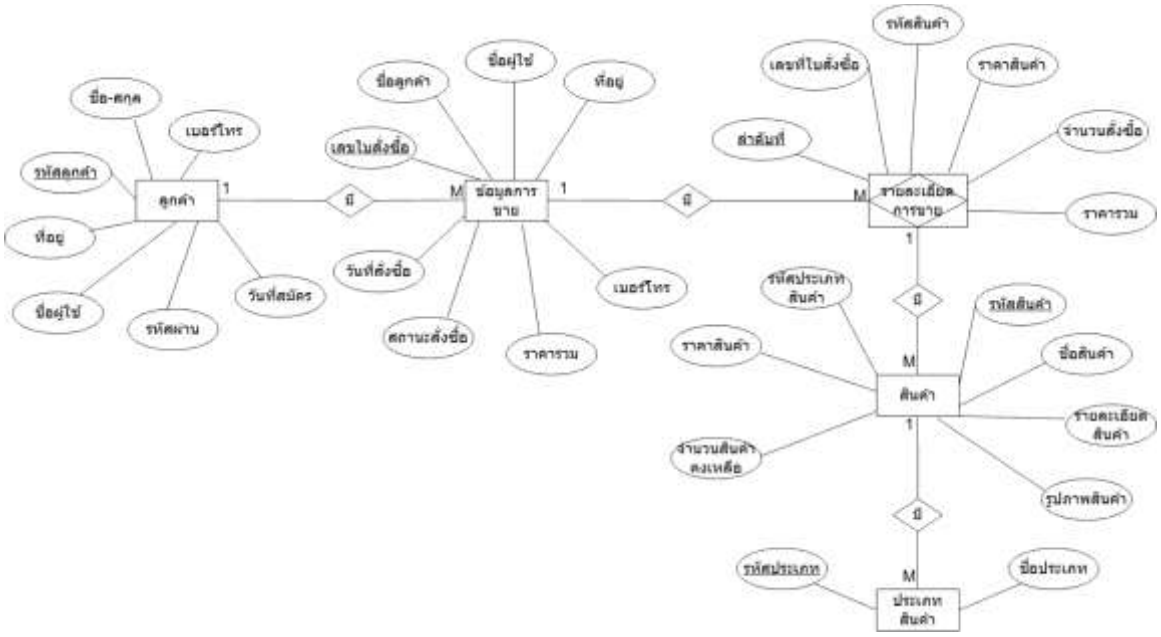
ขั้นตอนแรกเป็นการศึกษาความเป็นไปได้ของการพัฒนาระบบสารสนเทศร้านขายยาออนไลน์ โดยทำการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการดำเนินงานของร้านขายยาในปัจจุบัน ศึกษาปัญหาและข้อจำกัดที่เกิดจากการจัดการข้อมูลแบบเดิม เช่น ความล่าช้าในการค้นหาข้อมูล ความผิดพลาดในการบันทึกข้อมูล และความยุ่งยากในการสรุปรายงาน จากนั้นจึงประเมินความเป็นไปได้ของระบบในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ด้านเทคนิค ด้านเศรษฐศาสตร์ และด้านการดำเนินงาน เพื่อพิจารณาว่าการพัฒนาระบบสารสนเทศดังกล่าวสามารถนำไปใช้งานได้จริงและเกิดประโยชน์ต่อร้านขายยา

การวิเคราะห์ระบบ

การวิเคราะห์ระบบเป็นขั้นตอนที่มุ่งเน้นการศึกษาความต้องการของผู้ใช้งาน โดยทำการสัมภาษณ์และสอบถามข้อมูลจากผู้ที่เกี่ยวข้อง เช่น เจ้าของร้านขายยาและพนักงาน เพื่อรวบรวมความต้องการของระบบ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และกำหนดขอบเขตการทำงานของระบบ เช่น ระบบจัดการข้อมูลยา ระบบจัดการสต็อกสินค้า ระบบการขายและการชำระเงิน รวมถึงระบบจัดการข้อมูลผู้ใช้งาน ทั้งนี้ได้มีการใช้แผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram: DFD) และแผนภาพความสัมพันธ์ของข้อมูล (Entity Relationship Diagram: ER Diagram) เพื่ออธิบายกระบวนการทำงานและความสัมพันธ์ของข้อมูลภายในระบบอย่างชัดเจน



ภาพที่ 1 Dataflow Diagram Level 1 ระบบสารสนเทศร้านขายยาออนไลน์



ภาพที่ 2 Entity Relationship Diagram ระบบสารสนเทศร้านขายยาออนไลน์

การออกแบบระบบ

ในขั้นตอนการออกแบบระบบ ได้ทำการออกแบบโครงสร้างของระบบสารสนเทศร้านขายยาออนไลน์ให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งาน โดยครอบคลุมการออกแบบฐานข้อมูล การออกแบบกระบวนการทำงาน และการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ (User Interface) ฐานข้อมูลถูกออกแบบให้มีความเป็นระเบียบ สามารถจัดเก็บข้อมูลยา ข้อมูลการขาย และข้อมูลผู้ใช้งานได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ ส่วนติดต่อผู้ใช้ถูก ออกแบบให้ใช้งานง่าย มีความชัดเจน และเหมาะสมกับการใช้งานจริงของร้านขายยา

การพัฒนาระบบ

ขั้นตอนการพัฒนาระบบเป็นการนำแบบจำลองที่ได้จากการออกแบบระบบมาพัฒนาเป็นระบบสารสนเทศจริง โดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการพัฒนาเว็บไซต์และระบบฐานข้อมูล เช่น ภาษา PHP ร่วมกับฐานข้อมูล MySQL และใช้งานผ่านเว็บเบราว์เซอร์ ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถรองรับการทำงานพื้นฐานของร้านขายยาออนไลน์ ได้แก่ การจัดการข้อมูลสินค้า การจัดการสต็อก การสั่งซื้อสินค้า การชำระเงิน และการจัดการข้อมูลผู้ใช้งาน

การทดสอบระบบ

หลังจากการพัฒนาระบบเสร็จสิ้น ได้ทำการทดสอบระบบเพื่อประเมินความถูกต้องและประสิทธิภาพของระบบ โดยทดสอบการทำงานของฟังก์ชันต่าง ๆ ภายในระบบ เช่น การเพิ่ม แก้ไข และลบข้อมูลยา การคำนวณราคาสินค้า และการแสดงผลข้อมูล รวมถึงการทดสอบความสามารถในการรองรับผู้ใช้งานหลายคนพร้อมกัน เพื่อให้มั่นใจว่าระบบสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องและมีเสถียรภาพก่อนนำไปใช้งานจริง

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยทำการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน แสดงผลดังตารางที่ 1-5 และมีเกณฑ์การพิจารณาค่าเฉลี่ย ดังนี้

เกณฑ์ที่ใช้แปลผลข้อคำถามได้จากการประเมินดังนี้

ช่วงค่าเฉลี่ย	การแปลความหมาย
ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 4.51 - 5.00	กำหนดให้อยู่ในเกณฑ์มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.51 – 4.50	กำหนดให้อยู่ในเกณฑ์มาก
ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 2.51 – 3.50	กำหนดให้อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง
ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 1.51 – 2.50	กำหนดให้อยู่ในเกณฑ์น้อย
ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 1.00 – 1.50	กำหนดให้อยู่ในเกณฑ์น้อยที่สุด

ตารางที่ 1 การประเมินด้านความสามารถของระบบตรงต่อความต้องการของผู้ใช้ (Function Requirement Test)

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. ความสามารถของระบบในการนำเสนอข้อมูล	4.00	1.00	มาก
2. ความสามารถของระบบในการเชื่อมโยงเมนู	4.33	0.58	มาก
3. ความสามารถของระบบในการสืบค้นข้อมูล	4.33	0.58	มาก
4. ความสามารถของระบบเรื่องระยะเวลาในการตอบสนอง	4.33	0.58	มาก
5. ความสามารถของระบบที่ทำงานอัตโนมัติ	4.00	1.00	มาก
6. ความสามารถของระบบในการจัดการฐานข้อมูล	3.67	1.16	มาก
รวม	**4.11**	**0.82**	**มาก**

ตารางที่ 2 การประเมินระบบด้านผลลัพธ์ที่ได้จากระบบ (Function Test)

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. ความถูกต้องของระบบในการแสดงผลข้อมูล	3.67	1.16	มาก
2. ความถูกต้องของระบบในการสืบค้นข้อมูล	4.00	1.00	มาก
3. ความถูกต้องของระบบในการปรับปรุงแก้ไขข้อมูล	4.00	1.00	มาก
4. ความถูกต้องของระบบในการจัดเก็บข้อมูล	4.33	0.58	มาก
5. ความถูกต้องของระบบในการออกรายงาน	4.00	1.00	มาก
6. ความถูกต้องของระบบในการทำงานของระบบในภาพรวม	3.67	1.16	มาก
รวม	**3.95**	**0.98**	**มาก**

ตารางที่ 3 การประเมินระบบด้านการใช้งานของระบบ (Usability Test)

รายการประเมิน	**ค่าเฉลี่ย**	**S.D.**	**ระดับคุณภาพ**
1. ความง่ายในการใช้งานระบบ	4.00	1.00	มาก
2. ความชัดเจนของข้อความที่แสดงผล	3.33	0.58	ปานกลาง
3. ความเหมาะสมในการใช้สีโดยภาพรวม	3.67	0.58	มาก
4. ความเหมาะสมของผู้ที่นำเสนอ	4.33	0.58	มาก
5. ปุ่มและคำอธิบายมีความง่ายต่อความเข้าใจ	3.67	1.16	มาก
รวม	**3.80**	**0.78**	**มาก**

ตารางที่ 4 การประเมินระบบด้านการประมวลของระบบ (Performance Test)

รายการประเมิน	**ค่าเฉลี่ย**	**S.D.**	**ระดับคุณภาพ**
1. ความเร็วในการทำงานของโปรแกรมในภาพรวม	4.33	0.58	มาก
2. ความเร็วในการประมวลผลด้านการค้นหา	4.33	0.58	มาก
3. ความเร็วในการนำเสนอข้อมูล	4.33	0.58	มาก
4. ความเร็วในการแสดงผลจากการเชื่อมโยง	3.67	1.16	มาก
5. ความเร็วในการบันทึก แก้ไข ลบ รายการข้อมูล	4.33	0.58	มาก
รวม	**4.20**	**0.70**	**มาก**

ตารางที่ 5 การประเมินระบบด้านการตรวจสอบข้อผิดพลาดของข้อมูลที่ป้อนเข้าสู่ระบบ (Security Test)

รายการประเมิน	**ค่าเฉลี่ย**	S.D.	**ระดับคุณภาพ**
1. การกำหนดสิทธิ์ผู้ใช้งานระบบ	4.67	0.58	มากที่สุด
2. การกำหนดบัญชีผู้ใช้และรหัสผ่านในการใช้งาน	4.67	0.58	มากที่สุด
3. การตรวจสอบความถูกต้องในการป้อนข้อมูลนำเข้าระบบ	4.67	0.58	มากที่สุด
4. การแจ้งรายงานข้อผิดพลาด เมื่อกรอกข้อมูลไม่ถูกต้อง	4.67	0.58	มากที่สุด
รวม	**4.67**	**0.58**	**มากที่สุด**

จากผลการประเมินเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศร้านขายยาออนไลน์ กรณีศึกษา: ร้านขายยาแต้ โดยผู้เชี่ยวชาญในภาพรวมอยู่ระดับมาก โดยจำแนกเป็นรายด้าน ดังนี้ 1) ด้านความสามารถของระบบตรงต่อความต้องการของผู้ใช้ในภาพรวมอยู่ระดับมาก ($\bar{X}$=4.11, S.D.=0.82) โดยรายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ความสามารถของระบบในการเชื่อมโยงเมนู ($\bar{X}$=4.33, S.D.=0.58) ความสามารถของระบบในการสืบค้นข้อมูล ($\bar{X}$=4.33, S.D.=0.58) และความสามารถของระบบเรื่องระยะเวลาในการตอบสนอง ($\bar{X}$=4.33, S.D.=0.58) 2) ด้านผลลัพธ์ที่ได้จากระบบในภาพรวมอยู่ระดับมาก ($\bar{X}$=3.95, S.D.=0.98) โดยรายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ความถูกต้องของระบบในการจัดเก็บข้อมูล 3) ด้านการใช้งานของระบบในภาพรวมอยู่ระดับมาก ($\bar{X}$=3.80, S.D.=0.78) โดยรายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ความเหมาะสมของผู้ที่นำเสนอ ($\bar{X}$=4.33, S.D.=0.58) 4) ด้านการประมวลผลของระบบในภาพรวมอยู่ระดับมาก ($\bar{X}$=4.20, S.D.=0.70) โดยรายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ความเร็วในการทำงานของโปรแกรมในภาพรวม ($\bar{X}$=4.33, S.D.=0.58) ความเร็วในการประมวลผลด้านการค้นหา ($\bar{X}$=4.33, S.D.=0.58) ความเร็วในการนำเสนอข้อมูล ($\bar{X}$=4.33, S.D.=0.58) และความเร็วในการบันทึก แก้ไข ลบ รายการข้อมูล 5) ด้านการตรวจสอบข้อผิดพลาดของข้อมูลที่ป้อนเข้าสู่ระบบในภาพรวมอยู่ระดับที่มากที่สุด ($\bar{X}$=4.67, S.D.=0.58) โดยรายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ การกำหนดสิทธิ์ของผู้ใช้งานระบบ ($\bar{X}$=4.67, S.D.=0.58) การกำหนดบัญชีผู้ใช้และรหัสผ่านในการใช้งาน ($\bar{X}$=4.67, S.D.=0.58) การตรวจสอบความถูกต้องในการป้อนข้อมูลนำเข้าระบบ ($\bar{X}$=4.67, S.D.=0.58) และการแจ้งรายงานข้อผิดพลาดเมื่อกรอกข้อมูลไม่ถูกต้อง แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพของระบบมีความน่าเชื่อถือ

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ

ผู้วิจัยดำเนินการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ 30 จำนวน คน โดยผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบสารสนเทศร้านขายยาออนไลน์ กรณีศึกษา : ร้านขายยาแต้ ทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านเนื้อหาข้อมูล ด้านการออกแบบและการจัดรูปแบบระบบ และด้านความสามารถในการทำงาน แสดงผลดังตารางที่ 6

เกณฑ์ที่ใช้แปลผลข้อคำถามได้จากการประเมิน ดังนี้

ช่วงค่าเฉลี่ย	การแปลความหมาย
ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 4.51 – 5.00	กำหนดให้อยู่ในเกณฑ์มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.51 – 4.50	กำหนดให้อยู่ในเกณฑ์มาก
ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 2.51 – 3.50	กำหนดให้อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง
ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 1.51 – 2.50	กำหนดให้อยู่ในเกณฑ์น้อย

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 1.00 – 1.50 กำหนดให้อยู่ในเกณฑ์น้อยที่สุด

ตารางที่ 6 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบสารสนเทศร้านขายยาออนไลน์ กรณีศึกษา : ร้านขายยาแต้

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. ด้านเนื้อหาข้อมูล	4.41	0.64	มาก
1.1 มีความชัดเจน ถูกต้องแม่นยำ	4.47	0.63	มาก
1.2 ระบบมีความเหมาะสม น่าสนใจ	4.33	0.66	มาก
1.3 การจัดลำดับเนื้อหาเป็นขั้นตอนมีความต่อเนื่อง อ่านแล้วเข้าใจ	4.43	0.63	มาก
2. ด้านการออกแบบและจัดรูปแบบระบบ	4.48	0.62	มาก
2.1 การจัดรูปแบบง่ายต่อการอ่าน	4.53	0.57	มากที่สุด
2.2 หน้าการใช้งานหลักมีความสวยงาม และทันสมัย	4.43	0.63	มาก
2.3 สีสันการออกแบบมีความเหมาะสม	4.47	0.63	มาก
2.4 ขนาดตัวอักษรและรูปแบบตัวอักษรมีความสวยงาม และอ่านได้ง่าย	4.47	0.63	มาก
3. ด้านความสามารถในการทำงาน	4.59	0.52	มากที่สุด
3.1 ระบบมีความถูกต้องในการประมวลผล	4.63	0.49	มากที่สุด
3.2 ความเร็วในการประมวลผล	4.50	0.51	มาก
3.3 ระบบสามารถใช้งานง่าย	4.63	0.56	มากที่สุด
รวม	4.49	0.58	มาก

จากตาราง 6 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบสารสนเทศร้านขายยาออนไลน์ กรณีศึกษา : ร้านขายยาแต้ในภาพรวมอยู่ระดับมาก ($\bar{X}$=4.49, S.D.=0.58) โดยจำแนกเป็นรายด้าน ดังนี้ 1) ด้านเนื้อหาข้อมูลอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$=4.41, S.D.=0.64) ผู้ใช้ให้ความสำคัญกับความชัดเจน ถูกต้องแม่นยำ ($\bar{X}$=4.47, S.D.=0.63) ส่วนด้านที่มีคะแนนต่ำสุด คือ ระบบมีความเหมาะสมน่าสนใจ ($\bar{X}$=4.33, S.D.=0.66) 2) ด้านการออกแบบและจัดรูปแบบระบบอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$=4.48, S.D.=0.62) ผู้ใช้มีความพึงพอใจที่สุด คือ การจัดรูปแบบง่ายต่อการอ่าน ($\bar{X}$=4.53, S.D.=0.57) ส่วนด้านที่มีคะแนนต่ำสุด คือ หน้าการใช้งานหลักมีความสวยงาม และทันสมัย ($\bar{X}$=4.43, S.D.=0.63) 3) ด้านความสามารถในการทำงานอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$=4.59, S.D.=0.52) ผู้ใช้มี

ความพึงพอใจที่สุด คือ ระบบมีความถูกต้องในการประมวลผล ($\bar{X}$=4.63, S.D.=0.49) และระบบสามารถใช้งานง่าย ($\bar{X}$=4.63, S.D.=0.56) ส่วนด้านที่มีคะแนนต่ำสุด คือ ความเร็วในการประมวลผล ($\bar{X}$=4.50, S.D.=0.51) ในภาพรวมถือว่าการทำงานของแพลตฟอร์มมีความน่าเชื่อถือ แต่ยังต้องปรับปรุงในเรื่องของการออกแบบหน้าเว็บไซต์ การใช้สีสันให้มีความเหมาะสมกับตัวอักษร

วิจารณ์ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องการพัฒนาระบบสารสนเทศร้านขายยาออนไลน์ สามารถอภิปรายผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยได้ดังนี้

วัตถุประสงค์ข้อที่ 1 เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศร้านขายยาออนไลน์ ผลการวิจัยพบว่า ระบบสารสนเทศร้านขายยาออนไลน์ที่พัฒนาขึ้นสามารถรองรับการจัดการข้อมูลสินค้า การจัดการสต็อก การขาย และการจัดการข้อมูลผู้ใช้งานได้อย่างเป็นระบบ แสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองต่อความต้องการในการดำเนินงานของร้านขายยาได้อย่างเหมาะสม ผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของจันจิรา ดีเลิศ และสุริษา บุญเจริญ (2566) ที่ได้ศึกษาการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการร้านขายยา และพบว่าการนำระบบสารสนเทศมาใช้ช่วยเพิ่มความเป็นระเบียบ ลดความซ้ำซ้อน และเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการข้อมูลภายในร้านขายยา

วัตถุประสงค์ข้อที่ 2 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศร้านขายยาออนไลน์ ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญพบว่า ระบบมีประสิทธิภาพในด้านความสามารถในการทำงาน ด้านผลลัพธ์ที่ได้จากระบบ ด้านการใช้งาน ด้านการประมวลผล และด้านความปลอดภัยของข้อมูล อยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าระบบมีความถูกต้อง น่าเชื่อถือ และสามารถนำไปใช้งานได้จริง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ภูดิศ กลิ่นสุคนธกุล และธิติวัฒน์ หิรันยครรถ (2563) ที่ได้ศึกษาและพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการร้านขายยา โดยมุ่งเน้นการออกแบบกระบวนการทำงานและโครงสร้างฐานข้อมูลอย่างเหมาะสม และพบว่าระบบดังกล่าวสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและความเสถียรในการใช้งานของระบบในภาพรวม

วัตถุประสงค์ข้อที่ 3 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบสารสนเทศร้านขายยาออนไลน์ ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบพบว่า ความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก โดยเฉพาะด้านความสามารถในการทำงานและความถูกต้องในการประมวลผลของระบบ แสดงให้เห็นว่าผู้ใช้งานสามารถใช้งานระบบได้สะดวก และเกิดประโยชน์ต่อการดำเนินงานจริง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอารีรัตน์ สุวรรณโชติ (2562) ที่ศึกษาการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการทำงานขององค์กรขนาดเล็ก และพบว่าความง่ายในการใช้งานและความถูกต้องของระบบเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

จากผลการอภิปรายดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าระบบสารสนเทศร้านขายยาออนไลน์ที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานจริง และมีความสอดคล้องกับแนวคิดและผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องในอดีต ทั้งนี้ยังสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเพื่อเพิ่มความสามารถของระบบในอนาคตได้

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบสารสนเทศร้านขายยาออนไลน์ กรณีศึกษา: ร้านขายยาแต้ โดยใช้กระบวนการพัฒนาระบบตามแนวคิด SDLC เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการข้อมูลยา สต็อกสินค้า การขาย และข้อมูลผู้ใช้งาน ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบโดยผู้เชี่ยวชาญพบว่า ระบบมีคุณภาพอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุดในทุกด้าน ได้แก่ ความสามารถของระบบ ผลลัพธ์จากระบบ การใช้งาน การประมวลผล และความปลอดภัยของข้อมูล ขณะเดียวกัน ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานอยู่ในระดับมาก โดยเฉพาะด้านความถูกต้องในการประมวลผลและความง่ายต่อการใช้งาน แสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้งานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถประยุกต์ใช้เป็นต้นแบบให้กับร้านขายยาอื่น ๆ ได้ในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม. (2565). ***พาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทย พ.ศ. 2565***. กรุงเทพฯ: สำนักงานสถิติแห่งชาติ.

จันจิรา ดีเลิศ และสุริษา บุญเจริญ. (2566). ***การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการร้านขายยา***. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

ทิพย์สุดา ภูมิเวียง. (2564). ***พื้นฐานการพัฒนาเว็บไซต์ด้วย PHP และ MySQL***. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ภูดิศ กลิ่นสุคนธกุล และธิติวัฒน์ หิรันยครรถ. (2563). ***การออกแบบเว็บแอปพลิเคชันบริหารจัดการร้านขายยา (กรณีศึกษา: มิราเคิลฟาร์มาซี)***. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสยาม.

อารีรัตน์ สุวรรณโชติ. (2562). **แนวทางการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการทำงานขององค์กรขนาดเล็ก**. *วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ, 8(2)*, 45–58.

การออกแบบและพัฒนาตู้ล็อคเกอร์อัจฉริยะจัดการผ่านเว็บแอปพลิเคชั่นด้วยอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรสิ่ง

Control and manage smart lockers via a web application using the internet for IoT

ธนภัทร์ สินค้า[1], อภิชา ศิริวรรณางกูล[2] และ ทรงเกียรติ ภาวดี[3*]

Thanaphat Sinkha[1], Apicha Siriwannangkun[2] and Zongkiat Pavadee[3*]

[1]สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต

[2]สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต

[3]สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต

[1] Computer Science Program, Faculty of Science and Technology, Phuket Rajabhat University

[2]Computer Science Program, Faculty of Science and Technology, Phuket Rajabhat University

[3]Faculty member of Digital Technology Program, Faculty of Science and Technology, Phuket Rajabhat University

*Corresponding Author *E-mail :* z.pavadee@pkru.ac.th

บทคัดย่อ

งานนี้นำเสนอการออกแบบและพัฒนา Smart Locker IoT ซึ่งเป็นระบบตู้อัจฉริยะสำหรับเก็บ/รับพัสดุและสิ่งของขนาดเล็ก โดยใช้บอร์ด ESP8266 ร่วมกับรีเลย์และโซลินอยด์ล็อค เซนเซอร์อัลตราโซนิกเพื่อตรวจสอบการมี/ไม่มีของ ระบบใช้ฐานข้อมูลเรียลไทม์ Firebase เป็นระบบหลังบ้านและรองรับการล็อกอินด้วยอีเมล เพื่อยืนยันตัวตน กลไกการกำหนดสิทธิ์เจ้าของตู้ ถูกออกแบบให้ผู้ปลดล็อกล่าสุดกลายเป็นเจ้าของชั่วคราวภายในช่วงเวลาที่กำหนด ทำให้ระบบสามารถป้องกันผู้ใช้อื่นเข้าถึงเมื่อยังมีของอยู่ในตู้ ผลการทดสอบพบว่าอัตราการตรวจจับของ/ไม่มีของมีความน่าเชื่อถือภายในช่วงระยะที่ตั้งค่าไว้ และระบบสามารถตอบสนองคำสั่งปลดล็อคผ่านหน้าเว็บ ได้ภายในข้อจำกัดของเครือข่าย รายงานนี้สรุปการออกแบบ วงจร การดำเนินงาน การประเมินผล และข้อเสนอเพื่อพัฒนาต่อไป

คำสำคัญ : ตู้อัจฉริยะ, ระบบล็อกเกอร์อัจฉริยะ, อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง, เซนเซอร์อัลตราโซนิก

Abstract

This report presents the design of a Smart Locker IoT system, an intelligent locker control system for general parcel storage/receiving, utilizing the common-purpose ESP8266 board. It celebrates the use of solenoid and ultrasonic locks, with or without a serial gate system, Firebase backend monitoring. The locker owner's rights are determined, with the system allowing temporary owners to access the locker within a defined timeframe. The system can prevent other users from accessing the locker when it still contains items. Research shows that the locker's reliability remains consistent with or without items within an established range. Commands are controlled via a network interface. This report summarizes the control circuit design and offers suggestions for further development.

Keywords : smart locker, solenoid, ultrasonic, Firebase

บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เข้ามามีบทบาทสำคัญในการพัฒนาระบบอัตโนมัติเพื่อเพิ่มความสะดวกและความปลอดภัย ดังเช่นระบบบ้านอัจฉริยะ (Frasers Property, 2025). ซึ่งแนวคิดดังกล่าวสามารถประยุกต์ใช้กับระบบล็อกเกอร์อัจฉริยะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเก็บและรับส่งพัสดุ เนื่องจากปัญหาในปัจจุบันยังขาดระบบตรวจสอบสถานะแบบเรียลไทม์และความจำเป็นในการใช้เจ้าหน้าที่ควบคุมในพื้นที่สาธารณะ ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อความปลอดภัยของสิ่งของ ผู้จัดทำจึงพัฒนาระบบ Smart Locker IoT ที่สามารถควบคุมสถานะผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยศึกษาแนวทางจากระบบล็อกเกอร์ควบคุมผ่านแอปพลิเคชัน (พัชรณัฏฐ์ ปัทมานุรักษ์ และคณะ, 2563). และระบบสำหรับบัณฑิตในพิธีพระราชทานปริญญาบัตร (พิรุฬห์ แก้วฟุ้งรังษี, 2564).

ในการพัฒนาระบบได้ประยุกต์ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 โดยอ้างอิงข้อมูลบอร์ดจากเว็บไซต์ (Espressif Systems, 2567). เป็นหน่วยประมวลผลหลักในการควบคุมรีเลย์และโซลินอยด์ล็อก ร่วมกับการใช้เซนเซอร์อัลตราโซนิก โดยอ้างอิงข้อมูลเซนเซอร์จากเว็บไซต์ (IOT ENGINEERING EDUCATION, 2022). เพื่อตรวจจับวัตถุภายในตู้ โดยมี Firebase อ้างอิงข้อมูลซอฟต์แวร์จากเว็บไซต์ (Google Firebase, 2567). เป็นฐานข้อมูลแบบเรียลไทม์เพื่อประสานการทำงานระหว่างฮาร์ดแวร์และเว็บแอปพลิเคชันผ่านการยืนยันตัวตนด้วยอีเมล นอกจากนี้ ระบบยังได้ออกแบบกลไกกำหนดสิทธิ์เจ้าของตู้ชั่วคราวให้แก่ผู้ใช้รายล่าสุด เพื่อป้องกันการเข้าถึงจากบุคคลอื่นในขณะที่มีสิ่งของจัดเก็บอยู่ โครงงานนี้จึงเป็นแนวทางในการพัฒนาเทคโนโลยีการจัดเก็บพัสดุที่มีความปลอดภัย ประหยัด และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสถานศึกษาหรือพื้นที่สาธารณะได้อย่างเป็นรูปธรรม

วัตถุประสงค์

1.เพื่อออกแบบและพัฒนา ระบบตู้ล็อกเกอร์อัจฉริยะที่สามารถควบคุมการล็อก–ปลดล็อกได้ผ่านอินเทอร์เน็ต โดยใช้บอร์ด ESP8266 เชื่อมต่อกับรีเลย์และโซลินอยด์ล็อก

2.เพื่อพัฒนาระบบตรวจจับการมีหรือไม่มีของในตู้ โดยใช้เซนเซอร์อัลตราโซนิก เพื่อเพิ่มความปลอดภัยและลดความผิดพลาดในการใช้งาน

3.เพื่อสร้างระบบ ยืนยันตัวตนและควบคุมการเข้าถึงผู้ใช้ผ่าน Firebase จัดเก็บข้อมูลแบบเรียลไทม์ด้วยฐานข้อมูลเรียลไทม์ Firebase และเพื่อพัฒนากลไกการกำหนดสิทธิ์เจ้าของตู้ให้ผู้ปลดล็อกล่าสุดเป็นเจ้าของชั่วคราวภายในระยะเวลาที่กำหนด เพื่อป้องกันการเข้าถึงโดยผู้ใช้อื่นเมื่อยังมีของอยู่ในตู้

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาข้อมูลและวิเคราะห์ความต้องการ ผู้จัดทำได้ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับระบบตู้ล็อกเกอร์อัจฉริยะ เทคโนโลยี IoT และการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์กับฐานข้อมูลแบบเรียลไทม์ รวมถึงศึกษาคุณสมบัติของบอร์ด ESP8266, การใช้งานฐานข้อมูลเรียลไทม์ Firebase และเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุประเภทอัลตราโซนิกเพื่อกำหนดแนวทางในการพัฒนาและออกแบบระบบให้ตรงตามวัตถุประสงค์

2. การออกแบบระบบ

การออกแบบระบบแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่

2.1 การออกแบบฮาร์ดแวร์

เครื่องมือสำหรับพัฒนาระบบด้านฮาร์ดแวร์ ประกอบด้วย

-ใช้ บอร์ด ESP8266 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์หลัก

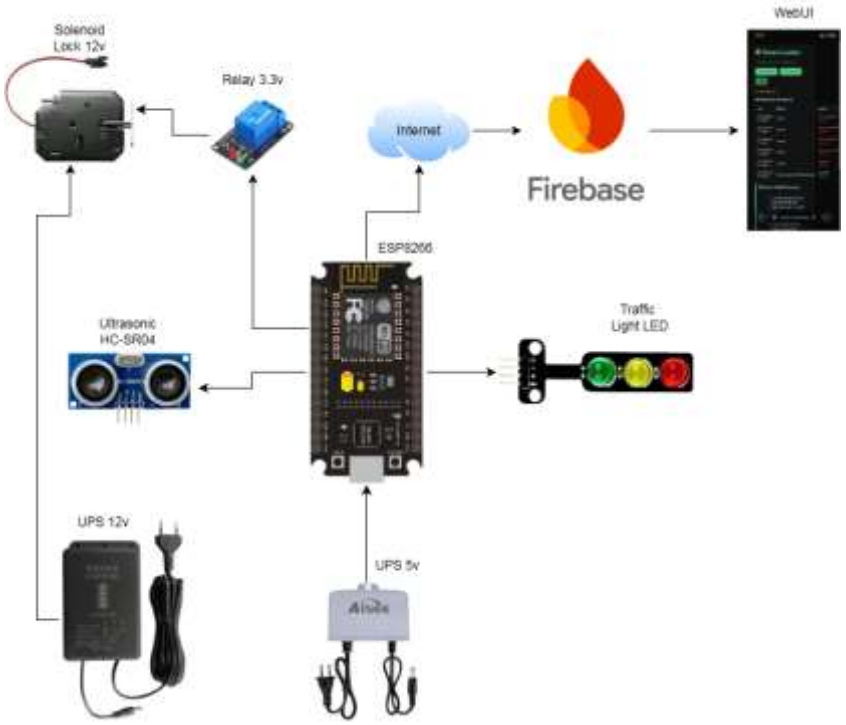
-ใช้ รีเลย์ 3.3V ควบคุมการทำงานของ โซลินอยด์ล็อก 12V

-ใช้เซนเซอร์อัลตราโซนิก (HC-SR04) ตรวจจับการมีหรือไม่มีของภายในตู้

-ใช้ไฟบอกสถานะ 3 สี (เขียว เหลือง แดง) แสดงสถานะการทำงานของตู้

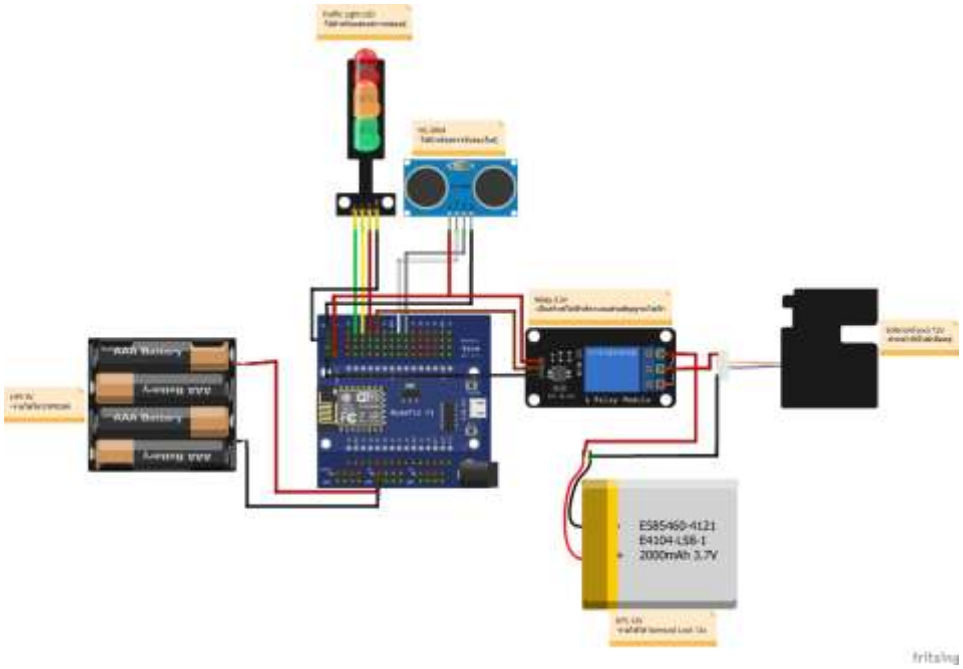
-ต่อวงจรโดยแยกระบบไฟเลี้ยง 5V สำหรับ ESP8266 และรีเลย์ และ 12V สำหรับโซลินอยด์ล็อก

การออกแบบไดอะแกรมสำหรับฮาร์ดแวร์ ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 1 ไดอะแกรมการออกแบบสมาร์ทล็อคเกอร์โดยมีอุปกรณ์ต่างๆที่ต้องใช้ และส่งข้อมูลให้ Firebase จากนั้นส่งข้อมูลไปแสดงที่หน้าเว็บเพจ

การออกแบบผังวงจรสำหรับฮาร์ดแวร์ ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 2 การออกแบบผังวงจรสำหรับฮาร์ดแวร์ส่วนต่างๆ โดยระบุการเชื่อมต่อสายไฟของฮาร์ดแวร์แต่ละส่วนเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์

2.2 การออกแบบซอฟต์แวร์ฝั่งไมโครคอนโทรลเลอร์

ซอฟต์แวร์สำหรับพัฒนาระบบ

-เขียนโปรแกรมบน ArduinoIDE เพื่อให้บอร์ด ESP8266 เชื่อมต่อ Wi-Fi

-เชื่อมต่อกับฐานข้อมูลเรียลไทม์ Firebase เพื่อรับและส่งข้อมูลสถานะ สถานะตู้ล็อคเกอร์ สถานะพัสดุ สิทธิ์เจ้าของตู้ คำสั่งการทำงานตู้ล็อคเกอร์ บันทึกการใช้งานตู้ล็อคเกอร์

-เขียนฟังก์ชันควบคุมการปลดล็อกอัตโนมัติ การตรวจจับของ การกำหนดสิทธิ์เจ้าของ และการส่งบันทึกเหตุการณ์

2.3 การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้

ซอฟต์แวร์สำหรับพัฒนาระบบส่วนติดต่อผู้ใช้ ประกอบด้วย Visual Studio Code, Firebase

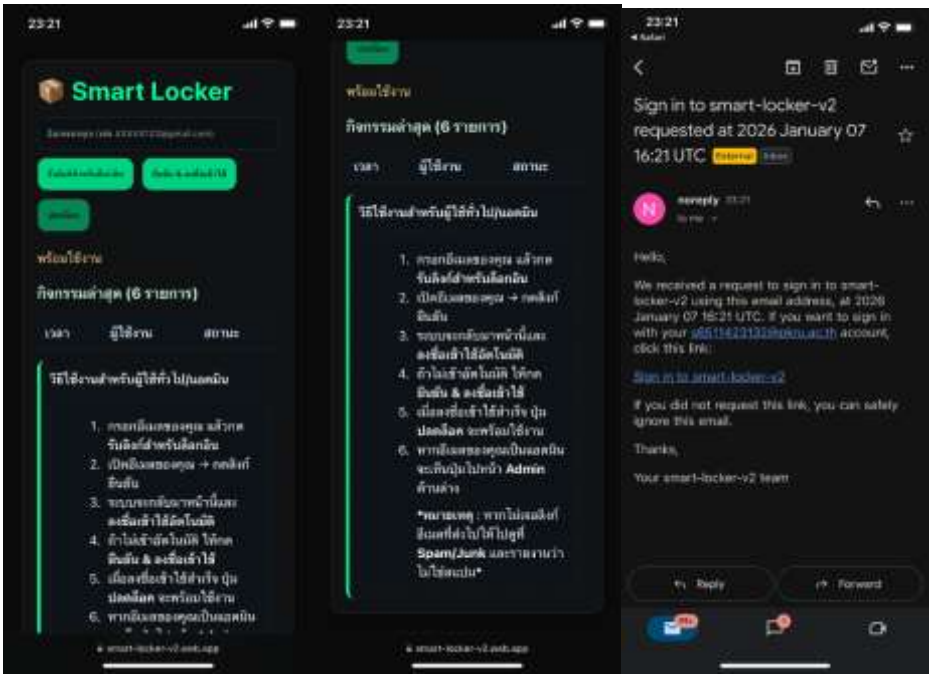
-พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันด้วย HTML, CSS, และ JavaScript

-ใช้ระบบการยืนยันตัวตน Firebase สำหรับการยืนยันตัวตนก่อนใช้งาน

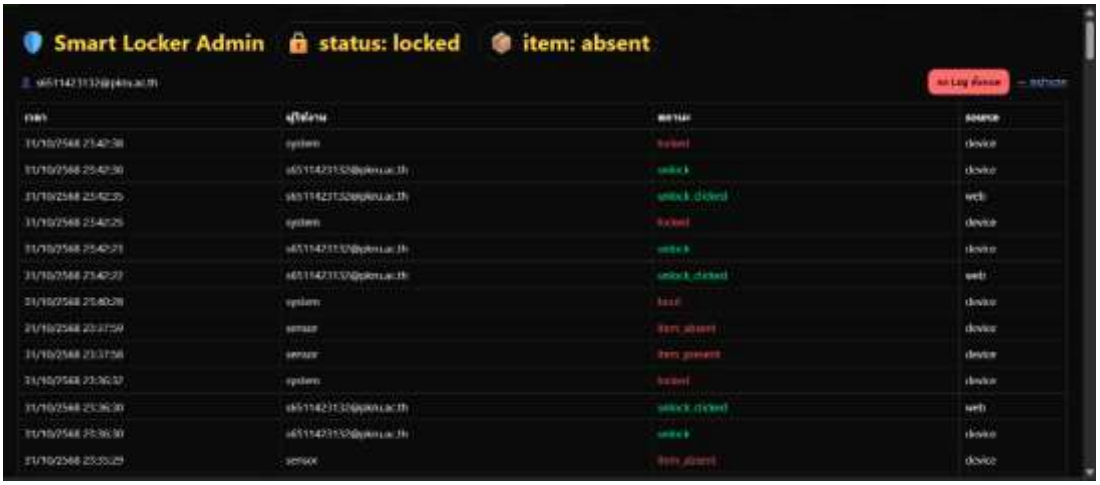
-แสดงสถานะเรียลไทม์ของตู้และบันทึกการใช้งานผ่าน Firebase

-มีหน้าหน้าแสดงผลสำหรับผู้ใช้ทั่วไปสามารถเปิดดู และหน้าส่วนจัดการข้อมูลระบบของผู้ดูและระบบสำหรับตรวจสอบและจัดการข้อมูล

-ใช้ Firebase ในการนำเว็บเพจขึ้นใช้งานบนหน้าเว็บออนไลน์



ภาพที่ 3 หน้าเว็บเพจส่วนติดต่อผู้ใช้สำหรับผู้ใช้งานทั่วไปโดยการใช้งาน ให้ผู้ใช้กรอกอีเมลล์ และกดปุ่มรับสิทธิ์สำหรับล็อกอิน จากนั้นระบบจะส่งลิงค์ไปที่อีเมลล์ผู้ใช้ จากนั้นเข้าใช้งานผ่านลิงค์ เพื่อการใช้งานตู้ต่อไป



ภาพที่ 4 หน้าเว็บเพจสำหรับผู้ดูแลระบบ สำหรับตรวจสอบและจัดการข้อมูล โดยหน้าจอนี้จะเข้าถึงได้เฉพาะอีเมลล์ที่มีสิทธิ์ผู้ดูแลระบบเท่านั้น

3. การพัฒนาและทดสอบระบบ

เมื่อการออกแบบเสร็จสมบูรณ์ ผู้จัดทำได้ทำการพัฒนาทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ จากนั้นทำการทดสอบระบบในด้านต่าง ๆ ได้แก่

-การทำงานของรีเลย์และโซลินอยด์ล็อก ว่าสามารถปลดล็อกและล็อกอัตโนมัติได้ถูกต้อง

-การตรวจจับวัตถุด้วยเซนเซอร์อัลตราโซนิก ภายในระยะที่กำหนด (มีพัสดุ ≤ 21 cm, ไม่มีพัสดุ > 24 cm)

-การตอบสนองของระบบต่อคำสั่งปลดล็อกจากเว็บ

-การทำงานของกลไกกำหนดสิทธ์เจ้าของตู้ ในการควบคุมสิทธิ์ผู้ใช้

-การประกอบและติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ



ภาพที่ 5 การติดตั้งฮาร์ดแวร์ลงในตู้นิรภัยหลังตู้ล็อกเกอร์
พร้อมทั้งเจาะเพื่อเดินสายไฟของฮาร์ดแวร์เข้าในตัวตู้



ภาพที่ 6 ภาพด้านหน้าตู้ล็อกเกอร์หลังจากทำการติดตั้งฮาร์ดแวร์ทั้งหมดเสร็จสิ้น

งานวิจัยนี้ดำเนินการออกแบบ พัฒนา ทดสอบระบบและการใช้งาน ณ ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต เลขที่ 21 หมู่ 6 ถนนเทพกระษัตรี ตำบลรัษฎา อำเภอเมืองภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต ในช่วงระหว่างเดือนตุลาคม 2568 ถึง เดือนมกราคม 2569

ผลการวิจัย

หลังจากการทดสอบผู้จัดทำได้สรุปผลความสำเร็จของระบบเทียบกับวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ พร้อมทั้งแสดงข้อมูลการทดสอบและเสนอแนวทางการพัฒนาในอนาคต เช่น การเพิ่มระบบจองตู้ล่วงหน้า, ระบบแจ้งเตือนผ่านแอป, หรือการขยายจำนวนล็อกเกอร์หลายตู้เชื่อมต่อในเครือข่ายเดียวกัน

ตารางที่ 1 การทดสอบการทำงานของอุปกรณ์

ครั้งที่	ล็อคโซลินอยด์ (สถานะ/เวลาปลดล็อค)	เซนเซอร์อัลตร้าโซนิค (ความแม่นยำตรวจจับ)	รีเลย์ (สถานะ)	ไฟแสดงสถานะ (สถานะการแสดงผล)	หน้าเว็บเพจ (เวลาตอบสนอง/วินาที)
1	S/0.82	ตรวจพบ	S	S	1.15
2	S/0.79	ตรวจพบ	S	S	1.05

3	S/0.85	ตรวจพบ	S	S	1.12
4	S/0.77	ตรวจพบ	S	S	0.98
5	F/-	ไม่พบ	F	F	-
6	S/0.88	ตรวจพบ	S	S	1.98
7	S/0.75	ตรวจพบ	S	S	2.12
8	F/-	ตรวจพบ	F	F	-
9	S/0.80	ตรวจพบ	S	S	1.09
10	S/0.83	ตรวจพบ	S	S	1.10

หมายเหตุ S = Success (สำเร็จ)

F = Failed (ไม่สำเร็จ)

การทดลองการเข้าใช้งานจากผู้ใช้ในด้านการเป็นสิทธิ์เจ้าของตู้ จำนวน 10 ตัวอย่าง ดังตารางที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 2 การทดลองการเข้าใช้งานจากผู้ใช้จริงด้านการเป็นสิทธิ์เจ้าของตู้

ครั้งที่	ล็อคโซลินอยด์ (ล็อก/ปลดล็อก)	เซนเซอร์อัลตร้าโซนิค (ความแม่นยำตรวจจับ)	ผู้ใช้ A (ผู้มีสิทธิ์)	ผู้ใช้ B (ผู้ไม่มีสิทธิ์)
1	ปลดล็อก	ตรวจพบ	S	S
2	ปลดล็อก	ตรวจพบ	S	S
3	ปลดล็อก	ตรวจพบ	S	S
4	ล็อก	ไม่พบ	S	S
5	ปลดล็อก	ตรวจพบ	S	F
6	ปลดล็อก	ตรวจพบ	S	S
7	ปลดล็อก	ตรวจพบ	F	S
8	ปลดล็อก	ตรวจพบ	S	S
9	ปลดล็อก	ตรวจพบ	S	S
10	ปลดล็อก	ตรวจพบ	S	S

หมายเหตุ S = Success (สำเร็จ)

F = Failed (ไม่สำเร็จ)

วิจารณ์ผล

การอภิปรายผลการวิจัยของระบบตู้ล็อคเกอร์อัจฉริยะนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่ออธิบายผลลัพธ์ที่ได้รับจากการทดลอง ว่าเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น รวมถึงการเปรียบเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้า ประโยชน์ที่ได้รับ และข้อจำกัดที่ควรนำไปต่อยอด

- ประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์

ผลการทดสอบส่วนประกอบฮาร์ดแวร์พื้นฐาน (ตารางที่ 1) แสดงให้เห็นว่าระบบโดยรวมมีความน่าเชื่อถือสูง โดยมีอัตราความสำเร็จในการทำงานอยู่ที่ 8/10 ครั้ง หรือ 80%

- ความผิดพลาดในการทดสอบครั้งที่ 5: การล้มเหลวในการทำงานของล็อคโซลินอยด์และรีเลย์เกิดขึ้นพร้อมกัน อาจบ่งชี้ถึงปัญหาด้านการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างตัวควบคุมหลักกับวงจรขับเคลื่อนในขณะนั้น ซึ่งอาจเป็นผลจากความไม่เสถียรของการเชื่อมต่อ Wi-Fi ชั่วคราว หรือปัญหาการจ่ายพลังงาน
- ระยะเวลาตอบสนอง: ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาปลดล็อคอยู่ที่ประมาณ 0.649 วินาที และเวลาตอบสนองของเว็บเพจอยู่ที่ประมาณ 1.059 วินาที ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่รวดเร็วสำหรับการใช้งานจริง อย่างไรก็ตาม การพัฒนาในอนาคตควรปรับปรุงอัลกอริทึมการเชื่อมต่อเพื่อให้ค่าเฉลี่ยนี้ลดลงอีก

- ความแม่นยำในการจัดการสิทธิ์

จากการทดลองการเข้าใช้งานจากผู้ใช้จริง (ตารางที่ 2) พบว่า ระบบมีความสามารถในการจัดการสิทธิ์เข้าถึงตู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

- ความแม่นยำในการให้สิทธิ์และการปฏิเสธสิทธิ์: ระบบมีอัตราความแม่นยำในการให้สิทธิ์แก่ ผู้ใช้ A (ผู้มีสิทธิ์) อยู่ที่ 80% และอัตราความแม่นยำในการปฏิเสธสิทธิ์แก่ ผู้ใช้ B (ผู้ไม่มีสิทธิ์) อยู่ที่ 20%

-ความผิดพลาดด้านสิทธิ์:

- ครั้งที่ 1 (ผู้ใช้ B เปิดได้): ความผิดพลาดนี้ถือเป็นข้อบกพร่องด้านความปลอดภัย โดยอาจเกิดจากความล่าช้าในการตรวจสอบข้อมูลผู้ใช้ ทำให้ระบบปลดล็อคก่อนการตรวจสอบสิทธิ์เสร็จสิ้น หรืออาจเกิดจากช่องโหว่ในการเข้ารหัสข้อมูลระหว่างการสื่อสารกับฐานข้อมูล
- ครั้งที่ 7 (ผู้ใช้ A เปิดไม่ได้): ความผิดพลาดนี้สอดคล้องกับปัญหาด้านฮาร์ดแวร์ในตารางที่ 1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแม้ระบบจะให้สิทธิ์ถูกต้องแล้ว แต่การทำงานทางกายภาพของล็อคก็ยังล้มเหลวเนื่องจากปัญหาอื่น

- การทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับอัลตร้าโซนิค

เซนเซอร์อัลตร้าโซนิค แสดงความแม่นยำสูงในการตรวจจับว่ามีสิ่งของอยู่ในตู้หรือไม่ โดยมีเพียง 1 ครั้งใน 10 ครั้ง (ตารางที่ 1) ที่รายงานผลคลาดเคลื่อน (ไม่พบ) ซึ่งความคลาดเคลื่อนนี้อาจเกิดจากปัจจัยภายนอก เช่น การวางสิ่งของไม่เหมาะสมในตู้ หรือการรบกวนของสัญญาณคลื่นเหนือเสียง

- การเปรียบเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้าและการต่อยอด

ผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่าระบบ SmartLocker ที่พัฒนาขึ้นมีความน่าเชื่อถือและตอบสนองได้รวดเร็วกว่างานวิจัยที่ใช้เทคโนโลยีคล้ายกันในช่วงเริ่มต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านเวลาตอบสนองของเว็บเพจที่ใช้ในการควบคุมตู้ และความสะดวกในการใช้งานเมื่อเทียบกับแบบแอพพลิเคชั่นเนื่องจากไม่ต้องดาวน์โหลดก่อนใช้ ทั้งยังเพิ่มความปลอดภัยในด้วยระบบกำหนดสิทธิ์เจ้าของตู้ เมื่อเทียบกับงานวิจัยระบบล็อกเกอร์ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันของ พัชรณัฏฐ์ ปัทมานุรักษ์ และคณะ (2563).

- ประโยชน์และการประยุกต์ใช้: ระบบนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในหอพัก, อาคารสำนักงาน, หรือมหาวิทยาลัย เพื่อเพิ่มความสะดวกในการรับ/ส่งพัสดุ และเพิ่มความปลอดภัยในการจัดเก็บสิ่งของส่วนตัว

โจทย์วิจัยที่จะต่อยอด : ควรมีการพัฒนาต่อไปในด้านการเพิ่มความมั่นคงปลอดภัยของระบบจัดการสิทธิ์ (เช่น การใช้ระบบยืนยันตัวตนสองชั้น) และการแก้ไขปัญหาความไม่เสถียรของฮาร์ดแวร์ในสภาวะที่การเชื่อมต่อเครือข่ายไม่ดี

สรุปผล

จากการพัฒนาระบบตู้ล็อคเกอร์อัจฉริยะ โดยใช้เทคโนโลยี IoT สรุปผลได้ว่าระบบสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ดังนี้

1. การควบคุมฮาร์ดแวร์: บอร์ด ESP8266 สามารถสั่งการล็อคโซลินอยด์ผ่านรีเลย์ได้อย่างแม่นยำ และเซนเซอร์อัลตร้าโซนิคสามารถตรวจจับสถานะการมีอยู่ของสิ่งของในตู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพภายในระยะที่กำหนด
2. ระบบซอฟต์แวร์และการยืนยันตัวตน: การใช้งานฐานข้อมูลเรียลไทม์ Firebase ช่วยให้การรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์และเว็บเพจเป็นไปอย่างรวดเร็ว และระบบการยืนยันตัวตนผ่านอีเมลล์ลิงค์ มีความปลอดภัยเพียงพอสำหรับการใช้งาน
3. กลไกสิทธิ์การเป็นเจ้าของ:ระบบสามารถบริหารจัดการสิทธิ์ผู้ใช้งานได้อย่างมีเงื่อนไข โดยกำหนดให้ผู้ที่ปลดล็อคล่าสุดเป็นเจ้าของตู้ชั่วคราว ซึ่งช่วยป้องกันการเข้าถึงจากบุคคลอื่นในขณะที่มีสิ่งของฝากอยู่ภายในตู้ได้ตามที่ออกแบบไว้
4. ภาพรวมการทดสอบ: ระบบมีการตอบสนองต่อคำสั่งปลดล็อคผ่านทางเว็บเพจ ได้อย่างมีเสถียรภาพภายใต้การเชื่อมต่อเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่เหมาะสม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความกรุฯและความช่วยเหลือดียิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทรงเกียรติ ภาวดี อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งได้ให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง และช่วยแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ มาโดยตลอด ผู้วิจัยขอกรายขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ตที่ให้การสนับสนุนด้านสถานที่และอุปกรณ์ในการทำการวิจัย

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณเพื่อนๆและครอบครัวที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนในทุกด้านจนทำให้งานวิจัยฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ตามวัตถุประสงค์

ธนภัทร์ สินค้า และ อภิชา ศิริวรรณางกูล ผู้วิจัย

เอกสารอ้างอิง

พัชรณัฏฐ์ ปัทมานุรักษ์, จิรายุส เป็นมิตร และทิพย์มณฑา ผกาแก้ว. (2563). ตู้ล็อกเกอร์อัจฉริยะควบคุมผ่านแอพพลิเคชั่น. น. 555-567 ใน: การประชุมระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เครือข่ายสถาบันอุดมศึกษาภาคใต้ ครั้งที่ 5 12 เมษายน 2563. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช แหล่งข้อมูล : https://scitech.rmutsv.ac.th/nscic2020/downloads/NSCIC2020_Proceeding_full.pdf. ค้นเมื่อ 1 ตุลาคม 2568.

พิรุฬห์ แก้วฟุ้งรังษี. (2564). ตู้ล็อคเกอร์อัจฉริยะสำหรับบัณฑิตในพิธีพระราชทานปริญญาบัตร วารสารสหศาสตร์ ศรีปทุม ชลบุรี ปีที่ 7 ฉบับที่ 2 พฤษภาคม-สิงหาคม 2564.: 67-79 แหล่งข้อมูล : https://www.chonburi.spu.ac.th/interdiscip/filepdf/20210813167639343.pdf. ค้นเมื่อ 2 ตุลาคม 2568

Espressif Systems. (2567). *เอกสารข้อมูลชิป ESP8266EX (ESP8266EX Datasheet)*. แหล่งข้อมูล : https://www.espressif.com/en/products/socs/esp8266. ค้นเมื่อ 6 ตุลาคม 2568

Frasers Property. (2025). บ้านอัจฉริยะ (Smart Home) คืออะไร?. แหล่งข้อมูล : https://home.fraserspropertyco.th/blog/home-buyer-guide/what-is-smart-home-devices. ค้นเมื่อ 3 ตุลาคม 2568

Google Firebase. (2567). คู่มือการใช้งาน Firebase Realtime Database. แหล่งข้อมูล : https://firebase.google.com/docs/database. ค้นเมื่อ 9 ตุลาคม 2568

IOT ENGINEERING EDUCATION. (2022). การใช้งานโมดูล HC-SR04 Ultrasonic Sensor. แหล่งข้อมูล : https://iot-kmutnb.github.io/blogs/sensors/hc-sr04/. ค้นเมื่อ 9 ตุลาคม 2568

ตู้ปลาอัจฉริยะบนพื้นฐานเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

Smart Aquarium Based on Internet of Things Technology

ธนากร หลานรอด[1] และ ทรงเกียรติ ภาวดี[2*]

Thanakorn Lanrod[1] and Songkiat Pawadee[2*]

[1]สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต 21 หมู่ 6 ต.รัษฎา อ.เมือง จ.ภูเก็ต 83000

[2]สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต 21 หมู่ 6 ต.รัษฎา อ.เมือง จ.ภูเก็ต 83000

[1]Computer Science Program, Faculty of Science and Technology, Phuket Rajabhat University, 21 Moo 6, Ratsada, Mueang, Phuket 83000, Thailand

[2]Digital Technology Program, Faculty of Science and Technology, Phuket Rajabhat University, 21 Moo 6, Ratsada, Mueang, Phuket 83000, Thailand

*Corresponding author E-mail: z.pavadee@pkru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้พัฒนาเครื่องควบคุมตู้ปลาอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี IoT เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการดูแลสัตว์น้ำและลดภาระผู้เลี้ยง ระบบใช้ ESP8266 และ ESP32-S3 CAM ประมวลผลและสื่อสารผ่าน MQTT (broker.emqx.io) สามารถตรวจสอบอุณหภูมิ (DS18B20) ความขุ่น และระดับน้ำ พร้อมสั่งงานไฟส่องสว่างผ่านแอปพลิเคชัน IoT MQTT Panel ได้แบบเรียลไทม์ จุดเด่นคือระบบให้อาหารแบบ “ผสมผสานและตรวจสอบย้อนกลับ” ที่ใช้วงจรรีเลย์ขนานกับระบบตั้งเวลาเดิม สั่งงานผ่านแอปพลิเคชันได้โดยไม่รบกวนการทำงานปกติ พร้อมระบบตรวจสอบการหมุนมอเตอร์เพื่อยืนยันและบันทึกข้อมูลการให้อาหารที่แม่นยำ นอกจากนี้ยังส่งภาพถ่ายภายในตู้ปลาทุก 2 วินาที และแจ้งเตือนความผิดปกติผ่าน Telegram ทันที ผลการทดสอบ 30 วัน พบว่าระบบควบคุมอุณหภูมิและให้อาหารมีเสถียรภาพ สั่งงานผ่านแอปพลิเคชันสำเร็จ 100% ระบบส่งภาพทำงานต่อเนื่อง และมีความพึงพอใจจากผู้ใช้งานระดับมากที่สุด (คะแนนเฉลี่ย 4.60) สรุปได้ว่าระบบช่วยอำนวยความสะดวกและเพิ่มความมั่นใจในการดูแลตู้ปลา เหมาะสมพัฒนาเป็นต้นแบบเชิงพาณิชย์

คำสำคัญ : ตู้ปลาอัจฉริยะ, อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง, ESP32-CAM, MQTT

Abstract

This research developed a smart aquarium control system using IoT technology to enhance aquatic animal care efficiency and reduce caregiver burden. The system utilizes ESP8266 and ESP32-S3 CAM microcontrollers communicating via MQTT protocol (broker.emqx.io) for real-time monitoring of water temperature (DS18B20), turbidity, and water level, alongside lighting control via the IoT MQTT Panel application. A key feature is the "Hybrid & Closed-loop Feeding System," which integrates a SIP-1A05 Reed Relay parallel to the feeder's existing timer, enabling application commands without disrupting standard operations. A motor rotation verification mechanism confirms and accurately records feeding data. Additionally, the system transmits aquarium images every 2 seconds and sends immediate anomaly notifications via Telegram. A 30-day performance test showed high stability in temperature control and feeding. Application commands achieved a 100% success rate, and image transmission operated continuously. The system received the highest level of user satisfaction (Mean = 4.60), demonstrating its potential as a commercial prototype for facilitating aquarium maintenance.

Keywords : smart aquarium, internet of things, ESP32-CAM, MQTT

บทนำ

การเลี้ยงปลาสวยงามเป็นงานอดิเรกที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย และมีความสำคัญทางเศรษฐกิจ (สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดราชบุรี, 2563) แต่การดูแลตู้ปลาให้มีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำนั้นจำเป็นต้องมีการเอาใจใส่และตรวจสอบปัจจัยต่าง ๆ อย่างสม่ำเสมอ อาทิ อุณหภูมิ คุณภาพน้ำ ระดับน้ำ และการให้อาหารที่ตรงเวลา ซึ่งสัตว์น้ำเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีความเปราะบางและไวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม การดูแลตู้ปลาด้วยวิธีดั้งเดิมมักประสบปัญหาผู้เลี้ยงไม่มีเวลาดูแลอย่างทั่วถึง ลืมให้อาหาร หรือไม่สามารถตรวจสอบสภาพตู้ปลาได้เมื่อไม่อยู่บ้าน ซึ่งอาจส่งผลเสียต่อสุขภาพของสัตว์น้ำจนถึงขั้นสูญเสียได้

ในปัจจุบัน แม้จะมีตู้ปลาสำเร็จรูปหรืออุปกรณ์เสริมวางจำหน่ายในท้องตลาด ซึ่งบางรุ่นมาพร้อมกับระบบอำนวยความสะดวกพื้นฐาน เช่น ระบบกรองน้ำและเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ แต่ผลิตภัณฑ์กลุ่มนี้มักมีราคาสูง และฟังก์ชันการทำงานยังคงมีขอบเขตจำกัด กล่าวคือ ระบบให้อาหารส่วนใหญ่ยังคงทำงานแบบ

"วงรอบเปิด" ที่เป็นการตั้งเวลาหมุนมอเตอร์เพียงอย่างเดียว ผู้เลี้ยงไม่สามารถรับรู้ได้เลยว่าเครื่องทำงานจริงหรือไม่ ถ่านหมด หรือกลไกติดขัดหรือไม่ อีกทั้งยังขาดระบบติดตามและแจ้งเตือนสถานะแบบเรียลไทม์ ทำให้ไม่สามารถตรวจสอบสภาพความเป็นอยู่ของปลาได้ในขณะที่ไม่อยู่บ้าน

ด้วยความก้าวหน้าของเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการพัฒนาระบบอัตโนมัติต่าง ๆ ซึ่งมีการประยุกต์ใช้ทั้งในด้านเกษตรกรรมและการประมง (เจษฎา สาททอง และคณะ, 2567; ยุติธรรม ปรมะ และวศิน โชติ, 2565; สุรเทพ แป้นเกิด และสุภษี ดวงใส, 2566) ผู้วิจัยจึงได้พัฒนา “ตู้ปลาอัจฉริยะบนพื้นฐานเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง” ที่ผสานการทำงานของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (DS18B20) ความขุ่น ระดับน้ำ ร่วมกับการควบคุมระบบไฟส่องสว่าง โดยใช้โปรโตคอล MQTT ซึ่งเป็นมาตรฐานการสื่อสารสำหรับอุปกรณ์ IoT ที่มีประสิทธิภาพสูง น้ำหนักเบา และใช้แบนด์วิธต่ำ นอกจากนี้ยังเพิ่มความสามารถในการเฝ้าระวังด้วยกล้อง ESP32-S3 CAM ซึ่งมีการประยุกต์ใช้ในการตรวจจับและเฝ้าระวังความปลอดภัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Kodali and Borra, 2021; Sudeep et al., 2023; ธนพล แก้วคำแจ้ง และคณะ, 2567) เพื่อให้ผู้เลี้ยงสามารถตรวจสอบตู้ปลาได้แบบเรียลไทม์ผ่านแอปพลิเคชัน IoT MQTT Panel

จุดเด่นสำคัญของงานวิจัยนี้คือการยกระดับระบบให้อาหารให้มีความอัจฉริยะแบบ "ผสมผสานและตรวจสอบย้อนกลับ" โดยออกแบบให้ระบบ IoT สามารถทำงานร่วมกับวงจรตั้งเวลาเดิมของเครื่องให้อาหาร และติดตั้งเซนเซอร์ตรวจจับการหมุนของมอเตอร์เพื่อยืนยันว่ามีการจ่ายอาหารเกิดขึ้นจริง ทำให้สามารถบันทึกข้อมูลการให้อาหารได้ถูกต้องแม่นยำไม่ว่าจะเกิดจากการสั่งงานผ่านแอปพลิเคชันหรือการทำงานอัตโนมัติตามรอบเวลา พร้อมทั้งมีการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน Telegram ทันทีเมื่อเกิดความผิดปกติ ช่วยให้ผู้เลี้ยงสามารถดูแลตู้ปลาได้อย่างมีประสิทธิภาพในงบประมาณที่เข้าถึงได้ง่าย

วิธีการดำเนินการวิจัย

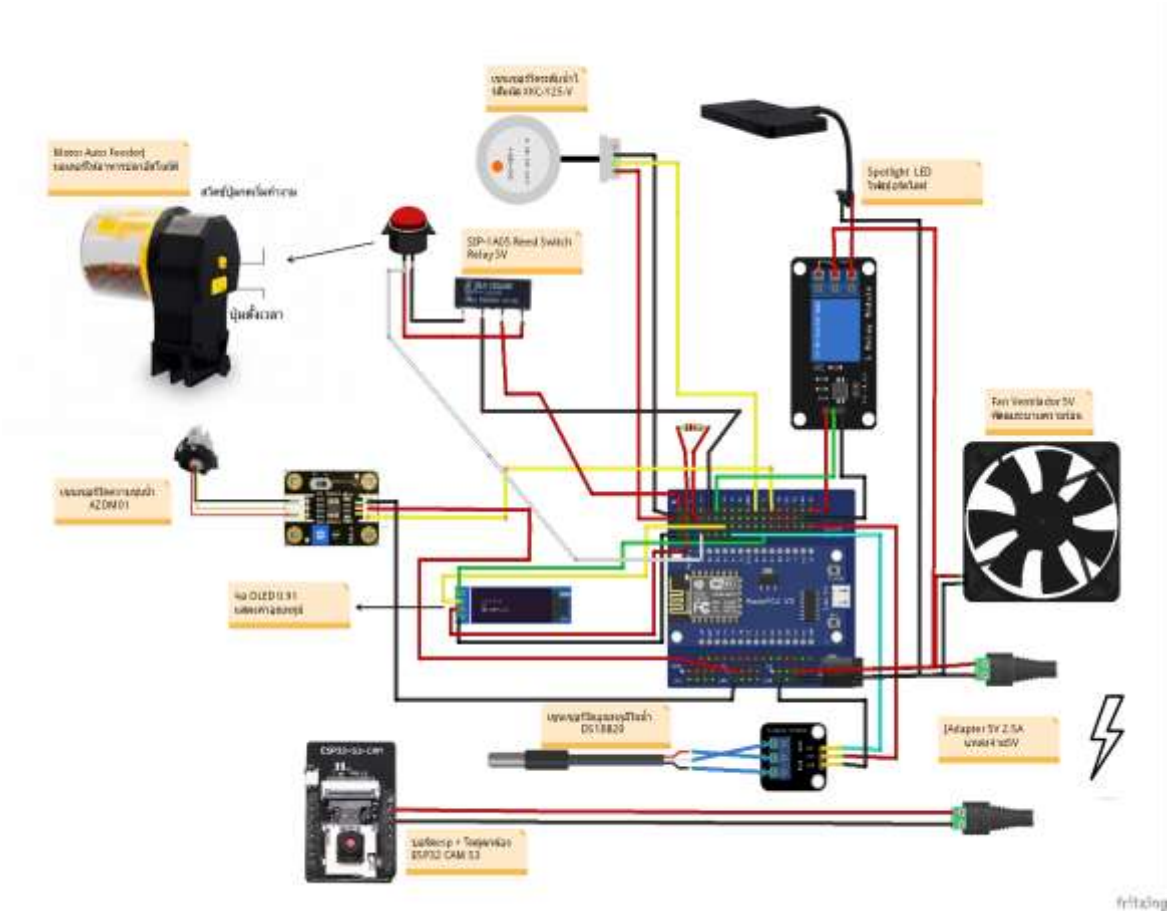
1. การศึกษาและออกแบบระบบ ผู้วิจัยได้ศึกษาปัญหาเครื่องให้อาหารปลาทั่วไปที่ไม่มีระบบตรวจสอบการทำงาน จึงออกแบบสถาปัตยกรรมระบบแบบกระจายศูนย์ โดยใช้ ESP8266 เป็นหน่วยควบคุมหลักสำหรับระบบเซนเซอร์และการสั่งงาน และใช้ ESP32-S3 CAM แยกอิสระสำหรับประมวลผลและส่งภาพผ่าน WiFi เพื่อลดภาระของระบบหลักและเพิ่มเสถียรภาพ
2. การออกแบบฮาร์ดแวร์

ระบบใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 2 ตัวหลัก ได้แก่ 1) ESP8266 (NodeMCU) ทำหน้าที่เป็นหน่วยประมวลผลกลาง เชื่อมต่อ Wi-Fi และรวบรวมค่าจากเซนเซอร์ ได้แก่ เซนเซอร์วัดอุณหภูมิในน้ำ (DS18B20), เซนเซอร์วัดความขุ่น (Turbidity Sensor AZDM01) และเซนเซอร์วัดระดับน้ำ (MEC-Y25:V) และ 2) ESP32-S3 CAM ทำหน้าที่ถ่ายภาพและส่งข้อมูลภาพไปยัง MQTT Broker โดยเฉพาะ อุปกรณ์อื่น ๆ ประกอบด้วย

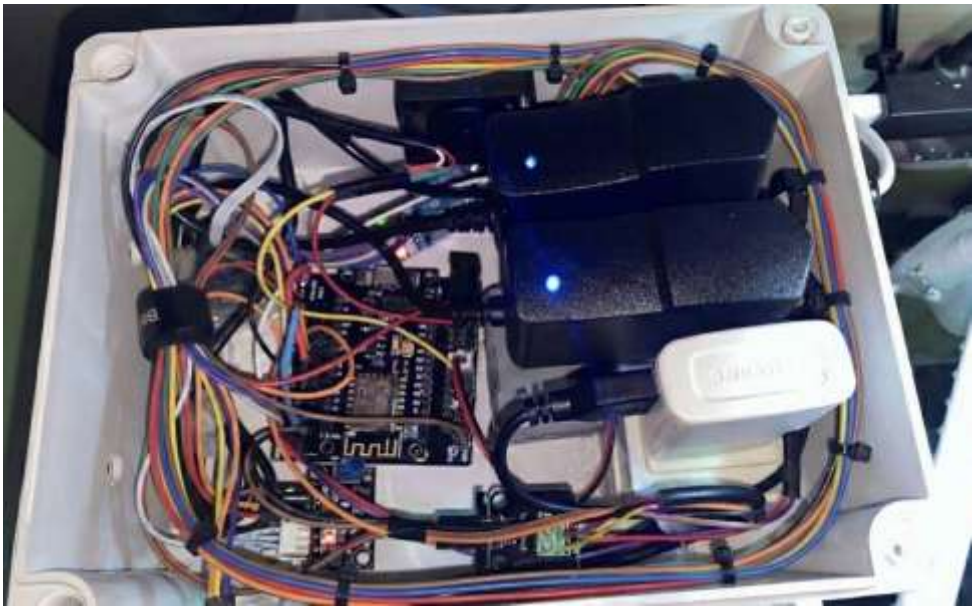
จอ OLED 0.91 นิ้วสำหรับแสดงผลค่าอุณหภูมิ, รีเลย์ 5V สำหรับควบคุมไฟสปอร์ตไลต์ LED และ SIP-1A05 Reed Switch Relay 5V สำหรับสั่งการปุ่มกดบนเครื่องให้อาหาร (ภาพที่ 1) โดยผู้วิจัยได้ทำการประกอบและจัดเก็บสายไฟลงในกล่องกันน้ำเพื่อความปลอดภัย (ภาพที่ 2) ระบบใช้แหล่งจ่ายไฟแบบอะแดปเตอร์ 3 ตัว (5V 2A สำหรับ ESP8266, 5V 2.5A สำหรับ ESP32-S3 CAM, และ 5V 2A สำหรับไฟสปอร์ตไลต์) เพื่อความเสถียรของระบบ

ตารางที่ 1 สรุปรายการอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และหน้าที่การทำงาน

ลำดับ	อุปกรณ์ (Hardware)	คุณสมบัติทางเทคนิค	หน้าที่ในโครงงาน
1	NodeMCU V3 (ESP8266)	บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์, WiFi 2.4GHz	ประมวลผลหลัก, เชื่อมต่อ MQTT, อ่านค่าเซนเซอร์
2	ESP32-S3 CAM	บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์, WiFi, กล้อง 2MP	ถ่ายภาพและส่งภาพไปยัง Broker ทุก 2 วินาที
3	DS18B20	เซนเซอร์วัดอุณหภูมิแบบดิจิทัล (กันน้ำ)	วัดอุณหภูมิน้ำในตู้ปลา
4	AZDM01	เซนเซอร์วัดความขุ่นของน้ำ (Turbidity)	ตรวจสอบคุณภาพน้ำ
5	MEC-Y25:V	เซนเซอร์วัดระดับน้ำ (Liquid Level Sensor)	ตรวจสอบระดับน้ำ และแจ้งเตือนเมื่อน้ำต่ำ
6	SIP-1A05 Relay	Reed Switch Relay 5V	สั่งการ (กด) ปุ่มบนเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ
7	Relay Module 5V	โมดูลรีเลย์ 1 ช่อง	ควบคุมการเปิด-ปิดไฟสปอร์ตไลต์ LED
8	จอ OLED 0.91 นิ้ว	หน้าจอแสดงผล I2C ขนาด 128x32	แสดงค่าอุณหภูมิที่ตู้ปลา
9	เครื่องให้อาหารปลา	มีปุ่ม Manual และปุ่มตั้งเวลา 12/24 ชม.	จ่ายอาหารปลา



ภาพที่ 1 วงจรการเชื่อมต่อระบบ Smart Aquarium



ภาพที่ 2 วงจรทำงานบนตู้จริง Smart Aquarium



ภาพที่ 3 ภาพรวมของตู้ปลา Smart Aquarium

2.1 การพัฒนาระบบให้อาหาร

ระบบให้อาหารออกแบบให้ทำงานได้ 3 รูปแบบ คือ 1) การสั่งการผ่านแอป IoT MQTT Panel ซึ่งบอร์ด ESP8266 จะสั่งงาน SIP-1A05 Relay ให้ทำงานเสมือนการกดสวิตช์ 2) การกดปุ่มแมนนวลสีแดงบนเครื่อง และ 3) ระบบตั้งเวลาอัตโนมัติ 12/24 ชั่วโมง ซึ่งเป็นฟังก์ชันของเครื่องให้อาหารเอง ในการนับจำนวนครั้งการให้อาหาร ผู้วิจัยได้ติดตั้ง "สวิตช์เช็ควันทำงาน (MEC-Y25:V)" เพื่อตรวจจับการหมุนของมอเตอร์ในทุกรูปแบบ (ไม่ว่าจะสั่งการด้วยวิธีใด) เมื่อสวิตช์นี้ถูกกด สัญญาณจะถูกส่งไปยัง ESP8266 เพื่ออัปเดตค่า“จำนวนครั้งการให้อาหารต่อวัน” ไปยัง MQTT Broker (ภาพที่ 4)

3. การพัฒนาซอฟต์แวร์และการสื่อสาร

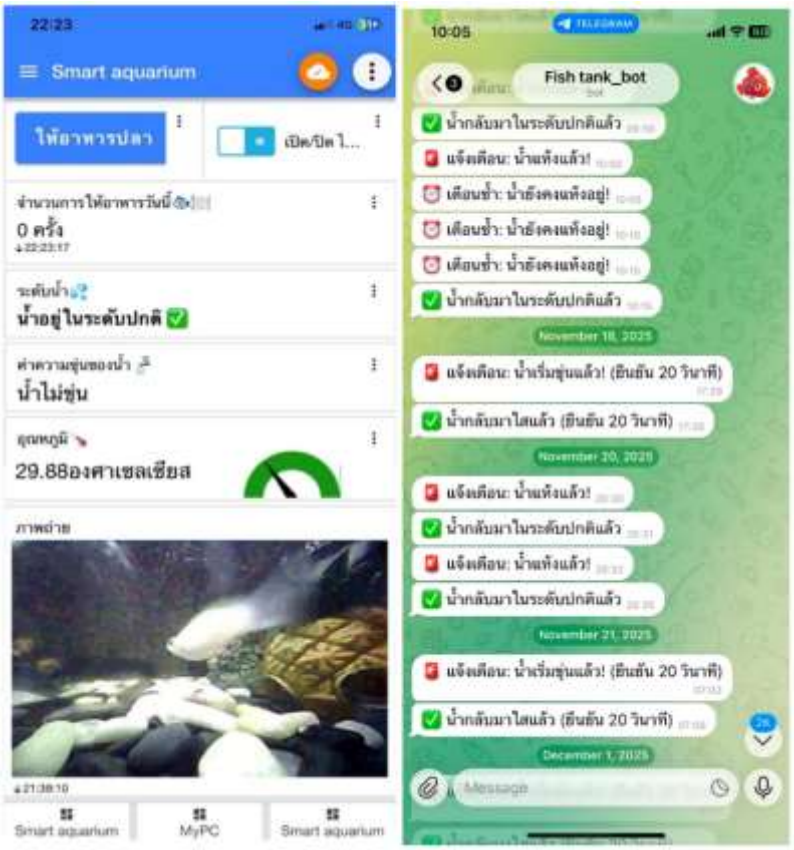
3.1 เฟิร์มแวร์ (Firmware): พัฒนาโค้ดด้วยภาษา C++ บน Arduino IDE สำหรับ ESP8266 และ ESP32-S3 CAM เพื่อเชื่อมต่อ Wi-Fi, อ่านค่าเซนเซอร์, ส่งข้อมูลไปยัง MQTT Broker, รับคำสั่งจาก MQTT Broker, และควบคุมรีเลย์

3.2 โปรโตคอลสื่อสาร: ใช้ MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) เป็นโปรโตคอลหลักในการสื่อสาร โดยใช้โบรกเกอร์สาธารณะ “broker.emqx.io” บนพอร์ต TCP 1883

3.3 ส่วนติดต่อผู้ใช้ (UI): ใช้แอปพลิเคชัน IoT MQTT Panel (บนระบบ iOS) ในการแสดงผลข้อมูล (อุณหภูมิ, ความขุ่น, จำนวนครั้งการให้อาหาร) และสั่งการทำงาน (ปุ่มให้อาหาร, ปุ่มเปิด-ปิดไฟ) (ภาพที่ 4)

3.4 ระบบส่งภาพ: ESP32-S3 CAM ถูกตั้งโปรแกรมให้ถ่ายภาพและส่งข้อมูลภาพ (Image Data) ไปยัง Topic MQTT ที่กำหนดไว้ทุก 2 วินาที (ภาพที่ 4)

3.5 ระบบแจ้งเตือน: เมื่อค่าเซนเซอร์ (เช่น ระดับน้ำต่ำ, ความขุ่นสูง) ผิดปกติ ระบบ ESP8266 จะส่งข้อความแจ้งเตือนไปยัง Telegram Bot ที่กำหนดไว้ (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 หน้าแอป IoT MQTT Panel และ การแจ้งเตือนแชทบอทของ Telegram (เมื่อค่าผิดปกติ)

4.การทดสอบระบบ

ทำการทดสอบระบบตู้ปลาอัจฉริยะในสภาพแวดล้อมจริง โดยติดตั้งอุปกรณ์ร่วมกับตู้ปลาขนาด 38 × 19.5 × 20.5 เซนติเมตร (ภาพที่ 3) โดยแบ่งการทดสอบดังนี้ 1) การทดสอบระยะยาว (30 วัน): ทดสอบความ

เสถียรของระบบวัดอุณหภูมิ, ระบบให้อาหาร, การเชื่อมต่อ MQTT และการควบคุมไฟ การทดสอบระยะสั้น (4 วัน): ทดสอบการตอบสนองของเซนเซอร์วัดความขุ่นและระดับน้ำ และระบบการแจ้งเตือนผ่าน Telegram

งานวิจัยนี้ดำเนินการออกแบบ พัฒนา และทดสอบระบบ ณ ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต และทดสอบการใช้งานจริงในสภาพแวดล้อมจำลองภายในที่พักอาศัย ในช่วงระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2568 ถึงเดือนมกราคม 2569

ผลการวิจัย

จากการดำเนินการพัฒนาและทดสอบระบบตู้ปลาอัจฉริยะบนพื้นฐานเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ผู้วิจัยขอเสนอผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. ผลการทดสอบการทำงานของระบบ (Functional Testing) ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบฟังก์ชันการทำงานหลักของระบบเป็นระยะเวลา 30 วัน โดยเน้นการตรวจสอบความแม่นยำและการทำงานร่วมกันระหว่างระบบ IoT และอุปกรณ์เดิม (Hybrid System) ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 2 และตารางที่ 3 ผลการทดสอบการวัดอุณหภูมิและความขุ่น

ทดสอบโดยเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิที่วัดได้จากเซนเซอร์ DS18B20 กับเทอร์โมมิเตอร์มาตรฐาน เป็นเวลา 30 วัน พบว่าค่าที่วัดได้มีความคลาดเคลื่อนต่ำ (± 0.5°C) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยอื่นที่ใช้เซนเซอร์ประเภทเดียวกัน (ตารางที่ 3) และจากการทดสอบเซนเซอร์วัดความขุ่นเป็นเวลา 4 วัน พบว่าระบบสามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของความขุ่นในน้ำได้เมื่อมีการจำลองสถานการณ์น้ำขุ่น

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบความเสถียรของระบบ

รายการทดสอบ	จำนวนครั้งที่ทดสอบ	จำนวนครั้งที่สำเร็จ	อัตราร้อยละ (%)
การสั่งให้อาหารผ่านแอป	60	60	100%
การนับจำนวนการให้อาหาร	60	57	95%
การสั่งเปิด-ปิดไฟผ่านแอป	150	150	100%
การเชื่อมต่อ MQTT (ต่อวัน)	1440 (นาที)	1433 (เฉลี่ย)	99.5%

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิ

อุณหภูมิมาตรฐาน (°C)	อุณหภูมิจากเซนเซอร์ (°C)
28.0	28.1
27.5	27.8
28.2	28.0
27.9	27.9
28.1	28.3
28.0	27.9
27.8	27.6

2. ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน จากการนำระบบไปให้กลุ่มตัวอย่างทดลองใช้งานและประเมินความพึงพอใจผ่านแบบสอบถาม จำนวน 5 ด้าน จากการสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งาน โดยใช้เกณฑ์การประเมิน 5 ระดับ ผลการประเมินแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

รายการประเมิน	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 5 คะแนน)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความพึงพอใจ
1. ด้านประสิทธิภาพการทำงานของระบบ	4.60	0.52	มากที่สุด
2. ด้านความง่ายในการใช้งานแอปพลิเคชัน	4.70	0.48	มากที่สุด
3. ด้านความถูกต้องแม่นยำของการแจ้งเตือน	4.50	0.53	มาก
4. ด้านความสวยงามและความเรียบร้อยของอุปกรณ์	4.40	0.52	มาก
5. ประโยชน์ที่ได้รับและความคุ้มค่า	4.80	0.42	มากที่สุด
รวมเฉลี่ย	4.60	0.49	มากที่สุด

หมายเหตุ. เกณฑ์คะแนนเฉลี่ย: 4.51–5.00 (มากที่สุด), 3.51–4.50 (มาก), 2.51–3.50 (ปานกลาง), 1.51–2.50 (น้อย), 1.00–1.50 (น้อยที่สุด)

วิจารณ์ผล

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าระบบตู้ปลาอัจฉริยะที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบในการตรวจสอบคุณภาพน้ำและการแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์ มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ สินทร สินทร และคณะ (2565) ที่พบว่าการนำเทคโนโลยี IoT มาประยุกต์ใช้ร่วมกับเซนเซอร์ตรวจวัดคุณภาพน้ำ ช่วยให้สามารถตรวจจับความผิดปกติและแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงที่สัตว์น้ำจะได้รับอันตรายจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพน้ำได้อย่างมีนัยสำคัญ

นอกจากนี้ การเลือกใช้สถาปัตยกรรมระบบแบบกระจายภาระ โดยแยกหน่วยประมวลผลภาพ (ESP32-S3 CAM) ออกจากหน่วยควบคุมหลัก และการแยกแหล่งจ่ายไฟอิสระ ช่วยแก้ปัญหาความไม่เสถียรจากกระแสไฟไม่เพียงพอได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้การรับ-ส่งข้อมูลผ่านโปรโตคอล MQTT มีความรวดเร็วและตอบสนองได้ทันที ในส่วนของนวัตกรรมระบบให้อาหารแบบตรวจสอบย้อนกลับ พบว่าการติดตั้ง สวิตช์ตรวจจับการหมุน ที่กลไกมอเตอร์ ช่วยให้ระบบสามารถนับจำนวนการให้อาหารได้ถูกต้องแม่นยำ ไม่ว่าจะเกิดจากการสั่งงานผ่านแอปพลิเคชันหรือการทำงานตามรอบเวลาของตัวเครื่อง ซึ่งเป็นการปิดจุดอ่อนของเครื่องให้อาหารทั่วไป สำหรับข้อจำกัดที่พบ คือหากมีการสั่งงานซ้ำ ๆ ติดต่อกันในระยะเวลาสั้น (น้อยกว่า 4 วินาที) ในบางครั้งระบบจะไม่นับจำนวนครั้งที่สอง ซึ่งเป็นผลมาจากการออกแบบอัลกอริทึมป้องกันสัญญาณรบกวน เพื่อป้องกันการนับซ้ำซ้อนจากการสั่นของหน้าสัมผัสสวิตช์ ซึ่งในทางปฏิบัติถือเป็นข้อดีที่ช่วยป้องกันผู้ใช้งานกดสั่งให้อาหารรัวเกินความจำเป็น

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต ควรมีการพัฒนาฟังก์ชันการเรียนรู้ด้วยปัญญาประดิษฐ์ (AI) เพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมการกินอาหารของปลาจากภาพที่ได้จากกล้อง ESP32-S3 CAM ซึ่งจะช่วยให้ระบบสามารถคำนวณปริมาณอาหารที่เหมาะสมได้อัตโนมัติ นอกจากนี้ อาจพิจารณาเพิ่มเซนเซอร์วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และระบบสำรองไฟ (UPS) เพื่อเพิ่มความสมบูรณ์และความปลอดภัยของระบบให้ดียิ่งขึ้น

สรุปผล

ระบบตู้ปลาอัจฉริยะบนพื้นฐานเทคโนโลยี IoT ที่พัฒนาขึ้น สามารถตรวจสอบปัจจัยแวดล้อมสำคัญ ได้แก่ อุณหภูมิ ความขุ่น และระดับน้ำ พร้อมทั้งส่งภาพถ่ายสดจากกล้อง ESP32-S3 CAM ได้แบบเรียลไทม์ จุดเด่นสำคัญคือผู้ใช้งานสามารถควบคุมการให้อาหารและไฟส่องสว่างผ่านสมาร์ตโฟนได้จากทุกที่ โดยมีความมั่นใจด้วยระบบตรวจสอบการทำงานจริง ซึ่งช่วยอำนวยความสะดวกและลดภาระในการดูแลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้ลดความเสี่ยงที่ปลาจะเกิดภาวะขาดอาหารหรือเจ็บป่วยจากการดูแลที่ไม่ทั่วถึง และได้รับความพึงพอใจจากผู้ใช้งานในระดับมากที่สุด (คะแนนเฉลี่ย 4.60)

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและการสนับสนุนอย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทรงเกียรติ ภาวดี อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ที่ได้สละเวลาให้คำแนะนำ ตรวจสอบ และช่วยแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่มาโดยตลอด ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ ขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์เครื่องมือในการทดสอบระบบ จนทำให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณครอบครัวและเพื่อนนักศึกษาที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนในทุกด้านเสมอมา

เอกสารอ้างอิง

เจษฎา สาททอง, สัญญา ควรคิด, อดิศร แก้วภักดี และขนิษฐา แซ่ลิ้ม. 2567. เครื่องฟักไข่แบบสมาร์ทและการตรวจสอบไข่ด้วยเทคโนโลยีใยแก้วนำแสง. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา 12(2): 96-106. แหล่งข้อมูล: https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/fit-ssru/article/view/257892. ค้นเมื่อ 15 กุมภาพันธ์ 2569.

ธนพล แก้วคำแจ้ง, ปฏิวัติ บุรินนิตย์, กฤษดา บุญคง, ณัฐพงศ์ บูระนะเวช และธนโชติ เสมเหลา. 2567. การศึกษาและประยุกต์ใช้งาน ESP32 จำลองประตูอัจฉริยะตรวจจับใบหน้าเพื่อความปลอดภัย. วารสารวิจัยและนวัตกรรมการอาชีวศึกษา 8(2): 30-38. แหล่งข้อมูล: https://so06.tci-thaijo.org/index.php/ve-irj/article/view/274692. ค้นเมื่อ 15 กุมภาพันธ์ 2569.

ยุติธรรม ปรมะ และวศิน โชติ. 2564. การพัฒนาต้นแบบเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติโดยใช้แนวคิดอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง. วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ 13(18): 75-88. แหล่งข้อมูล: https://li01.tci-thaijo.org/index.php/scinsru/article/view/248557. ค้นเมื่อ 15 กุมภาพันธ์ 2569.

สามารถ สินทร, สิทธิชัย บุษหมั่น, ประมุข ศรีชัยวงษ์, สมโภช ทองน้ำเที่ยง และชนัญชิดา ซองผม. 2565. การพัฒนาระบบเซ็นเซอร์ตรวจจับความผิดปกติของน้ำในท่อประปาภูเขา ด้วยเทคโนโลยี IoT. วารสารเกษตรพระวรุณ 19(2): 143-149. แหล่งข้อมูล: https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/article/view/255862. ค้นเมื่อ 15 กุมภาพันธ์ 2569.

สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดราชบุรี. 2563. ข้อมูลเพื่อการวางแผนพัฒนาการเกษตรและสหกรณ์จังหวัดราชบุรี ปี 2563 ปลาสวยงาม. แหล่งข้อมูล: https://www.opsmoac.go.th/ratchaburi-dwl-files-421591791292. ค้นเมื่อ 15 กุมภาพันธ์ 2569.

สุรเทพ แป้นเกิด และสุภษี ดวงใส. 2566. เครื่องควบคุมตู้ปลาอัตโนมัติด้วยไอโอที. วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ 17(1): 60-68. แหล่งข้อมูล: https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/rmutk/article/view/249571. ค้นเมื่อ 15 กุมภาพันธ์ 2569.

Kodali, R. K., and V. Borra. 2021. Low cost home security system using ESP32-CAM and Telegram. pp. 579-583. In: 2021 International Conference on Computing, Communication, and Intelligent Systems (ICCCIS). IEEE. Available: https://ieeexplore.ieee.org/document/9422585. Accessed February 15, 2026.

Sudeep, K., P. P. Sahu, and D. R. K. Reddy. 2023. Smart surveillance system using ESP32-CAM and IoT. International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering 11(4s): 15-22. Available: https://ijisae.org/index.php/IJISAE/article/view/2568. Accessed February 15, 2026.

การพัฒนาแบบจำลองระบบเครื่องสอบจับน้ำท่วมกรณีศึกษาหมู่บ้านชุมชนบ้านคลองทราย

Development of a Flood Detection System Model: A Case Study of Ban Khlong Sai Community

ชยากร ศรีสอาด[1*] ภวัต ฉิมเล็ก[2] พงษ์พิชญ์ เลิศเจริญวุฒา[3] ธงรบ อักษร[4] ไพฑูรย์ งิ้วทั่ง[5]

Chyayakorn Sisaart[1*] Suphachai Khonthiang[2] Phongphit Loescharoenwutha[3] Thongrob Auxsorn[4] Paitoon Ngewtung[5]

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก 65000

[1] Department of Information Technology, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok 65000, Thailand.

*Corresponding author E-mail: chyayakorn.sis67@psru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบเครื่องตรวจจับน้ำท่วมและแจ้งเตือนอัตโนมัติโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์และเซ็นเซอร์อัลตราโซนิกเป็นตัวควบคุมหลัก เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนข้อมูลข่าวสารในช่วงวิกฤตและลดความสูญเสียต่อทรัพย์สินของประชาชนในพื้นที่ชุมชนบ้านคลองทราย จุดมุ่งหมายคือการเพิ่มประสิทธิภาพการเฝ้าระวังภัยน้ำท่วมโดยสามารถวัดระดับน้ำแบบเรียลไทม์และแจ้งเตือนเมื่อระดับน้ำสูงเกินค่าที่กำหนด ระบบทำงานโดยใช้เซ็นเซอร์วัดระยะทางเชื่อมต่อกับบอร์ด ESP8266 ส่งข้อมูลไปยังฐานข้อมูลออนไลน์ (Firebase) และแสดงผลผ่านแอปพลิเคชันที่พัฒนาด้วย MIT App Inventor พร้อมแจ้งเตือนผ่านสมาร์ตโฟน ในการประเมินประสิทธิผลของระบบใช้แบบสอบถามความพึงพอใจเป็นเครื่องมือ กลุ่มตัวอย่างเป็นตัวแทนครัวเรือนในพื้นที่เสี่ยงภัยและเจ้าหน้าที่ท้องถิ่น จำนวน 20 คน การคัดเลือกผู้เข้าร่วมดำเนินการโดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง ผลการประเมินพบว่าความคิดเห็นโดยรวมของผู้ใช้งานอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจ ($\bar{X}$) เท่ากับ 4.45 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.65 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านประโยชน์และความคุ้มค่าอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$=4.50, S.D.=0.60) รองลงมาคือด้านการใช้งานและความสะดวก ($\bar{X}$=4.45, S.D.=0.68) และด้านโครงสร้างและประสิทธิภาพของระบบ ($\bar{X}$=4.40, S.D.=0.70) ตามลำดับ โดยรวมแล้ว ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าระบบเครื่องตรวจจับน้ำท่วมสามารถตอบสนองต่อความต้องการของชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยให้ชาวบ้านได้รับข้อมูลระดับน้ำที่รวดเร็ว และเตรียมพร้อมรับมือสถานการณ์น้ำท่วมได้ทันเวลา

คำสำคัญ : ระบบตรวจจับน้ำท่วม, เซ็นเซอร์อัลตราโซนิก, อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

Abstract

This research aimed to develop an automatic flood detection and warning system using a microcontroller and ultrasonic sensors as the main control units, in order to address the lack of information during crises and reduce property loss for residents in Ban Khlong Sai Community. The objective is to enhance flood monitoring efficiency by measuring water levels in real-time and sending alerts when levels exceed defined thresholds. The system operates using distance sensors connected to an ESP8266 board, transmitting data to an online database (Firebase), and displaying results via an application developed with MIT App Inventor, along with smartphone notifications. To evaluate the effectiveness of the system, a satisfaction questionnaire was used as the research instrument. The sample group consisted of 20 household representatives in risk areas and local officials, selected using purposive sampling. The results showed that overall user satisfaction was at a high level, with a mean score ($\bar{X}$) of 4.45 and a standard deviation (S.D.) of 0.65. When analyzed by aspect, benefits and value received the highest rating ($\bar{X}$=4.50, S.D.=0.60), followed by usability and convenience ($\bar{X}$=4.45, S.D.=0.68), and system structure and performance ($\bar{X}$=4.40, S.D.=0.70), respectively. Overall, the findings indicate that the flood detection system effectively meets the community's needs, providing residents with rapid water level information and enabling timely preparation for flood situations.

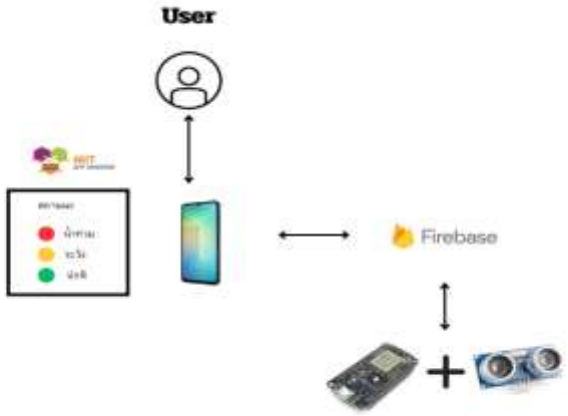
Keywords : Flood Detection System, Ultrasonic Sensor, Internet of Things (IoT)

บทนำ

ปัจจุบันปัญหาอุทกภัยเป็นภัยธรรมชาติที่ส่งผลกระทบอย่างรุนแรงต่อการดำรงชีวิตของประชาชน โดยเฉพาะในพื้นที่ราบลุ่มและพื้นที่ริมน้ำ ชุมชนบ้านคลองทรายเป็นหนึ่งในพื้นที่ที่ประสบปัญหาน้ำท่วมซ้ำซากเป็นประจำทุกปี เนื่องจากลักษณะภูมิประเทศที่เป็นแอ่งกระทะและติดกับทางน้ำธรรมชาติ เมื่อเกิดฝนตกหนักต่อเนื่องหรือมีน้ำหลาก มักเกิดปัญหาน้ำท่วมฉับพลันที่ชาวบ้านไม่สามารถขนย้ายทรัพย์สินได้ทัน เนื่องจากขาดระบบการแจ้งเตือนที่มีประสิทธิภาพในระดับชุมชน การรอฟังประกาศจากหน่วยงานส่วนกลางมักมีความล่าช้าและไม่ครอบคลุมทุกพื้นที่ ส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อบ้านเรือน พื้นที่เกษตรกรรม และอาจเป็นอันตรายต่อชีวิต จากปัญหาดังกล่าว การนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการเฝ้าระวังและแจ้งเตือนภัยจึงเป็นสิ่งสำคัญ โดยเฉพาะเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) ที่สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ตรวจวัดเข้ากับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อส่งข้อมูลได้แบบเรียลไทม์ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาระบบเครื่องตรวจจับน้ำท่วมที่สามารถแจ้งเตือนผ่านสมาร์ตโฟน เพื่อให้ประชาชนในพื้นที่สามารถเข้าถึงข้อมูลระดับน้ำได้ด้วยตนเอง ทุกที่ ทุกเวลา ซึ่งจะช่วยลดความตื่นตระหนกและช่วยให้มีการเตรียมความพร้อมรับมือสถานการณ์น้ำท่วมได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

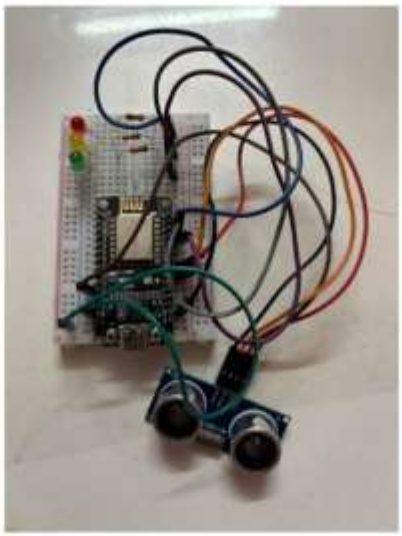
วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาหาข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี IoT, การใช้งานบอร์ด ESP8266 (NodeMCU), หลักการทำงานของ Ultrasonic Sensor สำหรับวัดระยะทาง และการจัดการฐานข้อมูล Firebase
2. ศึกษาบริบทพื้นที่และปัญหาน้ำท่วมในชุมชนบ้านคลองทราย เพื่อกำหนดจุดติดตั้งและค่าระดับน้ำที่ต้องแจ้งเตือน (ระดับปกติ, ระดับเฝ้าระวัง, ระดับวิกฤต)
3. ออกแบบโครงสร้างของระบบการทำงาน โดยมีการกำหนดอุปกรณ์ที่จะใช้ ได้แก่ NodeMCU ESP8266, Ultrasonic Sensor, หลอดไฟ LED แสดงสถานะ, และ Smartphone สำหรับติดตั้งแอปพลิเคชัน ดังภาพที่ 1



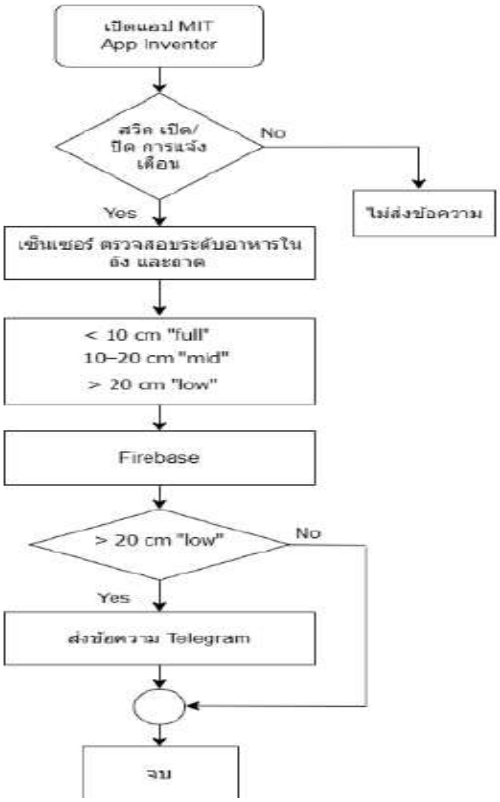
ภาพที่ 1 ออกแบบวงจรการทำงาน

4. การลงมือต่อวงจรและพัฒนาโปรแกรม โดยเขียนโค้ดควบคุมบอร์ด ESP8266 ด้วย Arduino IDE และพัฒนาแอปพลิเคชันด้วย MIT App Inventor เพื่อดึงข้อมูลจาก Firebase มาแสดงผล



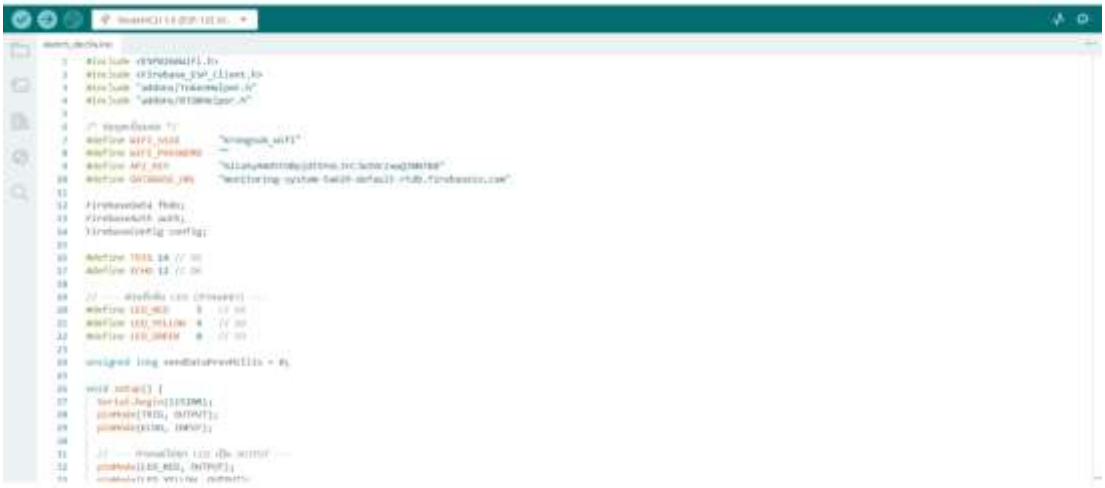
ภาพที่ 2 วงจรการทำงาน

4.1 การทำงานของระบบแจ้งเตือน เมื่อเซ็นเซอร์วัดระดับน้ำได้ จะส่งค่าไปยัง Firebase และแอปพลิเคชันจะตรวจสอบเงื่อนไขเพื่อแจ้งเตือน



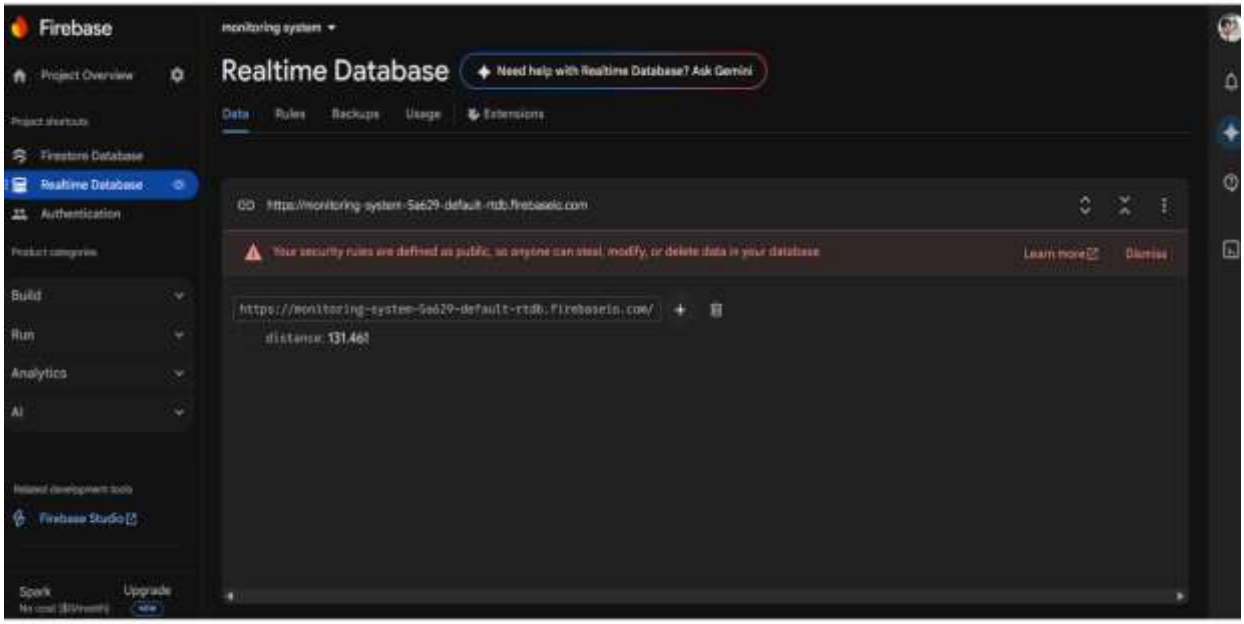
ภาพที่ 3 แผนผังการแจ้งเตือน

4.2 ใช้โปรแกรม Arduino IDE ในการเขียน Code โปรแกรมเพื่ออ่านค่าจากเซ็นเซอร์และส่งขึ้นระบบ Cloud



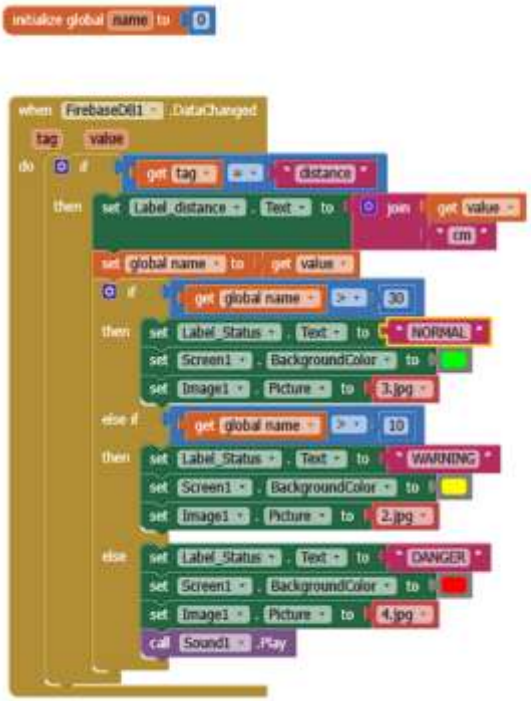
ภาพที่ 4 โปรแกรม Arduino IDE

4.3 หลักการทำงานของ Firebase ในการเก็บข้อมูลสถานะระดับน้ำแบบ Real-time



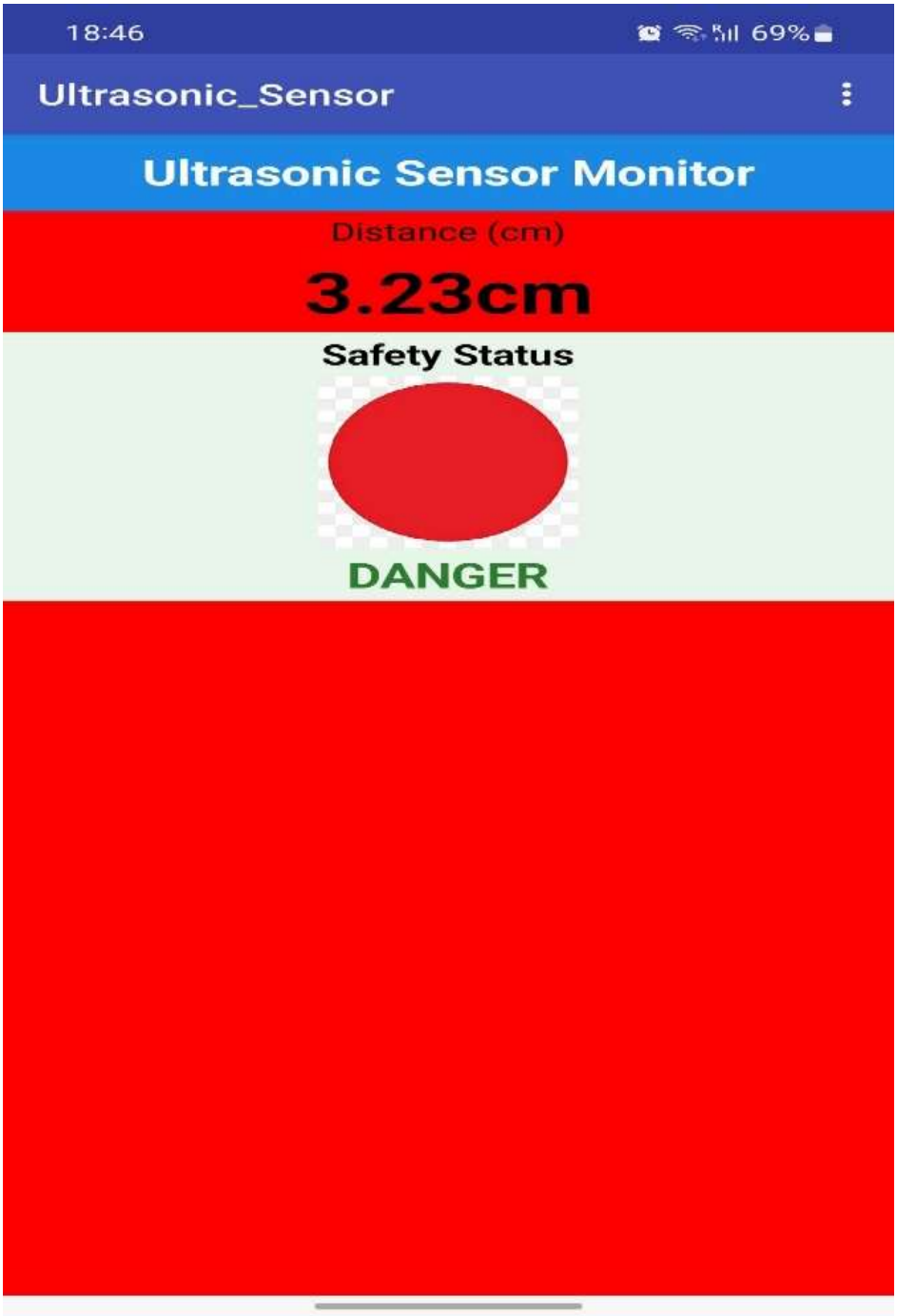
ภาพที่ 5 การทำงานของ Firebase

4.4 ใช้โปรแกรม Mit App Inventor ในการเขียน Code ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 Code โปรแกรมแอพพลิเคชัน Mit App Inventor

4.5 การออกแบบหน้าจอแอปพลิเคชัน MIT App Inventor สำหรับแสดงระดับน้ำและสถานะการแจ้งเตือน



ภาพที่ 7 หน้าจอแอปพลิเคชันแสดงผลระดับน้ำ

4.6 ทดสอบระบบเซนเซอร์วัดระดับน้ำในถังจำลอง ก่อนที่จะนำระบบไปใช้งานจริง โดยทดสอบเบื้องต้นร่วมกับกลุ่มเป้าหมาย เช่น ชาวบ้านในชุมชนบ้านคลองทราย เพื่อตรวจสอบการทำงานของระบบแจ้งเตือน หากพบข้อผิดพลาดจึงทำการปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้อง เพื่อให้ประชาชนในพื้นที่สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 8 ทดสอบการทำงานและแก้ไขข้อผิดพลาดเพื่อนำมาบรับปรุง

5. ทดสอบระบบ โดยจำลองสถานการณ์ระดับน้ำต่างๆ เพื่อตรวจสอบความแม่นยำของเซ็นเซอร์และความเร็วในการแจ้งเตือน หากพบข้อผิดพลาดทำการปรับปรุงแก้ไข

6. นำระบบไปติดตั้งทดสอบในพื้นที่จริงหรือบ่อจำลอง และเก็บรวบรวมข้อมูลความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่าง

ผลการวิจัย

จากการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูลผ่านแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบเครื่องตรวจจับน้ำท่วม ผลการวิจัยพบว่า:

ตารางที่ 1 การประเมินความพึงพอใจ ด้านโครงสร้างและการทำงาน

ด้านโครงสร้าง	**ด้านโครงสร้าง**		
	$\bar{X}$	**S.D.**	**แปลผล**
1) อุปกรณ์มีความแข็งแรงและติดตั้งได้อย่างมั่นคง	4.40	0.70	มาก
2) เซ็นเซอร์สามารถวัดระดับน้ำได้แม่นยำใกล้เคียงค่าจริง	4.50	0.65	มาก
3) ระบบสามารถส่งข้อมูลขึ้นระบบ Cloud ได้อย่างรวดเร็ว	4.35	0.75	มาก
4) ระบบไฟแสดงสถานะทำงานสอดคล้องกับระดับน้ำ	4.40	0.70	มาก
5) ระบบมีความเสถียรในการทำงานต่อเนื่อง	4.35	0.70	มาก
รวม	**4.40**	**0.70**	**มาก**

ตารางที่ 2 การประเมินความพึงพอใจ ด้านการใช้งานและความสะดวก

ด้านโครงสร้าง	**ด้านโครงสร้าง**		
	$\bar{X}$	**S.D.**	**แปลผล**
6) แอปพลิเคชันใช้งานง่าย เมนูไม่ซับซ้อน	4.50	0.65	มาก
7) การแสดงผลตัวเลขและกราฟิกมีความชัดเจน	4.45	0.68	มาก
8) ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลได้สะดวกผ่านสมาร์ตโฟน	4.55	0.60	มากที่สุด
9) ระบบมีการแจ้งเตือนทันทีเมื่อถึงระดับวิกฤต	4.40	0.70	มาก
10) คู่มือการใช้งานมีความชัดเจนเข้าใจง่าย	4.35	0.75	มาก
รวม	**4.45**	**0.68**	**มาก**

ตารางที่ 3 การประเมินความพึงพอใจ ด้านประโยชน์และความคุ้มค่า

ด้านโครงสร้าง	**ด้านโครงสร้าง**		
	$\bar{X}$	**S.D.**	**แปลผล**
11) ระบบช่วยให้ทราบสถานการณ์น้ำท่วมได้รวดเร็วขึ้น	4.60	0.55	มากที่สุด
12) ระบบช่วยลดความวิตกกังวลของชาวบ้านในพื้นที่	4.45	0.65	มาก
13) ระบบมีความคุ้มค่าเมื่อเทียบกับประโยชน์ที่ได้รับ	4.45	0.65	มาก
14) สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่อื่นๆ ได้	4.45	0.60	มาก
15) ความพึงพอใจโดยรวมต่อระบบเครื่องตรวจจับน้ำท่วม	4.50	0.60	มากที่สุด
รวม	**4.50**	**0.60**	**มากที่สุด**
โดยรวม	**4.45**	**0.65**	**มาก**

จากตารางที่ 1-3 ผลการศึกษาความพึงพอใจต่อการใช้งานของ สถิติที่ใช้ในการวิจัย คือ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยกำหนดเกณฑ์ในการแปลความหมาย ค่าเฉลี่ย ดังนี้

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 - 5.00 หมายความว่า ระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.51 - 4.50 หมายความว่า ระดับมาก

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.51 - 3.50 หมายความว่า ระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.51 – 2.50 หมายความว่า ระดับน้อย

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.00 – 1.50 หมายความว่า ระดับน้อยที่สุด

วิจารณ์ผล

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าระบบเครื่องตรวจจับน้ำท่วมที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพในการใช้งาน โดยผู้ใช้งานมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$**=4.45)** สะท้อนถึงความสำเร็จของการนำเทคโนโลยี **IoT** มาประยุกต์ใช้ในงานเตือนภัยธรรมชาติ ระบบสามารถตรวจวัดและแจ้งเตือนระดับน้ำได้จริง ช่วยแก้ปัญหาความล่าช้าของข้อมูลข่าวสารเดิม การใช้เซ็นเซอร์อัลตราโซนิกให้ผลการวัดที่แม่นยำเพียงพอสำหรับการเฝ้าระวัง และแอปพลิเคชัน **MIT App Inventor** ที่พัฒนาขึ้นมีความง่ายต่อการใช้งานสำหรับชาวบ้านทั่วไป อย่างไรก็ตาม ระบบยังมีข้อจำกัดในเรื่องแหล่งจ่ายไฟ หากเกิดพายุฝนและไฟฟ้าดับ ระบบอาจหยุดทำงาน ซึ่งควรมีการพัฒนาเพิ่มเติมโดยการติดตั้งระบบไฟฟ้าสำรองหรือโซลาร์เซลล์ในอนาคต

สรุปผล

จากตารางที่ 1-3 สรุปได้ว่าความพึงพอใจของผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีความคิดเห็นรวมทั้งหมดอยู่ในระดับมาก โดยด้านที่มีคะแนนสูงสุดคือด้านประโยชน์และความคุ้มค่า ($\bar{X}$=4.50) แสดงให้เห็นว่าชาวบ้านชุมชนบ้านคลองทรายให้ความสำคัญกับระบบที่ช่วยแจ้งเตือนภัยเพื่อความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน รองลงมาคือด้านการใช้งานและความสะดวก ($\bar{X}$=4.45) และด้านโครงสร้าง ($\bar{X}$=4.40) ตามลำดับ ซึ่งยืนยันได้ว่าระบบต้นแบบนี้สามารถนำไปใช้งานได้จริงและเป็นประโยชน์ต่อชุมชน

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาแบบจำลองระบบเครื่องตรวจจับน้ำท่วมกรณีศึกษาหมู่บ้านชุมชนบ้านคลองทราย สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับคำแนะนำ ตรวจแก้ และให้คำปรึกษาอย่างใกล้ชิดจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ไพฑูรย์ งิ้วทั่ง อาจารย์ที่ปรึกษา รวมถึงได้รับความร่วมมือจากชาวบ้านชุมชนบ้านคลองทรายในการให้ข้อมูลและทดสอบระบบ ผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

เอกสารอ้างอิง

Hanan, A., Gunawan, A. A. N., & Sumadiyasa, M. (2018). Water level detection system based on ultrasonic sensors HC-SR04 and ESP8266-12 modules with telegram and buzzer communication media. International Journal of Instrumentation and Measurement, 3(1), 8-14.

Kalaivani, K., & Reshmi, S. (2020). Flood detection and water monitoring system using IoT. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 7(5), 3426-3429.

Kodali, R. K., & Sahu, A. (2016). IoT based flood monitoring and alerting system with weather forecasting. Proceedings of the 2016 International Conference on Control, Instrumentation, Communication and Computational Technologies (ICCICCT) (pp. 677-681). IEEE. https://doi.org/10.1109/ICCICCT.2016.7988036

Syafruddin, S., & Budi, A. S. (2022). IoT-based real-time flood warning system prototype and integrated WhatsApp message. International Journal of Advances in Data and Information Systems, 3(2), 88-97.

แบบจำลองระบบที่จอดรถอัจฉริยะโดยใช้ Arduino UNO

Smart Parking System Model Using Arduino UNO

ธนพนธ์ ประเสริฐสุข[1*], กิตติพงษ์ สุวรรณราช[1]

Tanaphon Prasertsuk [1*], Kittipong Suwannaraj[1]

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก 65000

[1] Department of Information Technology, Faculty of Science and Technology,

Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok 65000, Thailand

***Corresponding author E-mail: tanaphon.p65@psru.ac.th**

บทคัดย่อ

บทความนี้เสนอการพัฒนาแบบจำลองระบบที่จอดรถอัจฉริยะ (Smart Parking System) เพื่อใช้ในการทดสอบการทำงานของระบบ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการพื้นที่จอดรถและลดระยะเวลาในการค้นหาที่จอด ระบบพัฒนาบนพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO เชื่อมต่อกับเซนเซอร์อินฟราเรด (IR Sensors) จำนวน 8 ตัว โดยแบ่งหน้าที่เป็นเซนเซอร์ตรวจจับการเข้า-ออก 2 ตัว และเซนเซอร์ประจำช่องจอด 6 ตัว ระบบทำงานร่วมกับ เซอร์โวมอเตอร์ เพื่อควบคุมไม้กั้นอัตโนมัติ และแสดงผลสถานะแบบเรียลไทม์ผ่าน หน้าจอ LCD ขนาด 20x4 ด้วยโมดูล I2C

ผลการดำเนินงานพบว่า ระบบสามารถตรวจจับรถและแสดงจำนวนที่จอดคงเหลือ (Available Slots) ได้อย่างแม่นยำ ในกรณีที่ที่จอดรถเต็มทั้ง 6 ช่อง ระบบจะแสดงข้อความแจ้งเตือน "Sorry Parking Full" และไม่อนุญาตให้รถคันใหม่เข้าจอดโดยการไม่เปิดไม้กั้น การพัฒนาระบบนี้ช่วยลดระยะเวลาในการค้นหาที่จอดรถอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งช่วยลดการใช้เชื้อเพลิงและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (CO_2) จากท่อไอเสียรถยนต์ อีกทั้งยังเป็นต้นแบบที่มีต้นทุนต่ำและสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานจริงในพื้นที่ที่มีงบประมาณจำกัดได้

คำสำคัญ : ระบบที่จอดรถอัจฉริยะ, ระบบต้นแบบ, Arduino UNO, เซนเซอร์อินฟราเรด, การแสดงผลแบบเรียลไทม์

Abstract

This study presents the development of a Smart Parking System prototype designed to evaluate system performance and improve parking space management efficiency while reducing the time required to search for available parking spaces. The system is developed based on an Arduino UNO microcontroller integrated with eight infrared (IR) sensors. Two sensors are assigned

for vehicle entry and exit detection, while six sensors are installed to monitor individual parking slots. The system operates in conjunction with a servo motor to control an automatic barrier gate and displays real-time parking status information on a 20x4 LCD screen via an I2C module.

The experimental results demonstrate that the system can accurately detect vehicle presence and display the number of available parking slots. When all six parking spaces are occupied, the system displays the message “Sorry, Parking Full” and prevents additional vehicles from entering by keeping the barrier gate closed. The developed prototype effectively reduces parking search time, contributing to lower fuel consumption and reduced carbon dioxide (CO_2) emissions. Furthermore, the system is cost-effective and suitable for practical implementation in areas with limited budgets.

Keywords : Smart Parking System, Prototype System, Arduino UNO, Infrared Sensors, Real-Time Display

บทนำ

ปัจจุบันการใช้รถยนต์ส่วนบุคคลมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในเขตเมือง ห้างสรรพสินค้า สถานที่ติดต่อราชการ สถานบันเทิง และงานอีเว้นท์ต่างๆ ส่งผลให้เกิดปัญหาการขาดแคลนพื้นที่จอดรถและการบริหารจัดการที่จอดรถที่ไม่มีประสิทธิภาพ ผู้ใช้งานต้องเสียเวลาในการวนหาที่จอดรถเป็นเวลานาน ก่อให้เกิดความไม่สะดวก เพิ่มความแออัดของการจราจร และส่งผลต่อการใช้พลังงานโดยไม่จำเป็น ปัญหาดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงความจำเป็นในการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการพื้นที่จอดรถอย่างเป็นระบบ (Kabir et al., 2021; Chullabodhi et al., 2022)

งานวิจัยในช่วงที่ผ่านมาได้เสนอแนวทางการพัฒนาระบบที่จอดรถอัจฉริยะโดยอาศัยเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) และระบบเซนเซอร์ตรวจจับอัตโนมัติ เพื่อเพิ่มความแม่นยำและลดระยะเวลาในการค้นหาที่จอดรถ (Kabir et al., 2021; Abdulsaheb, 2024) นอกจากนี้ยังมีการประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับเซนเซอร์ในการตรวจสอบสถานะช่องจอด เช่น การใช้เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อแสดงผลแบบเรียลไทม์ (Azmi & Ismail, 2022) รวมถึงแนวทางการพัฒนาระบบจอดรถบนพื้นฐาน IoT ที่สามารถเชื่อมต่อและประมวลผลข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Khanna & Anand, 2016)

อย่างไรก็ตาม การพัฒนาระบบที่จอดรถอัจฉริยะเพื่อให้สามารถนำไปใช้งานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพจำเป็นต้องผ่านกระบวนการศึกษา ทดลอง และประเมินผลการทำงานในรูปแบบของต้นแบบหรือแบบจำลอง

เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ความถูกต้อง ความเสถียร และข้อจำกัดของระบบได้อย่างเป็นรูปธรรม โดยเฉพาะในด้านเวลาตอบสนอง ความแม่นยำของการตรวจจับ และความเหมาะสมของอุปกรณ์ในเชิงวิศวกรรม

ด้วยเหตุนี้ งานวิจัยฉบับนี้จึงมุ่งเน้นการออกแบบและพัฒนาแบบจำลองระบบที่จอดรถอัจฉริยะ โดยใช้บอร์ด Arduino UNO เป็นหน่วยประมวลผลหลัก ร่วมกับเซนเซอร์อินฟราเรดชนิดตรวจจับวัตถุในการตรวจสอบสถานะช่องจอดรถ และระบบควบคุมไม้กั้นอัตโนมัติ พร้อมแสดงผลข้อมูลแบบเรียลไทม์ผ่านหน้าจอ LCD ทั้งนี้เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบภายใต้สภาพแวดล้อมจำลอง และวิเคราะห์ความเหมาะสมในการประยุกต์ใช้งานจริง

การพัฒนาแบบจำลองในงานวิจัยนี้มีความสำคัญทั้งในเชิงวิชาการและเชิงประยุกต์ เนื่องจากช่วยอธิบายกลไกการทำงานของระบบอย่างเป็นระบบ สามารถใช้เป็นกรณีศึกษาในการพัฒนาและต่อยอดสู่ระบบที่จอดรถอัจฉริยะในระดับที่ซับซ้อนมากขึ้น รวมถึงการบูรณาการร่วมกับเทคโนโลยีเครือข่ายและระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ในอนาคต

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. รูปแบบงานวิจัย

   งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบ พัฒนา และประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองระบบที่จอดรถอัจฉริยะภายใต้สภาพแวดล้อมจำลอง โดยกำหนดหน่วยทดลอง (Experimental Unit) คือ การจำลองเหตุการณ์การเข้า–ออกของรถยนต์ในระบบต้นแบบจำนวน 50 ครั้งต่อกรณีการทดสอบ

   การทดลองและทดสอบระบบดำเนินการ ณ หอพักนักศึกษา จังหวัดพิษณุโลก โดยจัดสภาพแวดล้อมจำลองสำหรับการทดสอบระบบลานจอดรถอัจฉริยะ และดำเนินการทดลองระหว่างเดือน กรกฎาคม ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2568 ทั้งนี้ ได้ควบคุมปัจจัยภายนอก เช่น แสงสว่างและระยะห่างของวัตถุ เพื่อให้ผลการทดสอบมีความสม่ำเสมอและสามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างเหมาะสม

2. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

   2.1. บอร์ด Arduino UNO ใช้เป็นหน่วยประมวลผลและควบคุมการทำงานของระบบ

   2.2. เซนเซอร์อินฟราเรด (Infrared Sensor) จำนวน 8 ตัว แบ่งเป็นเซนเซอร์ตรวจจับรถเข้า–ออกจำนวน 2 ตัว และเซนเซอร์ตรวจจับการจอดรถในแต่ละช่องจำนวน 6 ตัว

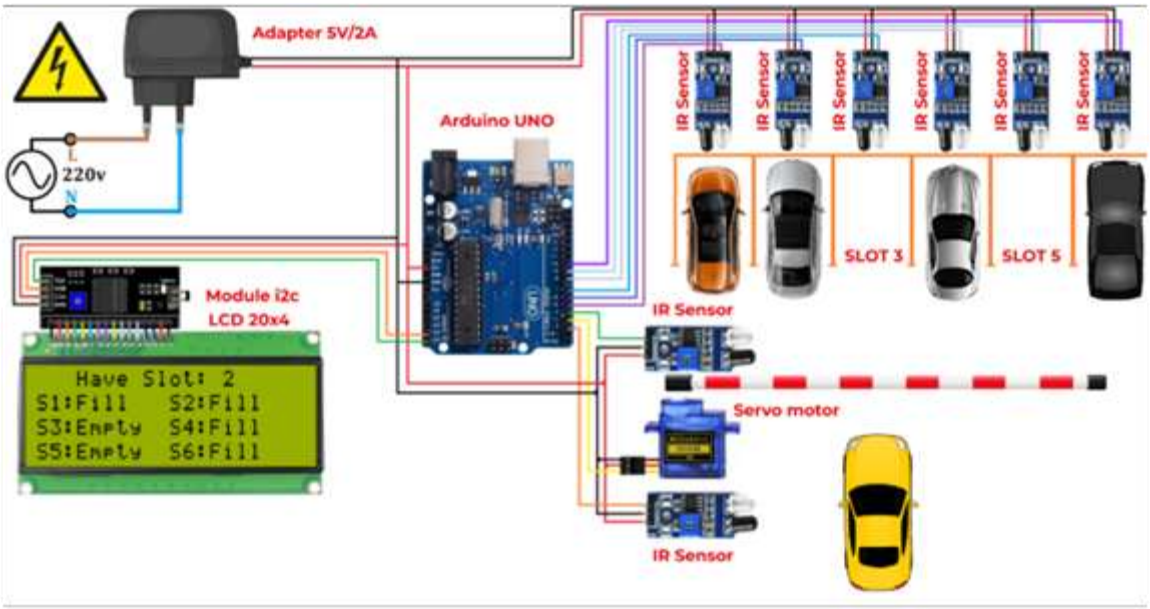
   2.3. เซอร์โวมอเตอร์ ใช้ควบคุมการเปิด–ปิดไม้กั้นบริเวณทางเข้าและทางออก

   2.4. หน้าจอแสดงผล LCD ขนาด 20x4 โมดูล I2C สำหรับแสดงสถานะของช่องจอดรถและจำนวนช่องจอดว่าง

   2.5. แหล่งจ่ายไฟ Adapter 5V/2A สายไฟ และอุปกรณ์ต่อพ่วงอื่น ๆ

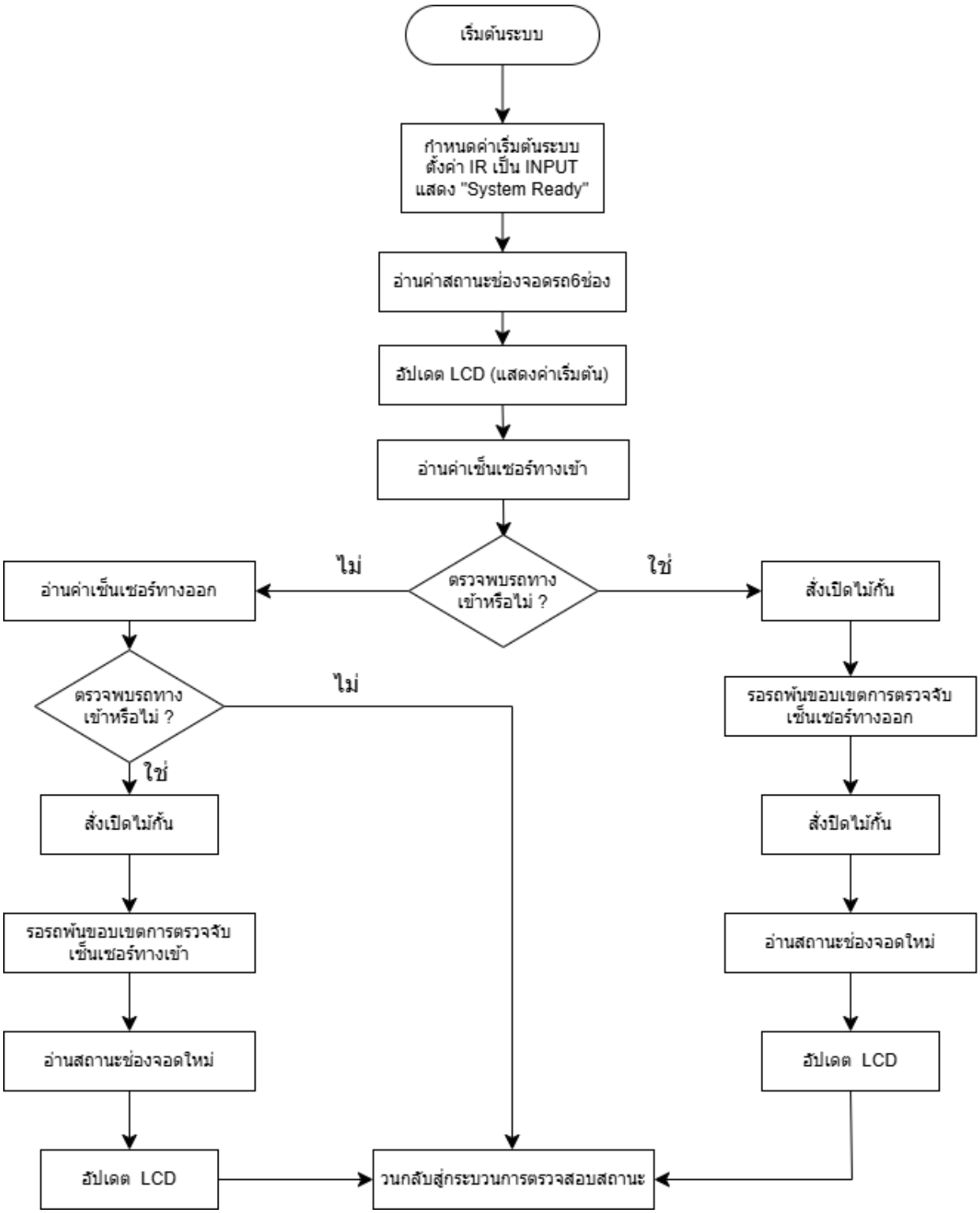
   2.6. ซอฟต์แวร์ Arduino IDE ใช้สำหรับพัฒนาและอัปโหลดโปรแกรมควบคุมระบบ

3. การออกแบบระบบ



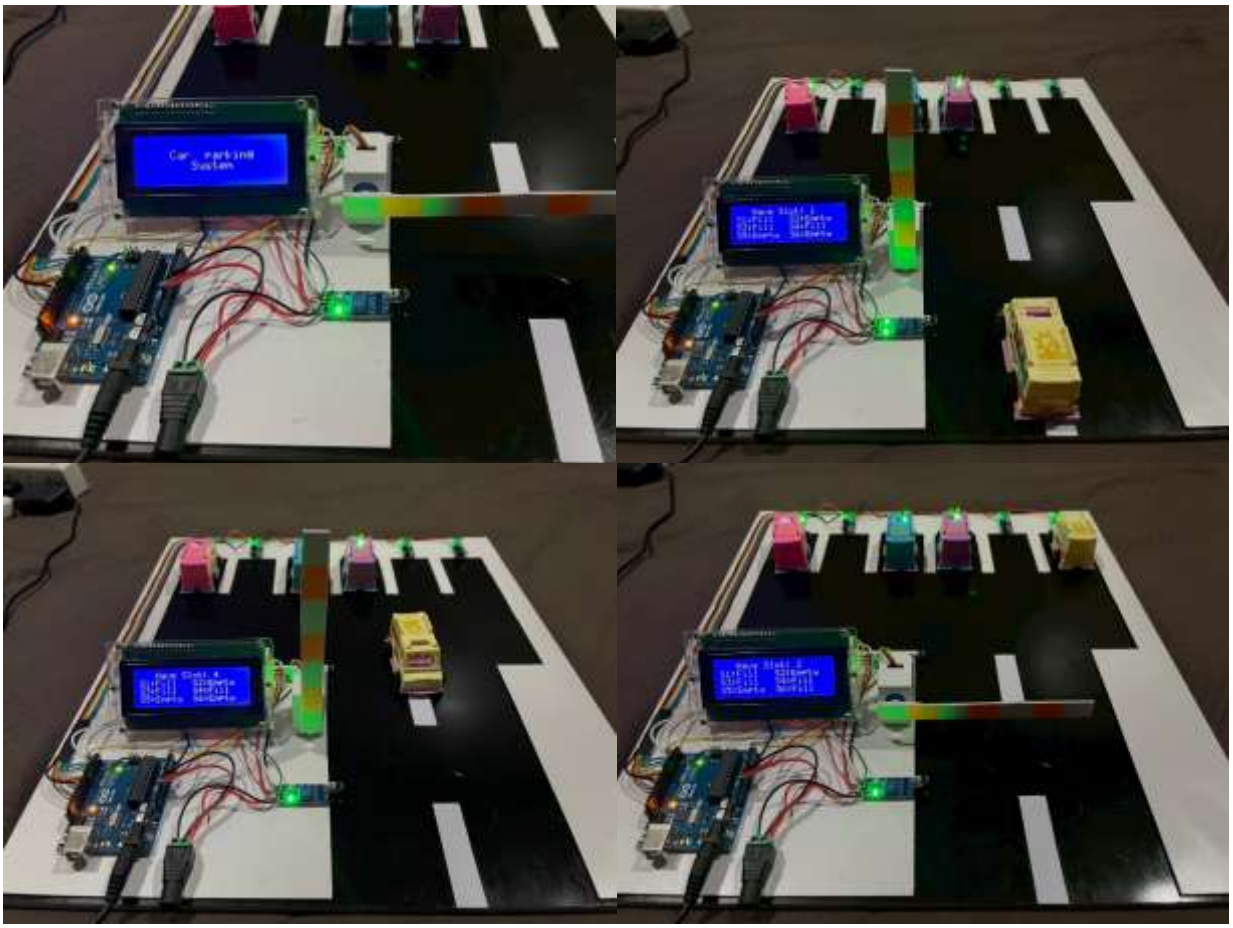
ภาพที่ 1 โครงสร้างและการเชื่อมต่ออุปกรณ์ของแบบจำลองระบบที่จอดรถอัจฉริยะโดยใช้ Arduino UNO

จากภาพที่ 1 แสดงโครงสร้างการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ในระบบลานจอดรถอัจฉริยะ โดยแสดงการจัดวางและการเชื่อมต่อระหว่างบอร์ดควบคุมหลักกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในระบบ ได้แก่ เซนเซอร์อินฟราเรดสำหรับตรวจจับรถยนต์ มอเตอร์เซอร์โวสำหรับควบคุมไม้กั้น และอุปกรณ์แสดงผล ซึ่งภาพนี้ใช้เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ของอุปกรณ์และการไหลของสัญญาณภายในระบบ โดยไม่เน้นรายละเอียดการทำงานในเชิงสถานการณ์



ภาพที่ 2 โครงสร้างการทำงานของระบบที่จอดรถอัจฉริยะแสดงกระบวนการตรวจจับรถเข้า–ออก การควบคุมไม้กั้น และการแสดงผลสถานะช่องจอดแบบเรียลไทม์ ภายใต้การควบคุมของบอร์ด Arduino UNO

จากภาพที่ 2 แสดงโครงสร้างการทำงานของระบบที่จอดรถอัจฉริยะ โดยบอร์ด Arduino UNO ทำหน้าที่เป็นหน่วยประมวลผลหลัก รับสัญญาณจากเซนเซอร์อินฟราเรดเพื่อตรวจจับรถเข้า–ออกและสถานะช่องจอด จากนั้นจึงสั่งงานเซอร์โวมอเตอร์ควบคุมการเปิด–ปิดไม้กั้น และแสดงผลสถานะช่องจอดผ่านจอ LCD แบบเรียลไทม์ ระบบถูกออกแบบให้ทำงานร่วมกันอย่างต่อเนื่องภายใต้การควบคุมของหน่วยประมวลผลเดียว



ภาพที่ 3 ตัวอย่างการทำงานของต้นแบบระบบที่จอดรถอัจฉริยะที่พัฒนาขึ้น

ภาพนี้แสดงตัวอย่างการทำงานของระบบลานจอดรถอัจฉริยะที่พัฒนาขึ้นในระหว่างการทดสอบเชิงทดลอง โดยประกอบด้วยการตรวจจับรถยนต์บริเวณทางเข้า การตรวจสอบสถานะของช่องจอดรถด้วยเซนเซอร์อินฟราเรด(Infrared Sensor) และการควบคุมการเปิด–ปิดไม้กั้นด้วยมอเตอร์เซอร์โวตามเงื่อนไขที่กำหนด พร้อมทั้งจอแสดงผล LCD สำหรับแสดงสถานะช่องจอด โดยระบบจะแสดงสถานะ “Full” สำหรับช่องที่ตรวจพบรถ และ “Empty” สำหรับช่องที่ไม่มีรถแบบเรียลไทม์

4. ขั้นตอนการดำเนินงาน

การดำเนินงานวิจัยแบ่งออกเป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้

4.1. ศึกษาเอกสาร งานวิจัย และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับระบบลานจอดรถอัจฉริยะ

4.2. ออกแบบโครงสร้างระบบและผังการทำงานของระบบ (Flowchart)

4.3. ต่อวงจรอุปกรณ์ทั้งหมดเข้ากับบอร์ด Arduino ตามแบบที่ออกแบบไว้

4.4. พัฒนาโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบโดยใช้ซอฟต์แวร์ Arduino IDE และเขียนภาษา C

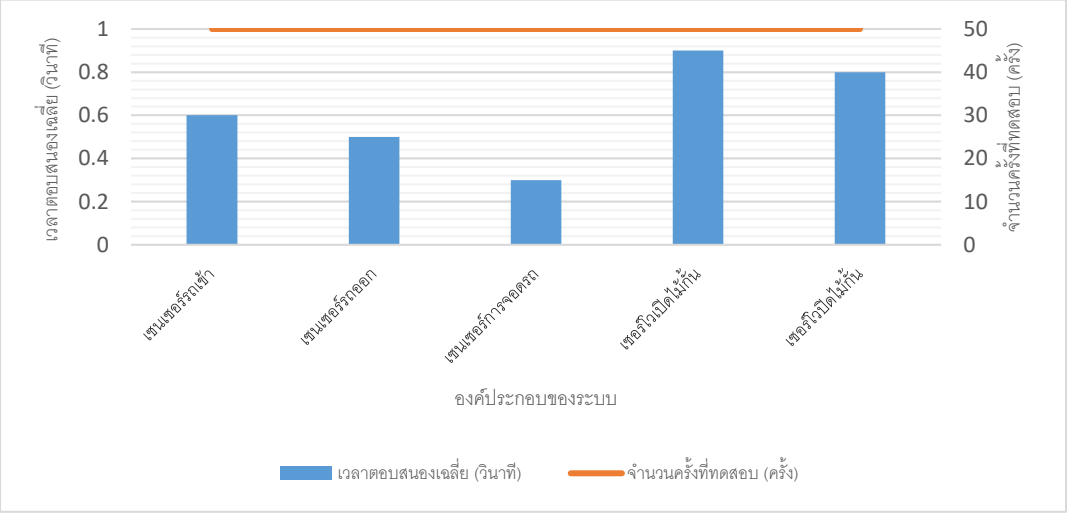
4.5. ทดสอบการทำงานของเซนเซอร์ การควบคุมไม้กั้น และการแสดงผลบนหน้าจอ LCD

4.6. เก็บรวบรวมผลการทดสอบเพื่อนำไปวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบ

การทดสอบระบบดำเนินการโดยจำลองสถานการณ์การเข้า–ออกของรถยนต์จำนวน 50 ครั้งต่อกรณี เพื่อประเมินเวลาตอบสนอง ความถูกต้องของการตรวจจับ และความถูกต้องของการควบคุมไม้กั้น โดยทำการบันทึกผลการทดสอบในแต่ละครั้ง จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) สำหรับประเมินเวลาตอบสนองของระบบ และค่าร้อยละ (Percentage) สำหรับประเมินความถูกต้องของการตรวจจับและการควบคุมไม้กั้น โดยกำหนดจำนวนการทดลอง n = 50 ต่อกรณี

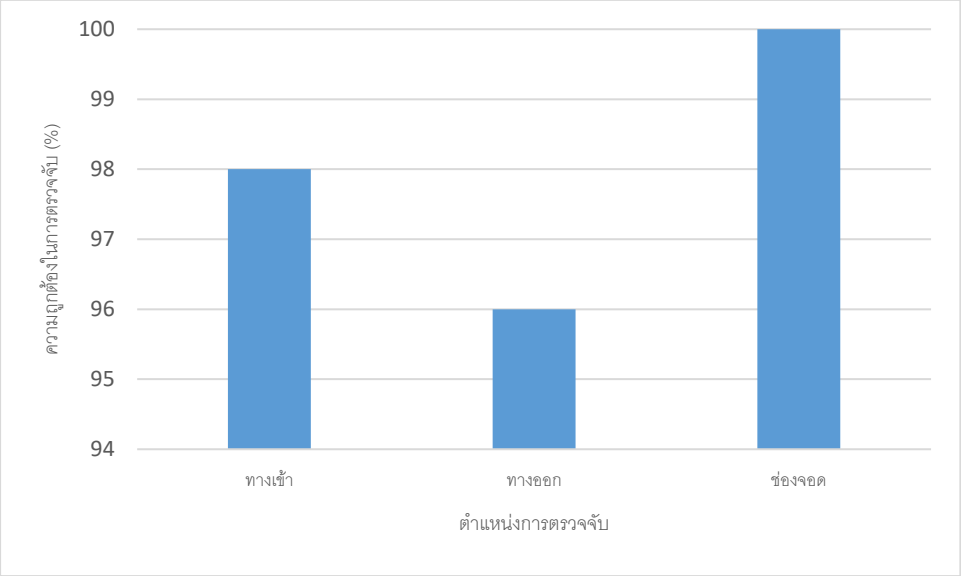
ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบลานจอดรถอัจฉริยะที่พัฒนาขึ้น โดยพิจารณาจาก 3 ประเด็นหลัก ได้แก่ เวลาตอบสนองของระบบ ความถูกต้องของการตรวจจับรถยนต์ และ ความถูกต้องของการควบคุมไม้กั้น ผลการวิจัยนำเสนอผ่านกราฟทั้งสามรูป ซึ่งสะท้อนถึงการทำงานของระบบ ในภาพรวมตั้งแต่การตรวจจับ การประมวลผล ไปจนถึงการสั่งงานอุปกรณ์



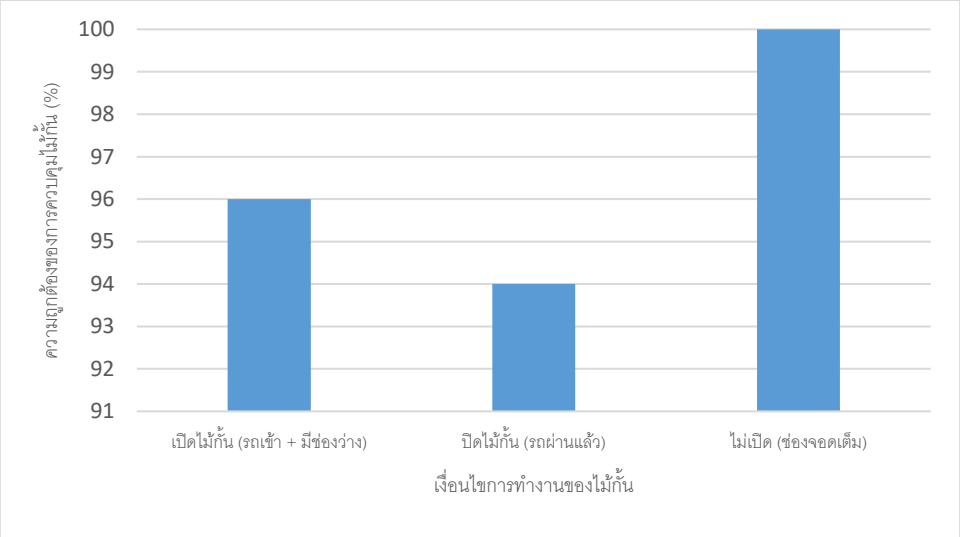
ภาพที่ 4 แสดงเวลาตอบสนองเฉลี่ยของเซนเซอร์และมอเตอร์เซอร์โวของระบบลานจอดรถอัจฉริยะ

จากภาพที่ 4 ซึ่งเป็นกราฟรวมเวลาตอบสนองของระบบ พบว่าองค์ประกอบทั้งหมดของระบบ ได้แก่ เซนเซอร์ตรวจจับรถเข้า เซนเซอร์ตรวจจับรถออก เซนเซอร์ตรวจจับช่องจอด และมอเตอร์เซอร์โวที่ใช้ควบคุมไม้กั้น มีเวลาตอบสนองเฉลี่ยต่ำกว่า 1 วินาทีในทุกขั้นตอน โดยเซนเซอร์ตรวจจับช่องจอดมีเวลาตอบสนองเฉลี่ยต่ำที่สุด ขณะที่มอเตอร์เซอร์โวมีเวลาตอบสนองมากกว่าเซนเซอร์เล็กน้อย อย่างไรก็ตาม ระยะเวลาดังกล่าวยังอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการใช้งานจริง และไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานโดยรวมของระบบ นอกจากนี้ การทดสอบซ้ำในจำนวนครั้งเท่ากันทุกองค์ประกอบแสดงให้เห็นถึงความเสถียรในการทำงานของระบบ



ภาพที่ 5 แสดงความถูกต้องในการตรวจจับรถยนต์ของระบบลานจอดรถอัจฉริยะ

ผลการประเมินความถูกต้องของการตรวจจับรถยนต์จากภาพที่ 5 พบว่า ระบบมีความถูกต้องในการตรวจจับอยู่ในระดับสูง โดยการตรวจจับรถยนต์บริเวณทางเข้ามีความถูกต้องร้อยละ 98 และบริเวณทางออกมีความถูกต้องร้อยละ 96 ขณะที่การตรวจจับสถานะของช่องจอดรถมีความถูกต้องร้อยละ 100 ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าเซนเซอร์ตรวจจับช่องจอดมีความแม่นยำสูงที่สุด เนื่องจากเป็นการตรวจจับในตำแหน่งคงที่และมีสภาพแวดล้อมที่ไม่ซับซ้อน ส่วนความผิดพลาดที่พบในการตรวจจับรถเข้าและรถออกมีจำนวนน้อยเมื่อเทียบกับจำนวนครั้งที่ทดสอบทั้งหมด และไม่ส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อการทำงานของระบบโดยรวม



ภาพที่ 6 แสดงความถูกต้องของการควบคุมไม้กั้นของระบบลานจอดรถอัจฉริยะ

สำหรับความถูกต้องของการควบคุมไม้กั้น ซึ่งแสดงในภาพที่ 6 พบว่า ระบบสามารถควบคุมการเปิด–ปิดไม้กั้นได้อย่างถูกต้องตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยกรณีการเปิดไม้กั้นเมื่อรถยนต์เข้าสู่ลานจอดรถและมีช่องจอดว่าง มีความถูกต้องร้อยละ 96 ขณะที่กรณีการปิดไม้กั้นหลังจากรถยนต์ผ่านไปแล้วความถูกต้องร้อยละ 94 และกรณีที่ระบบไม่อนุญาตให้เปิดไม้กั้นเมื่อช่องจอดเต็ม มีความถูกต้องร้อยละ 100 ผลการทดสอบดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าตรรกะการควบคุมและการสั่งงานมอเตอร์เซอร์โวมีความแม่นยำและมีความน่าเชื่อถือสูง โดยความผิดพลาดที่พบมีจำนวนน้อยและอยู่ในระดับที่ยอมรับได้สำหรับระบบต้นแบบ

ตารางที่ 1 สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบลานจอดรถอัจฉริยะ

ตัวชี้วัดหลัก	ผลการทดสอบ	จำนวนครั้ง (n)
เวลาตอบสนองเฉลี่ยของระบบ	< 1 วินาที	50
ความถูกต้องการตรวจจับรถเข้า–ออก	97%	50
ความถูกต้องการตรวจจับช่องจอด	100%	50
ความถูกต้องการควบคุมไม้กั้น	96.7%	50

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่า ระบบลานจอดรถอัจฉริยะที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพในระดับสูง โดยมีเวลาตอบสนองเฉลี่ยต่ำกว่า 1 วินาที และมีค่าความถูกต้องมากกว่าร้อยละ 96 ในทุกด้านของการทดสอบ

โดยเฉพาะการตรวจจับสถานะช่องจอดซึ่งมีความถูกต้องร้อยละ 100 สะท้อนถึงความแม่นยำของการติดตั้งเซนเซอร์และเสถียรภาพของระบบ ภายใต้การทดสอบจำนวน 50 ครั้งต่อกรณี

เมื่อพิจารณาผลการวิจัยร่วมกับตารางที่ 1 พบว่า ระบบลานจอดรถอัจฉริยะที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพทั้งในด้านความรวดเร็วและความแม่นยำ โดยมีค่าความถูกต้องเฉลี่ยมากกว่าร้อยละ 96 และมีเวลาตอบสนองต่ำกว่า 1 วินาทีในทุกองค์ประกอบ ผลการทดลองดังกล่าวสะท้อนถึงความเสถียรของระบบต้นแบบ และแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการนำไปพัฒนาและประยุกต์ใช้งานจริงในอนาคต

วิจารณ์ผล

ผลการทดสอบระบบที่จอดรถอัจฉริยะพบว่า ระบบสามารถตรวจจับการเข้า–ออกของรถยนต์และควบคุมการเปิด–ปิดไม้กั้นได้อย่างถูกต้องตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยมีความแม่นยำในการตรวจจับอยู่ในระดับสูง ทั้งนี้การใช้เซนเซอร์อินฟราเรดร่วมกับบอร์ด Arduino UNO ช่วยให้ระบบสามารถประมวลผลและตอบสนองต่อเหตุการณ์ได้อย่างรวดเร็วในลักษณะเรียลไทม์

เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Kabir et al. (2021) ซึ่งพัฒนาระบบลานจอดรถอัจฉริยะบนพื้นฐาน IoT พบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้มีหลักการทำงานสอดคล้องกันในด้านการตรวจจับสถานะช่องจอดและการควบคุมอุปกรณ์อัตโนมัติ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยของ Kabir et al. มุ่งเน้นการเชื่อมต่อผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อการบริหารจัดการระยะไกล ขณะที่งานวิจัยนี้เน้นการพัฒนาต้นแบบในระดับฮาร์ดแวร์เพื่อศึกษากลไกการทำงานและความถูกต้องของการควบคุมระบบเป็นหลัก

นอกจากนี้ งานของ Azmi และ Ismail (2022) ได้ประยุกต์ใช้เซนเซอร์อัลตราโซนิกในการตรวจจับสถานะช่องจอด ซึ่งมีความแม่นยำสูงในระยะตรวจจับที่เหมาะสม ขณะที่งานวิจัยนี้เลือกใช้เซนเซอร์อินฟราเรดเนื่องจากมีต้นทุนต่ำ ติดตั้งง่าย และเหมาะสมกับต้นแบบขนาดเล็ก อย่างไรก็ตาม เซนเซอร์อินฟราเรดอาจได้รับผลกระทบจากสภาพแสงหรือสิ่งกีดขวางบางประเภท ซึ่งอาจส่งผลต่อความเสถียรของสัญญาณในบางกรณี

ข้อจำกัดของงานวิจัยนี้ ได้แก่ การทดสอบในสภาพแวดล้อมจำลองภายในพื้นที่จำกัด และยังไม่มีการเชื่อมต่อระบบกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตหรือฐานข้อมูลกลางเพื่อการจัดการข้อมูลแบบระยะไกล นอกจากนี้จำนวนช่องจอดที่ทดสอบมีเพียง 6 ช่อง ซึ่งอาจยังไม่สะท้อนการใช้งานในลานจอดขนาดใหญ่

ในอนาคตสามารถพัฒนาระบบเพิ่มเติมโดยบูรณาการเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) เพื่อให้สามารถแสดงข้อมูลผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน หรือเชื่อมต่อกับระบบฐานข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์การใช้งานลานจอดรถในระยะยาว รวมถึงการประยุกต์ใช้เซนเซอร์ที่มีความแม่นยำสูงขึ้นเพื่อเพิ่มเสถียรภาพของระบบในสภาพแวดล้อมจริง

สรุปผล

ผลการวิจัยพบว่า ระบบลานจอดรถอัจฉริยะต้นแบบที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ระบบสามารถตรวจจับรถยนต์เข้า–ออกได้อย่างถูกต้อง ตรวจสอบสถานะของช่องจอดรถได้อย่างต่อเนื่อง ควบคุมการทำงานของไม้กั้นได้อย่างมีเสถียรภาพ และแสดงผลข้อมูลจำนวนช่องจอดว่างได้แบบเรียลไทม์ แม้ว่าจะพบข้อผิดพลาดเพียงเล็กน้อยในบางกรณีในส่วนของเซนเซอร์และมอเตอร์ ซึ่งไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานโดยรวมของระบบ

นอกจากนี้ ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบในด้านความถูกต้อง ความรวดเร็วในการตอบสนอง และความเสถียรในการทำงาน แสดงให้เห็นว่าระบบมีศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้งานจริงในระดับต้นแบบ อย่างไรก็ตาม ระบบยังมีข้อจำกัดในด้านขอบเขตการทดสอบและจำนวนช่องจอดที่จำกัด รวมถึงการแสดงผลข้อมูลที่ยังอยู่ในรูปแบบพื้นฐาน

โดยสรุป ระบบลานจอดรถอัจฉริยะต้นแบบที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนาและต่อยอดระบบลานจอดรถอัจฉริยะที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในอนาคต เช่น การเชื่อมต่อระบบเครือข่าย การแสดงผลผ่านเว็บหรือแอปพลิเคชัน และการเพิ่มความแม่นยำของระบบตรวจจับ เพื่อรองรับการใช้งานในสภาพแวดล้อมจริงที่มีความซับซ้อนมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติพงษ์ สุวรรณราช อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม เป็นอย่างสูง ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา และข้อเสนอแนะทางวิชาการอันเป็นประโยชน์ตลอดกระบวนการดำเนินการวิจัย ตั้งแต่การวางแผน การออกแบบระบบ การทดลอง ไปจนถึงการจัดทำรายงาน ส่งผลให้งานวิจัยฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กัลยา ธนสินธ์, ณัฐณีย์ สิทธิศรวรรณ, อมรรัตน์ คำบุญ และ สายัณห์ พุทธลา. 2563. ระบบตรวจสอบที่ว่างของช่องจอดรถยนต์ในโมเดลลานจอดผ่านแอพพลิเคชั่นระบบแอนดรอยด์บนสมาร์ทโฟน. Advanced Science Journal. 20(2): กรกฎาคม–ธันวาคม 2563.

เจริญ รุ่งกลิ่น, จิตรพงษ์ เจริญจิตร และ วรพจน์ ศรีมหันโต. 2563. การพัฒนาแบบจำลองระบบค้นหาที่จอดรถ. ใน: การประชุมหาดใหญ่วิชาการระดับชาติและนานาชาติครั้งที่ 14. มหาวิทยาลัยหาดใหญ่. หน้า 630–642.

ทศพล จันทวดีทิพย์, จริยา วรรณประภา และ คเณศ โลนันท์. 2556. ระบบควบคุมและตรวจสอบลานจอดรถโดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย. ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วิทยาลัยเทคโนโลยีและการจัดการ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

ภานุวัตร อุทัยบาล และ วนิดา แก่นอากาศ. 2566. การวิเคราะห์พฤติกรรมในการจอดรถด้วยระบบจอดรถอัจฉริยะโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง. วารสาร FIT-SSRU Journal. แหล่งข้อมูล: https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/fit-ssru/article/view/250626.

นิลกาญจน์ จันทรประภา. 2565. การพัฒนาต้นแบบแอปพลิเคชันระบบจัดการที่จอดรถแบบสมาร์ทด้วย IoT และ RFID. รายงานวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร. แหล่งข้อมูล: https://publication.npru.ac.th/bitstream/123456789/1653/1/npru-73.pdf.

Abdulsaheb, J. A. 2024. IoT based smart parking system using NodeMCU and sensors. Journal of Port Research. Available: http://jpsr.uruk.edu.iq/index.php/jport/article/view/237.

Azmi, N. M. F. A., and M. B. Ismail. 2022. Smart parking system using IoT with ultrasonic sensor. Journal of Engineering Technology. Available: https://ejournal.unikl.edu.my/index.php/jet/article/view/323/324.

Chullabodhi, C., S. Chalermpong, and A. Ratanawaraha. 2022. Examining the root causes of on-street parking mismanagement in central Bangkok. Nakhara : Journal of Environmental Design and Planning. 21(1): Article 207. doi:10.54028/NJ202221207.

Kabir, A. Z. M. T., A. M. Mizan, P. K. Saha, M. S. Hasan, and M. Pramanik. 2021. An IoT based intelligent parking system for unutilized parking areas with real-time monitoring. Asian Journal for Convergence in Technology. 7(2): 107–113.

Khanna, A., and R. Anand. 2016. IoT based smart parking system. Proceedings of the 2016 International Conference on Internet of Things and Applications (IOTA). 266–270. DOI: 10.1109/IOTA.2016.7562735.

การพัฒนาระบบสั่งอาหารด้วยแพลตฟอร์มโนโค้ด สำหรับการจัดการธุรกิจอาหาร

Development of a Food Ordering System Using a No-Code Platform to Support Food Business Management

พิจิตรา จอมศรี[1*] ดุลยวิทย์ ปรางชุมพล[1] และกิตติยา พูนศิลป์[1]

Pijitra Jomsri[1]*, Dulyawit Prangchumpol[1] and Kittiya Poonsilp[1]

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา เลขที่ 1 ถนนอู่ทองนอก เขตดุสิต กทม. 10300

[1] Faculty of Science and Technology, Suan Sunandha Rajabhat University, 1 U-Thong nok Dusit Bangkok 10300

*Corresponding author E-mail: pijitra.jo@ssru.ac.th

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสั่งอาหารด้วยแพลตฟอร์มโนโค้ด สำหรับการจัดการธุรกิจอาหาร โดยมุ่งเน้นการสร้างระบบที่ผู้ประกอบการสามารถควบคุมและปรับใช้งานได้ด้วยตนเอง เพื่อลดการพึ่งพาแพลตฟอร์มสั่งอาหารตัวกลางและเพิ่มความคล่องตัวในการบริหารจัดการข้อมูลการสั่งอาหาร งานวิจัยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงพัฒนา โดยเริ่มจากการวิเคราะห์ความต้องการของผู้ประกอบการร้านอาหารรายย่อย ดำเนินการออกแบบและพัฒนาระบบสั่งอาหารโดยใช้แพลตฟอร์มโนโค้ด และนำระบบที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้งานกับกลุ่มผู้ใช้ตัวอย่าง ผลการวิจัยประเมินจากความพึงพอใจของผู้ใช้ในด้านการใช้งาน ความสะดวก และความเหมาะสมของระบบต่อการจัดการธุรกิจอาหาร ผลการศึกษาพบว่าระบบสั่งอาหารที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้ในระดับดี และช่วยสนับสนุนการจัดการคำสั่งซื้อและข้อมูลพื้นฐานของธุรกิจอาหารได้อย่างเป็นระบบ งานวิจัยนี้สะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพของแพลตฟอร์มโนโค้ด ในการประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับธุรกิจอาหารรายย่อย และสามารถใช้เป็นแนวทางสำหรับผู้ที่สนใจนำเทคโนโลยีดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในบริบททางธุรกิจที่คล้ายคลึงกันต่อไป

คำสำคัญ : ระบบสั่งอาหาร แพลตฟอร์มโนโค้ด ธุรกิจอาหาร ระบบสารสนเทศ การจัดการธุรกิจ

Abstract

This paper aims to develop a food ordering system using a No-Code platform to support food business management. The study focuses on creating a system that allows food business operators to independently manage and customize their ordering processes, thereby reducing dependency on third-party food delivery platforms and enhancing operational flexibility. A research and development approach was employed, beginning with an analysis of requirements from small food business operators, followed by system design and development using a No-Code platform. The developed system was then tested with a group of users. The evaluation

was conducted based on user satisfaction in terms of usability, convenience, and suitability for food business management. The results indicate that the proposed food ordering system meets user requirements at a good level and effectively supports order management and basic business data organization. This study demonstrates the potential of No-Code platforms as an alternative approach for developing information systems for small food businesses and provides practical guidance for applying such platforms in similar business contexts.

Keywords: food ordering system, No-Code platform, food business management, information system, applied development

บทนำ

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา การใช้ระบบสั่งอาหารออนไลน์ได้กลายเป็นส่วนหนึ่งของการดำเนินธุรกิจอาหารอย่างแพร่หลาย ทั้งในระดับร้านอาหารรายย่อยและธุรกิจขนาดกลาง รูปแบบการบริโภคของผู้ใช้ในปัจจุบันไม่ได้จำกัดอยู่เพียงการเข้ารับบริการที่หน้าร้านเท่านั้น แต่มีการตัดสินใจสั่งซื้อผ่านอุปกรณ์เคลื่อนที่และแพลตฟอร์มดิจิทัลมากขึ้น ส่งผลให้ระบบสั่งอาหารและการจัดการคำสั่งซื้อกลายเป็นโครงสร้างพื้นฐานสำคัญของธุรกิจอาหารในยุคปัจจุบัน อย่างไรก็ตาม แม้ผู้ประกอบการจำนวนมากจะสามารถเข้าถึงแพลตฟอร์มสั่งอาหารออนไลน์ได้ง่ายขึ้น แต่การพึ่งพาแพลตฟอร์มตัวกลางในระยะยาวกลับก่อให้เกิดข้อจำกัดหลายประการต่อการดำเนินธุรกิจ

ประเด็นสำคัญประการหนึ่งคือ ปัญหาด้านต้นทุนและความยืดหยุ่นในการบริหารจัดการระบบ ผู้ประกอบการร้านอาหารจำนวนมากต้องพึ่งพาแพลตฟอร์มสั่งอาหารตัวกลางซึ่งมีการเรียกเก็บค่าธรรมเนียมส่วนแบ่งยอดขายในอัตราที่ค่อนข้างสูง ส่งผลให้ต้นทุนการดำเนินงานเพิ่มขึ้นและกระทบต่อกำไรสุทธิของร้านค้า นอกจากนี้ ระบบของแพลตฟอร์มตัวกลางยังมีข้อจำกัดด้านการปรับแต่งฟังก์ชันให้สอดคล้องกับบริบทของแต่ละร้าน เช่น รูปแบบเมนู กระบวนการรับออร์เดอร์ หรือการจัดการข้อมูลเฉพาะทาง ทำให้ผู้ประกอบการไม่สามารถควบคุมหรือพัฒนาระบบให้ตอบโจทย์ธุรกิจของตนเองได้อย่างเต็มที่ อีกประเด็นหนึ่งที่มีความสำคัญไม่น้อย คือ การเข้าถึงและการเป็นเจ้าของข้อมูล (Data Ownership) แพลตฟอร์มสั่งอาหารตัวกลางมักจัดเก็บข้อมูลพฤติกรรมลูกค้า ข้อมูลคำสั่งซื้อ และข้อมูลการใช้งานไว้ภายใต้ระบบของตนเอง ส่งผลให้ผู้ประกอบการไม่สามารถนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์เพื่อวางแผนกลยุทธ์ทางธุรกิจในระยะยาวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ปัญหานี้ส่งผลโดยตรงต่อความสามารถในการพัฒนาธุรกิจอย่างยั่งยืน โดยเฉพาะในกลุ่มร้านอาหารรายย่อยและวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) ที่ต้องการใช้ข้อมูลเป็นฐานในการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ แต่มีข้อจำกัดด้านทรัพยากรและเทคโนโลยี ในขณะเดียวกัน การพัฒนาระบบสั่งอาหารหรือระบบสารสนเทศเพื่อธุรกิจอาหารในรูปแบบดั้งเดิมยังคงต้องอาศัยความรู้ด้านการเขียนโปรแกรม ใช้ระยะเวลาในการพัฒนา และมีต้นทุนในการจ้างบุคลากรด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ซึ่งเป็นอุปสรรคสำคัญสำหรับผู้ประกอบการรายย่อย งานศึกษาของณัธภัชร เฉลิมแดน

(2563) ชี้ให้เห็นว่าผู้ประกอบการธุรกิจอาหารจำนวนมากยังขาดความพร้อมด้านทรัพยากรดิจิทัล และไม่สามารถพัฒนาระบบของตนเองได้อย่างเป็นรูปธรรม ส่งผลให้ต้องพึ่งพาแพลตฟอร์มภายนอกอย่างต่อเนื่อง

เพื่อลดข้อจำกัดดังกล่าว แนวคิดการพัฒนาระบบด้วยแพลตฟอร์มไร้รหัส (No-Code Development Platform) จึงได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในบริบทของการพัฒนาระบบสารสนเทศเชิงประยุกต์ แพลตฟอร์ม No-Code เปิดโอกาสให้ผู้ใช้ที่ไม่มีพื้นฐานการเขียนโปรแกรมสามารถออกแบบและสร้างระบบสารสนเทศได้ด้วยตนเอง ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงภาพและการกำหนดเงื่อนไขการทำงานของระบบในรูปแบบที่เข้าใจง่าย แนวทางดังกล่าวช่วยลดระยะเวลาและต้นทุนในการพัฒนาระบบ เพิ่มความคล่องตัวในการปรับปรุงระบบ และเอื้อต่อการนำไปใช้งานจริงในบริบทธุรกิจที่ต้องการความรวดเร็วและความยืดหยุ่น (สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล, 2566)

จากบริบทและข้อจำกัดดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนาระบบสั่งอาหารด้วยแพลตฟอร์ม No-Code เพื่อเป็นแนวทางทางเลือกสำหรับผู้ประกอบการธุรกิจอาหารในการสร้างระบบที่สามารถควบคุมได้ด้วยตนเอง ลดการพึ่งพาแพลตฟอร์มตัวกลาง และสนับสนุนการจัดการข้อมูลคำสั่งซื้ออย่างเป็นระบบ พร้อมทั้งมีการประเมินผลการใช้งานของระบบจากมุมมองของผู้ใช้ เพื่อสะท้อนศักยภาพของแพลตฟอร์ม No-Code ในการประยุกต์ใช้กับระบบสารสนเทศด้านธุรกิจอาหาร ผลการศึกษาที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางสำหรับผู้ประกอบการหรือหน่วยงานที่สนใจในการพัฒนาระบบสารสนเทศเชิงประยุกต์ในบริบทที่คล้ายคลึงกันต่อไป

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาระบบสั่งอาหารและระบบสารสนเทศเพื่อสนับสนุนธุรกิจอาหารได้รับความสนใจอย่างต่อเนื่องในช่วงหลายปีที่ผ่านมา โดยเฉพาะในบริบทของการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อเพิ่มความสะดวกในการให้บริการและการจัดการข้อมูล งานวิจัยจำนวนมากได้มุ่งศึกษาทั้งในมิติของพฤติกรรมผู้ใช้งาน ประสิทธิภาพของระบบ และการยอมรับเทคโนโลยี โดย Davis (1989) และ Venkatesh et al. (2003) ได้เสนอกรอบแนวคิด Technology Acceptance Model (TAM) และ Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) ซึ่งถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการอธิบายการยอมรับระบบสารสนเทศและแอปพลิเคชันดิจิทัล งานเหล่านี้เป็นรากฐานสำคัญในการประเมินการใช้งานระบบสั่งอาหารและระบบสารสนเทศเชิงธุรกิจในปัจจุบัน

ในบริบทของระบบสั่งอาหารออนไลน์ งานวิจัยของ Ray et al. (2019) และ Kapoor & Vij (2018) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการใช้งานแพลตฟอร์มสั่งอาหาร โดยชี้ให้เห็นว่าความสะดวกในการใช้งาน ความน่าเชื่อถือของระบบ และความรวดเร็วในการให้บริการเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการตัดสินใจของผู้บริโภค ขณะที่งานของ Yeo et al. (2017) ได้วิเคราะห์พฤติกรรมผู้บริโภคในบริการจัดส่งอาหาร และพบว่าการออกแบบระบบที่เข้าใจง่ายช่วยเพิ่มโอกาสในการใช้งานซ้ำ สำหรับบริบทประเทศไทย งานวิจัยของ ณัธภัชร เฉลิมแดน (2563) และ ธนกฤต สุขสมบูรณ์ และวราภรณ์ แก้วคำ (2564) ศึกษาพฤติกรรมและปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับแอปพลิเคชัน

สั่งอาหารออนไลน์ พบว่าผู้ใช้ให้ความสำคัญกับความสะดวก ความชัดเจนของข้อมูล และความเหมาะสมกับรูปแบบการใช้ชีวิต งานเหล่านี้สะท้อนให้เห็นว่าระบบสั่งอาหารจำเป็นต้องออกแบบให้สอดคล้องกับบริบทของผู้ใช้งานในประเทศ

ในด้านการพัฒนาระบบสารสนเทศ งานของ Laudon & Laudon (2020) และ Sommerville (2016) อธิบายหลักการออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการดำเนินงานขององค์กร โดยเน้นความสอดคล้องระหว่างเทคโนโลยี กระบวนการ และผู้ใช้งาน แนวคิดดังกล่าวถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบเชิงธุรกิจ รวมถึงระบบสั่งอาหาร ในช่วงหลัง แนวคิด Low-Code และ No-Code Development Platforms ได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นในงานวิจัยด้านวิศวกรรมซอฟต์แวร์และระบบสารสนเทศ งานของ Sahay et al. (2020) และ Abdelkader & Saad (2021) ชี้ให้เห็นว่าแพลตฟอร์ม No-Code ช่วยลดความซับซ้อนในการพัฒนาระบบ ลดต้นทุน และเปิดโอกาสให้ผู้ที่ไม่ใช่นักพัฒนาซอฟต์แวร์สามารถสร้างระบบสารสนเทศได้ งานของ Pérez et al. (2021) ยังระบุว่า Low-Code/No-Code มีศักยภาพสูงในการพัฒนาระบบเชิงธุรกิจขนาดเล็กและขนาดกลาง นอกจากนี้ Gregor & Hevner (2013) และ Hevner et al. (2004) ได้นำเสนอกรอบแนวคิด Design Science Research ซึ่งมุ่งเน้นการสร้างและประเมินสิ่งประดิษฐ์ทางเทคโนโลยีเพื่อแก้ปัญหาเชิงปฏิบัติ แนวคิดดังกล่าวถูกนำมาใช้เป็นฐานทางทฤษฎีในการวิจัยด้านการพัฒนาระบบสารสนเทศ รวมถึงงานวิจัยที่ใช้แพลตฟอร์ม No-Code

แม้ว่าจะมีงานวิจัยจำนวนมากที่ศึกษาเกี่ยวกับระบบสั่งอาหารและแพลตฟอร์ม No-Code แต่ส่วนใหญ่ยังมุ่งเน้นการประเมินพฤติกรรมผู้ใช้งานหรือการวิเคราะห์เชิงแนวคิด มากกว่าการนำเสนอกรอบแนวคิดและผลการพัฒนาระบบเชิงประยุกต์สำหรับธุรกิจอาหารรายย่อย ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเติมเต็มช่องว่างดังกล่าว โดยนำแพลตฟอร์ม No-Code มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบสั่งอาหาร พร้อมทั้งนำเสนอกรอบแนวคิดและผลการดำเนินงานที่สามารถนำไปใช้งานจริงได้

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงพัฒนา (Research and Development) มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสั่งอาหารด้วยแพลตฟอร์ม No-Code สำหรับการจัดการธุรกิจอาหาร โดยใช้แพลตฟอร์มแอปชีต (AppSheet) เป็นเครื่องมือหลักในการพัฒนาระบบ และใช้กูเกิลชีต (Google Sheet) เป็นฐานข้อมูลสำหรับจัดเก็บและบริหารจัดการข้อมูล กระบวนการดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

1) การวางแผนและวิเคราะห์ความต้องการของระบบ

ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาปัญหาและความต้องการของระบบจากการทบทวนเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และการศึกษาแนวคิดของระบบสั่งอาหารออนไลน์ เพื่อนำมากำหนดขอบเขตและฟังก์ชันการทำงานของระบบ โดยกำหนดกลุ่มผู้ใช้งานหลักออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ลูกค้า และผู้ประกอบการร้านอาหาร

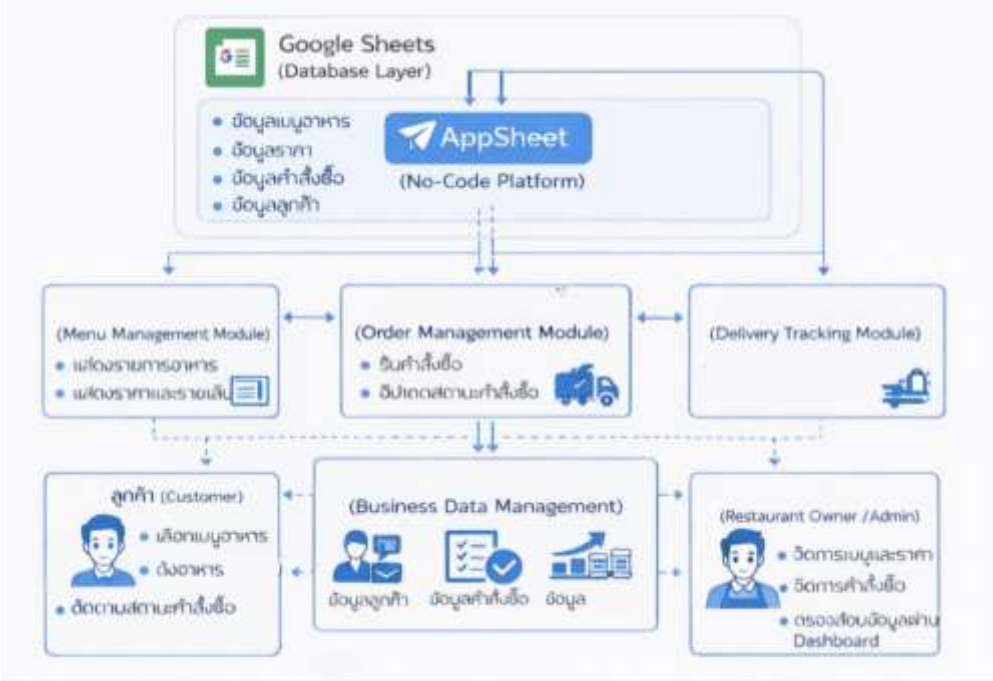
จากการวิเคราะห์ความต้องการ พบว่าระบบควรประกอบด้วยฟังก์ชันหลัก ได้แก่

(1) ระบบแสดงเมนูอาหาร สำหรับให้ลูกค้าเลือกดูรายการอาหารและราคา

(2) ระบบจัดการคำสั่งซื้อ สำหรับรับและจัดการสถานะคำสั่งซื้อ

(3) ระบบติดตามการจัดส่ง สำหรับแจ้งสถานะการจัดส่งอาหาร

(4) ระบบจัดการข้อมูลธุรกิจ สำหรับสนับสนุนการบริหารจัดการข้อมูลของผู้ประกอบการ



ภาพที่ 1 แสดงกรอบแนวความคิดของการดำเนินการวิจัย

2) การศึกษาและวิเคราะห์ระบบที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาระบบและแอปพลิเคชันสั่งอาหารที่มีลักษณะการทำงานใกล้เคียงกัน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบโครงสร้างระบบและส่วนติดต่อผู้ใช้ การศึกษาในขั้นตอนนี้มุ่งเน้นการวิเคราะห์ฟังก์ชันหลัก รูปแบบการนำเสนอข้อมูล และลำดับการทำงานของระบบ โดยไม่มุ่งเน้นการลอกเลียนแบบ แต่เป็นการนำแนวคิดที่เหมาะสมมาปรับใช้ให้สอดคล้องกับบริบทของระบบที่พัฒนาขึ้น

3) การออกแบบและพัฒนาระบบด้วยแพลตฟอร์ม No-Code

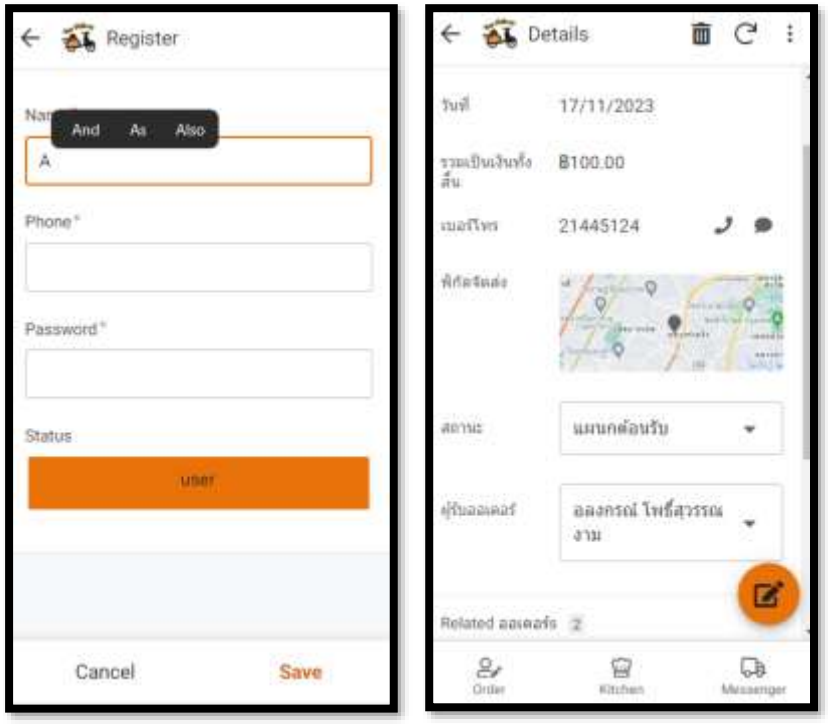
การพัฒนาระบบดำเนินการโดยใช้แพลตฟอร์มแอปชีท ซึ่งเป็นแพลตฟอร์ม No-Code ในการสร้างระบบสั่งอาหาร โดยเชื่อมต่อกับกูเกิลชีต ซึ่งทำหน้าที่เป็นฐานข้อมูลหลักของระบบ โครงสร้างระบบประกอบด้วยโมดูลสำคัญ ได้แก่

(1) ระบบจัดการผู้ใช้งาน ระบบรองรับการลงทะเบียนและจัดเก็บข้อมูลผู้ใช้งาน โดยผู้ใช้งานสามารถกรอกข้อมูลพื้นฐาน เช่น ชื่อและหมายเลขโทรศัพท์ ข้อมูลดังกล่าวจะถูกจัดเก็บในฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการยืนยันตัวตนและเชื่อมโยงกับคำสั่งซื้อ

(2) ระบบแสดงเมนูอาหาร ระบบแสดงเมนูอาหารและรายละเอียดที่เกี่ยวข้อง เช่น ราคาและรายการอาหาร เพื่อให้ลูกค้าสามารถเลือกและสั่งอาหารผ่านระบบได้อย่างสะดวก

(3) ระบบจัดการคำสั่งซื้อ ระบบจัดการคำสั่งซื้อทำหน้าที่รับคำสั่งซื้อจากลูกค้า บันทึกข้อมูลคำสั่งซื้อและแสดงสถานะของคำสั่งซื้อในแต่ละขั้นตอน เพื่อให้ทั้งลูกค้าและผู้ประกอบการสามารถติดตามความคืบหน้าของคำสั่งซื้อได้

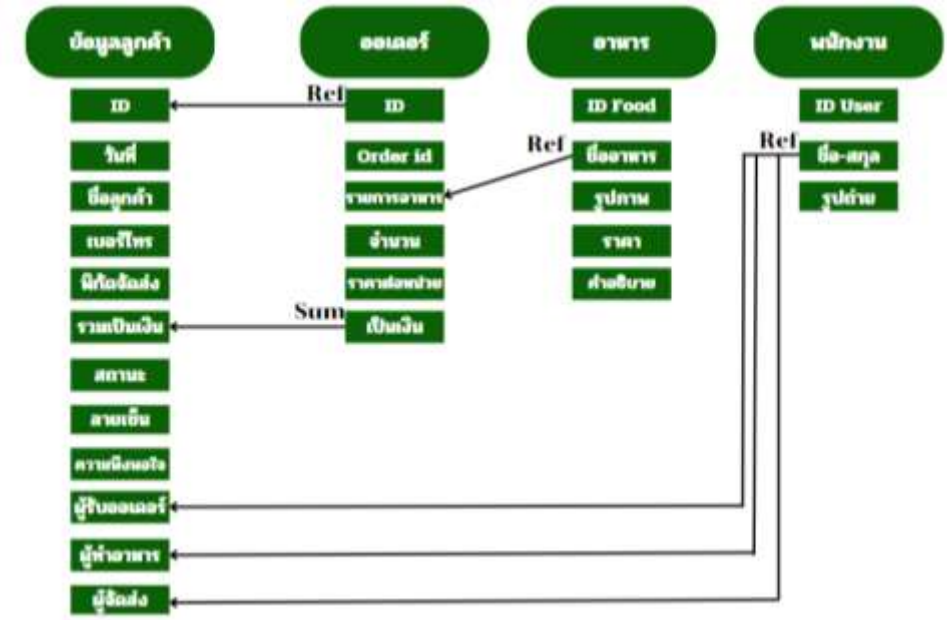
(4) ระบบติดตามการจัดส่ง ระบบติดตามการจัดส่งถูกออกแบบเพื่อแจ้งสถานะการจัดส่งอาหารให้แก่ผู้ใช้งาน โดยแสดงสถานะตั้งแต่เริ่มจัดเตรียมอาหารจนถึงการจัดส่งสำเร็จ



ภาพที่ 2 แสดงตัวอย่างอินเทอร์เฟสการพัฒนาระบบ

4) โครงสร้างข้อมูลของระบบ

ระบบมีการออกแบบโครงสร้างข้อมูลเพื่อรองรับการทำงานของแต่ละโมดูล โดยข้อมูลหลักที่จัดเก็บในระบบประกอบด้วย ข้อมูลผู้ใช้งาน ข้อมูลเมนูอาหาร ข้อมูลคำสั่งซื้อ ข้อมูลการจัดส่ง ข้อมูลทั้งหมดถูกจัดเก็บในกูเกิลชีต และเชื่อมโยงกับแพลตฟอร์มแอปชีต เพื่อให้สามารถเรียกใช้งานและปรับปรุงข้อมูลได้แบบเรียลไทม์



ภาพที่ 3 แสดงโครงสร้างข้อมูลของระบบ

5) การทดสอบและประเมินผลระบบ

หลังจากการพัฒนาระบบเสร็จสิ้น ผู้วิจัยได้นำระบบไปทดลองใช้งานกับกลุ่มผู้ใช้งานตัวอย่าง จากนั้นเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถามเพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานในด้านความสะดวกในการใช้งาน ความเหมาะสมของฟังก์ชัน และประโยชน์ที่ได้รับจากระบบ ข้อมูลที่ได้ถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย

ผลการดำเนินการวิจัยสามารถสรุปได้เป็น 3 ประเด็นหลัก ได้แก่ ผลการพัฒนาระบบ ผลการทดสอบการทำงานของระบบ และผลการประเมินการใช้งานของระบบ

1) ผลการพัฒนาระบบสั่งอาหารด้วยแพลตฟอร์มโนโค้ด

จากการดำเนินการวิจัย พบว่าสามารถพัฒนาระบบสั่งอาหารด้วยแพลตฟอร์มโนโค้ด ได้ครบถ้วนตามกรอบแนวคิดที่กำหนด ระบบประกอบด้วยโมดูลหลัก ได้แก่ ระบบแสดงเมนูอาหาร ระบบจัดการคำสั่งซื้อ ระบบ

ติดตามการจัดส่ง และระบบจัดการข้อมูลธุรกิจ โดยใช้กูเกิลชีตเป็นฐานข้อมูลกลางในการจัดเก็บและบริหารจัดการข้อมูล ระบบสามารถเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างผู้ใช้งานและผู้ประกอบการร้านอาหารได้อย่างเป็นระบบ

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการทำงานของระบบ

ฟังก์ชันของระบบ	**ผลการทดสอบ**	**หมายเหตุ**
ระบบแสดงเมนูอาหาร	ผ่าน	แสดงเมนูและราคาได้ถูกต้อง
ระบบสั่งอาหาร	ผ่าน	บันทึกคำสั่งซื้อได้ครบถ้วน
ระบบจัดการคำสั่งซื้อ	ผ่าน	อัปเดตสถานะได้ตามขั้นตอน
ระบบติดตามการจัดส่ง	ผ่าน	แสดงสถานะการจัดส่งแบบเรียลไทม์
ระบบจัดการข้อมูลธุรกิจ	ผ่าน	แสดงข้อมูลผ่าน Dashboard ได้

2) ผลการทดสอบการทำงานของระบบ

ผลการทดสอบการทำงานของระบบพบว่า ผู้ใช้งานในบทบาทลูกค้าสามารถเลือกเมนูอาหาร สั่งอาหาร และติดตามสถานะคำสั่งซื้อได้ตามขั้นตอนที่ออกแบบไว้ ขณะที่ผู้ประกอบการร้านอาหารสามารถจัดการเมนูอาหาร รับคำสั่งซื้อ อัปเดตสถานะคำสั่งซื้อ และตรวจสอบข้อมูลผ่านระบบได้อย่างถูกต้อง ข้อมูลคำสั่งซื้อและสถานะการจัดส่งถูกบันทึกและอัปเดตในฐานข้อมูลแบบเรียลไทม์ แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถสนับสนุนกระบวนการสั่งอาหารและการจัดการข้อมูลธุรกิจได้ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย

ตารางที่ 2 ผลการประเมินการใช้งานของระบบ

ด้านการประเมิน	**ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)**	**ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)**	**ระดับผล**
ความสะดวกในการใช้งานระบบ	4.35	0.49	มาก
ความเข้าใจในการใช้งาน	4.25	0.52	มาก
ความเหมาะสมของฟังก์ชัน	4.40	0.50	มาก
ความถูกต้องของข้อมูล	4.30	0.47	มาก
ความเหมาะสมต่อธุรกิจอาหาร	4.45	0.48	มาก
รวม	4.35	0.49	มาก

จากผลการประเมินการใช้งานของระบบสั่งอาหาร พบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนการประเมินในแต่ละด้านอยู่ในช่วง 4.2–4.5 และมีค่าความแปรปรวนอยู่ในระดับต่ำ โดยมีค่า ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำกว่า 0.6 แสดงให้เห็นว่าผู้ใช้งานมีความคิดเห็นไปในทิศทางเดียวกัน ระบบที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมต่อการใช้งานในบริบทของธุรกิจอาหารรายย่อย และสามารถสนับสนุนการจัดการคำสั่งซื้อและข้อมูลพื้นฐานของธุรกิจอาหารได้อย่างเป็นระบบ

3) ผลการประเมินการใช้งานของระบบ

ผลการประเมินการใช้งานของระบบจากผู้ใช้งานตัวอย่างพบว่า ระบบมีความเหมาะสมต่อการใช้งานในบริบทของธุรกิจอาหารรายย่อย ผู้ใช้งานสามารถเรียนรู้และใช้งานระบบได้โดยไม่ซับซ้อน และมองว่าระบบช่วยสนับสนุนการจัดการคำสั่งซื้อและข้อมูลพื้นฐานของธุรกิจอาหารได้อย่างเป็นระบบ ผลการประเมินดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้งานจริง

ตารางที่ 3 ผลการประเมินแยกตามโมดูลระบบ

โมดูลระบบ	**ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)**	**S.D.**
ระบบแสดงเมนูอาหาร	4.50	0.45
ระบบจัดการคำสั่งซื้อ	4.40	0.50
ระบบติดตามการจัดส่ง	4.25	0.53
ระบบจัดการข้อมูลธุรกิจ	4.30	0.48
รวม	4.36	0.49

วิจารณ์ผล

จากผลการดำเนินการวิจัยพบว่า ระบบสั่งอาหารที่พัฒนาด้วยแพลตฟอร์มโนโค้ด สามารถทำงานได้ครบถ้วนตามกรอบแนวคิดที่กำหนดไว้ และสามารถสนับสนุนกระบวนการสั่งอาหารและการจัดการข้อมูลธุรกิจอาหารในระดับหนึ่ง ผลการทดสอบการทำงานของระบบแสดงให้เห็นว่าฟังก์ชันหลักของระบบ ได้แก่ ระบบแสดงเมนูอาหาร ระบบจัดการคำสั่งซื้อ และระบบติดตามการจัดส่ง สามารถใช้งานได้จริงและมีความสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งานในบริบทธุรกิจอาหารรายย่อย จากผลการประเมินการใช้งานของระบบที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.2–4.5 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำกว่า 0.6 สะท้อนให้เห็นว่าผู้ใช้งานมีความคิดเห็นในทิศทางเดียวกัน และรับรู้ว่าระบบมีความเหมาะสมต่อการใช้งาน อย่างไรก็ตาม ผลการประเมินดังกล่าวเป็นการประเมินจากมุมมองของผู้ใช้งาน ซึ่งเป็นการรับรู้เชิงอัตวิสัย จึงยังไม่สามารถสรุปผลในเชิงประสิทธิภาพทางธุรกิจหรือผลกระทบเชิงปริมาณได้โดยตรง

เมื่อพิจารณาในเชิงเทคโนโลยี การใช้แพลตฟอร์มโนโค้ด เช่น AppSheet ช่วยลดความซับซ้อนในการพัฒนาระบบ และเปิดโอกาสให้ผู้ที่ไม่มีพื้นฐานด้านการเขียนโปรแกรมสามารถพัฒนาระบบสารสนเทศได้ด้วยตนเอง อย่างไรก็ตาม แพลตฟอร์มโนโค้ดยังมีข้อจำกัดในด้านความยืดหยุ่นของฟังก์ชันขั้นสูง และการปรับแต่งระบบในระดับลึก ซึ่งอาจไม่เหมาะสมกับระบบที่ต้องการความซับซ้อนหรือการประมวลผลข้อมูลขั้นสูง นอกจากนี้ ขอบเขตของการทดลองใช้งานระบบในงานวิจัยนี้จำกัดอยู่ในกลุ่มผู้ใช้งานจำนวนไม่มาก และอยู่ในบริบทของธุรกิจอาหารรายย่อยเพียงบางกรณีศึกษา ทำให้ผลการวิจัยยังไม่สามารถอ้างอิงเพื่อใช้งานในบริบทที่กว้างขึ้นได้อย่างครอบคลุม อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยยังสามารถสะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพและความเป็นไปได้ในการนำแพลตฟอร์ม No-Code มาประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาระบบสั่งอาหารในบริบทธุรกิจที่มีทรัพยากรจำกัด

สรุปผล

ผลการวิจัยสามารถสรุปได้เป็น 3 ประเด็นหลัก ได้แก่ ผลการพัฒนาระบบ ผลการทดสอบการทำงานของระบบ และผลการประเมินการใช้งานของระบบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ประเด็นแรก ผลการพัฒนาระบบสั่งอาหารด้วยแพลตฟอร์มโนโค้ด พบว่าสามารถพัฒนาระบบได้ครบถ้วนตามกรอบแนวคิดที่กำหนด ระบบประกอบด้วยโมดูลหลัก 5 โมดูล ได้แก่ ระบบแสดงเมนูอาหาร ระบบสั่งอาหาร ระบบจัดการคำสั่งซื้อ ระบบติดตามการจัดส่ง และระบบจัดการข้อมูลธุรกิจ โดยใช้กูเกิลชีตเป็นฐานข้อมูลกลาง ผลการทดสอบการทำงานของระบบตามตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าฟังก์ชันทุกโมดูลผ่านการทดสอบทั้งหมด สามารถแสดงผล บันทึก และอัปเดตข้อมูลได้ถูกต้องตามกระบวนการที่ออกแบบไว้ สะท้อนให้เห็นถึงความสมบูรณ์ของโครงสร้างระบบและความพร้อมในการใช้งานจริง

ประเด็นที่สอง ผลการทดสอบการทำงานของระบบพบว่า ระบบสามารถรองรับการทำงานของผู้ใช้งานทั้งสองบทบาทได้อย่างถูกต้อง ผู้ใช้งานในบทบาทลูกค้าสามารถเลือกเมนู สั่งอาหาร และติดตามสถานะคำสั่งซื้อได้ครบถ้วน ขณะที่ผู้ประกอบการร้านอาหารสามารถจัดการเมนู รับคำสั่งซื้อ อัปเดตสถานะ และตรวจสอบข้อมูลธุรกิจผ่านระบบได้แบบเรียลไทม์ ข้อมูลทั้งหมดถูกบันทึกและเชื่อมโยงผ่านฐานข้อมูลกลางอย่างเป็นระบบ แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถสนับสนุนกระบวนการสั่งอาหารและการจัดการข้อมูลธุรกิจได้ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย

ประเด็นที่สาม ผลการประเมินการใช้งานของระบบจากผู้ใช้งานตัวอย่างตามตารางที่ 2 พบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนการประเมินโดยรวมอยู่ที่ 4.35 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.49 ซึ่งอยู่ในระดับต่ำ โดยค่าเฉลี่ยในแต่ละด้านอยู่ในช่วง 4.25–4.45 สะท้อนให้เห็นว่าผู้ใช้งานมีความคิดเห็นในทิศทางเดียวกันและให้การยอมรับระบบในระดับมาก เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่าความเหมาะสมต่อธุรกิจอาหารมีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{x}$ = 4.45, S.D. = 0.48) รองลงมาคือความเหมาะสมของฟังก์ชัน ($\bar{x}$ = 4.40, S.D. = 0.50) แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถตอบโจทย์การใช้งานของธุรกิจอาหารรายย่อยได้อย่างเหมาะสม

นอกจากนี้ ผลการประเมินแยกตามโมดูลระบบตามตารางที่ 3 พบว่าโมดูลระบบแสดงเมนูอาหารมีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{x}$ = 4.50, S.D. = 0.45) รองลงมาคือระบบจัดการคำสั่งซื้อ ($\bar{x}$ = 4.40, S.D. = 0.50) และระบบจัดการข้อมูลธุรกิจ ($\bar{x}$ = 4.30, S.D. = 0.48) ขณะที่ระบบติดตามการจัดส่งมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดแต่ยังอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.25, S.D. = 0.53) ผลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าทุกโมดูลของระบบได้รับการประเมินในระดับสูงและมีความสม่ำเสมอของความคิดเห็นผู้ใช้งาน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ได้รับการสนับสนุนด้านองค์ความรู้ การสนับสนุนงบประมาณการนำเสนอผลงาน และคำแนะนำทางวิชาการจากคณาจารย์คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้งานตัวอย่างทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการทดสอบและประเมินระบบจนทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Abdelkader, B., & Saad, M. (2021). Low-code and no-code platforms: A systematic literature review. Journal of Systems and Software, 182, 111078. https://doi.org/10.1016/j.jss.2021.111078

Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. MIS Quarterly, 13(3), 319–340.

Gregor, S., & Hevner, A. R. (2013). Positioning and presenting design science research for maximum impact. MIS Quarterly, 37(2), 337–355.

Hevner, A. R., March, S. T., Park, J., & Ram, S. (2004). Design science in information systems research. MIS Quarterly, 28(1), 75–105.

Kapoor, A. P., & Vij, M. (2018). Technology at the dinner table: Ordering food online through mobile apps. Journal of Retailing and Consumer Services, 43, 342–351.

Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2020). Management information systems: Managing the digital firm (16th ed.). Pearson.

Pérez, J., Díaz, J., & González, J. (2021). Low-code development platforms: A systematic mapping study. Software and Systems Modeling, 20(6), 1761–1785.

Ray, A., Dhir, A., Bala, P. K., & Kaur, P. (2019). Why do people use food delivery apps? Journal of Retailing and Consumer Services, 51, 221–230.

Sahay, A., Indamutsa, A., Di Ruscio, D., & Pierantonio, A. (2020). Supporting the development of low-code development platforms. IEEE Software, 37(2), 44–50.

Sommerville, I. (2016). Software engineering (10th ed.). Pearson.

Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. MIS Quarterly, 27(3), 425–478.

Yeo, V. C. S., Goh, S. K., & Rezaei, S. (2017). Consumer experiences, attitude and behavioral intention toward online food delivery. Journal of Retailing and Consumer Services, 35, 150–162.

ณัธภัชร เฉลิมแดน. (2563). พฤติกรรมผู้บริโภคในการสั่งอาหารแบบเดลิเวอรี่ผ่านโมบายแอปพลิเคชัน. วารสารบริหารธุรกิจอุตสาหกรรม, 2(1), 92–106.

ธนกฤต สุขสมบูรณ์, & วราภรณ์ แก้วคำ. (2564). ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับแอปพลิเคชันสั่งอาหารออนไลน์ในประเทศไทย. วารสารการจัดการสมัยใหม่, 19(2), 45–60.

สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล. (2566). Low-Code และ No-Code Development Platform. https://www.depa.or.th

การพัฒนาระบบฐานข้อมูลหอพัก กรณีศึกษา: หอพักบัวหลวง

Development of a Dormitory Database System: A Case Study of Bualuang Dormitory

สุวิจักขณ์ สมจิตร[1] และ สวิตา อยู่สุขขี[2*]

Suvijark Somjit[1] and Sawita Yousukkee[2*]

[1]สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

[1]Business Computer, Faculty of Management Science, Phra Nakhon Si Ayutthaya Rajabhat University

*Corresponding author E-mail: ysawita@aru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและประเมินคุณภาพของระบบฐานข้อมูลหอพัก กรณีศึกษา: หอพักบัวหลวง ซึ่งเดิมมีการจัดการข้อมูลในรูปแบบเอกสารและการคำนวณด้วยมือ ส่งผลให้เกิดความล่าช้า ความซ้ำซ้อน และความคลาดเคลื่อนของข้อมูล งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงพัฒนา (Research and Development) โดยดำเนินการตามขั้นตอน ได้แก่ การศึกษาความต้องการของผู้ใช้ การวิเคราะห์ระบบเดิมและระบบที่พัฒนา การออกแบบฐานข้อมูลด้วยแผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตี้ (ER-Diagram) และการพัฒนาระบบด้วยภาษา PHP ร่วมกับระบบจัดการฐานข้อมูล MySQL

ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถจัดการข้อมูลห้องพัก ผู้เช่า การเช่า และค่าใช้จ่ายได้อย่างเป็นระบบ พร้อมทั้งรองรับการเพิ่ม แก้ไข ค้นหา และออกรายงานผลการดำเนินงาน การประเมินคุณภาพระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน และการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานจำนวน 10 คน พบว่า ระบบมีคุณภาพและความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ทั้งด้านการใช้งาน ประสิทธิภาพ ความถูกต้อง และความตรงตามความต้องการของผู้ใช้ ผลการวิจัยสะท้อนให้เห็นว่าระบบฐานข้อมูลที่พัฒนาขึ้นสามารถช่วยลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล เพิ่มความถูกต้อง และเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการหอพักได้อย่างเป็นรูปธรรม และสามารถใช้เป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้กับหอพักหรือหน่วยงานที่มีลักษณะงานใกล้เคียงกันได้ในอนาคต

คำสำคัญ: ระบบฐานข้อมูล, ระบบบริหารจัดการหอพัก, เทคโนโลยีสารสนเทศ

Abstract

This research aimed to develop and evaluate a dormitory database system: a case study of Bualuang Dormitory, where data management had previously relied on manual recording and calculation, resulting in delays, data redundancy, and inaccuracies. The study employed a research and development approach consisting of requirement analysis, investigation of the existing and proposed systems, database design using an Entity-Relationship (ER) diagram, and system implementation using PHP and MySQL.

The developed system supports systematic management of room information, tenants, rental transactions, and expenses, with functions for data entry, modification, retrieval, and report generation. System quality was evaluated by three experts, and user satisfaction was assessed by ten users. The results indicated that both system quality and user satisfaction were at a high level in terms of usability, efficiency, functional performance, and compliance with user requirements. These findings demonstrate that the proposed database system effectively reduces data redundancy, enhances data accuracy, and improves operational efficiency in dormitory management. Furthermore, the system provides a practical model for applying information technology to improve data management in dormitories or similar organizations in the future.

Keywords: database system, dormitory management system, information technology

บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศและระบบฐานข้อมูลมีบทบาทสำคัญต่อการดำเนินงานขององค์กรและธุรกิจในหลากหลายรูปแบบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับการจัดการข้อมูลจำนวนมาก เช่น ธุรกิจหอพัก ซึ่งจำเป็นต้องมีการจัดเก็บข้อมูลห้องพัก ข้อมูลผู้เช่า ข้อมูลการเช่า ค่าใช้จ่าย และสถานะการชำระเงินอย่างเป็นระบบ (สุทธิดา ปลอดโปร่ง และจันจิรา ดีเลิศ, 2563) หากยังคงใช้วิธีการบันทึกข้อมูลด้วยเอกสารหรือการคำนวณด้วยมือ อาจก่อให้เกิดความล่าช้า ความซ้ำซ้อน และความผิดพลาดของข้อมูล ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการดำเนินงานและความพึงพอใจของผู้ใช้บริการ (จิตริน ไม่หวาดยุทธ และธนพจน์ ตันติสุขุมาลย์, 2566)

หอพักบัวหลวงเป็นหอพักที่มีการดำเนินงานด้านการจัดการข้อมูลในรูปแบบดั้งเดิม โดยอาศัยการจดบันทึกข้อมูลลงบนกระดาษและการคำนวณค่าใช้จ่ายด้วยเครื่องคำนวณ ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาในการตรวจสอบข้อมูล ความไม่ถูกต้องของข้อมูล และความยุ่งยากในการติดตามสถานะห้องพักและการชำระเงิน ส่งผลให้การบริหารจัดการหอพักขาดประสิทธิภาพ และใช้เวลามากในการดำเนินงานแต่ละขั้นตอน (พรศิลป์ บัวงาม และคณะ, 2560)

จากปัญหาดังกล่าว จึงมีแนวคิดในการพัฒนา ระบบฐานข้อมูลหอพัก กรณีศึกษา : หอพักบัวหลวง เพื่อช่วยจัดการข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเช่าห้องพักให้เป็นระบบเดียวกัน (ฐิติวัฒน์ วีระวัฒน์, 2562) โดยอาศัยเทคโนโลยีระบบฐานข้อมูลและโปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล เพิ่มความถูกต้อง รวดเร็ว และความสะดวกในการดำเนินงาน รวมทั้งสามารถสร้างรายงานและข้อมูลสารสนเทศที่เป็นประโยชน์ต่อการบริหารจัดการหอพักได้อย่างมีประสิทธิภาพ อันจะนำไปสู่การยกระดับคุณภาพการให้บริการและสร้างความพึงพอใจแก่ผู้ใช้บริการในระยะยาว (ภาสกร ดอนสมพงษ์, 2563)

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงพัฒนา (Research and Development) มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพของระบบฐานข้อมูลหอพัก กรณีศึกษา: หอพักบัวหลวง โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้ (ณัฐชนก เอี่ยมครอง และพัชรินทร์ ดำแพร, 2561)

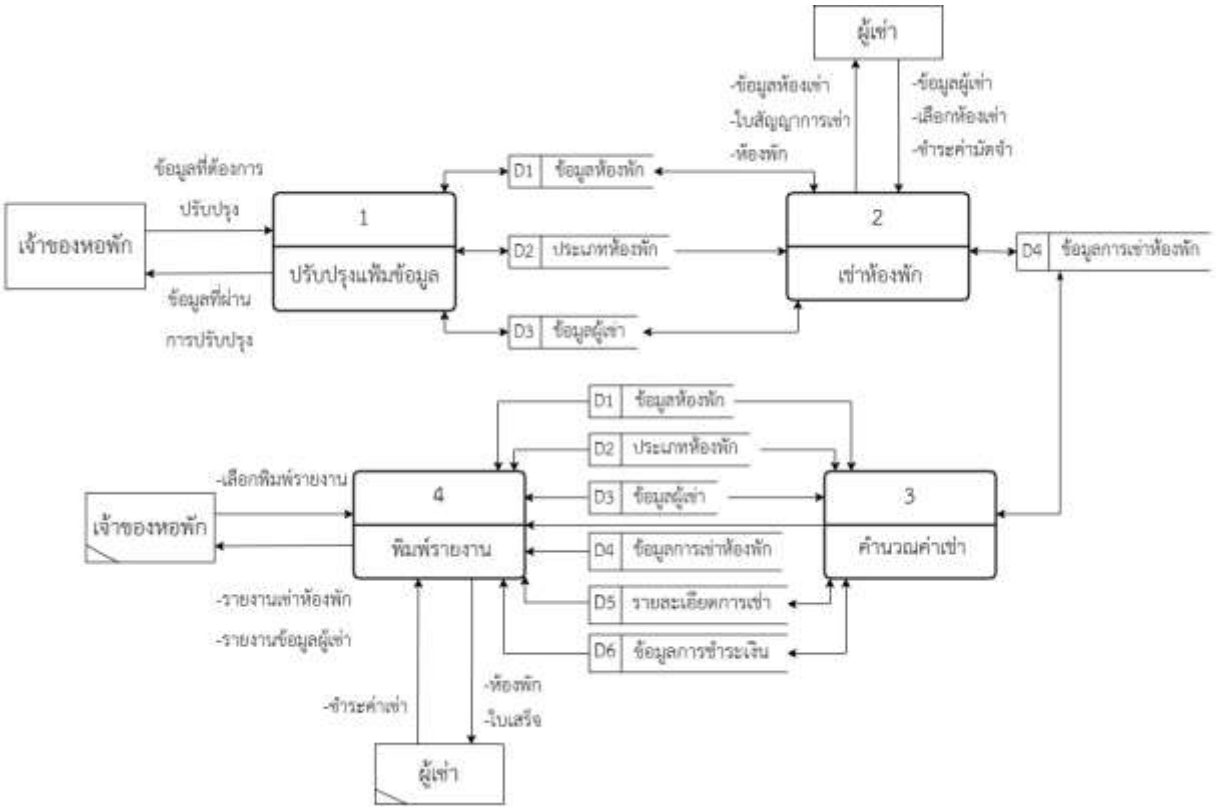
1. การกำหนดปัญหาและศึกษาความต้องการของระบบ ผู้วิจัยได้ศึกษากระบวนการทำงานของหอพักบัวหลวง ซึ่งเดิมใช้การบันทึกข้อมูลด้วยเอกสารและการคำนวณค่าใช้จ่ายด้วยมือ ส่งผลให้เกิดความล่าช้า ความซ้ำซ้อน และความผิดพลาดของข้อมูล จากนั้นจึงทำการรวบรวมความต้องการของผู้ใช้งาน ได้แก่ เจ้าของหอพัก เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบฐานข้อมูลให้สอดคล้องกับการใช้งานจริง

2. การวิเคราะห์ระบบ ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ระบบงานเดิม (Current System) และระบบที่ต้องการพัฒนา (Proposed System) โดยใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ระบบ ได้แก่ Context Diagram และ Data Flow Diagram (DFD) เพื่อแสดงกระบวนการทำงาน การไหลของข้อมูล และความสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้งานกับระบบ รวมทั้งวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจัดเก็บข้อมูลห้องพัก ผู้เช่า การเช่า และการชำระเงิน

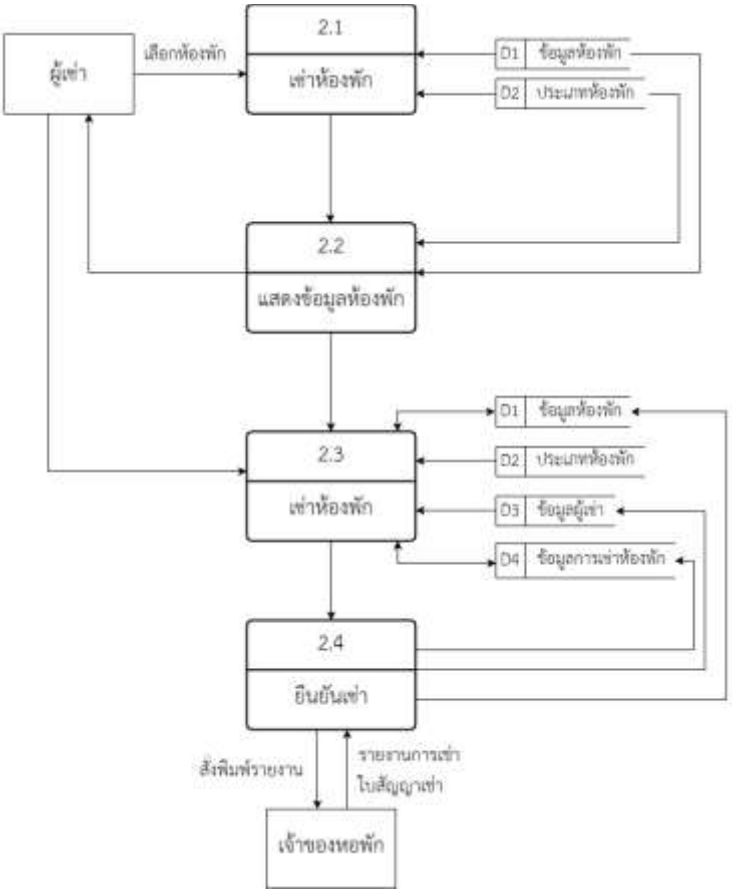
3. การออกแบบระบบ การออกแบบระบบประกอบด้วยการออกแบบฐานข้อมูลโดยใช้แผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตี้ (Entity-Relationship Diagram: ER-Diagram) เพื่อกำหนดโครงสร้างตาราง ความสัมพันธ์ของข้อมูล และลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล รวมทั้งออกแบบหน้าจอการทำงานของระบบให้ใช้งานง่ายและสอดคล้องกับลักษณะการใช้งานของผู้ดูแลระบบหอพัก



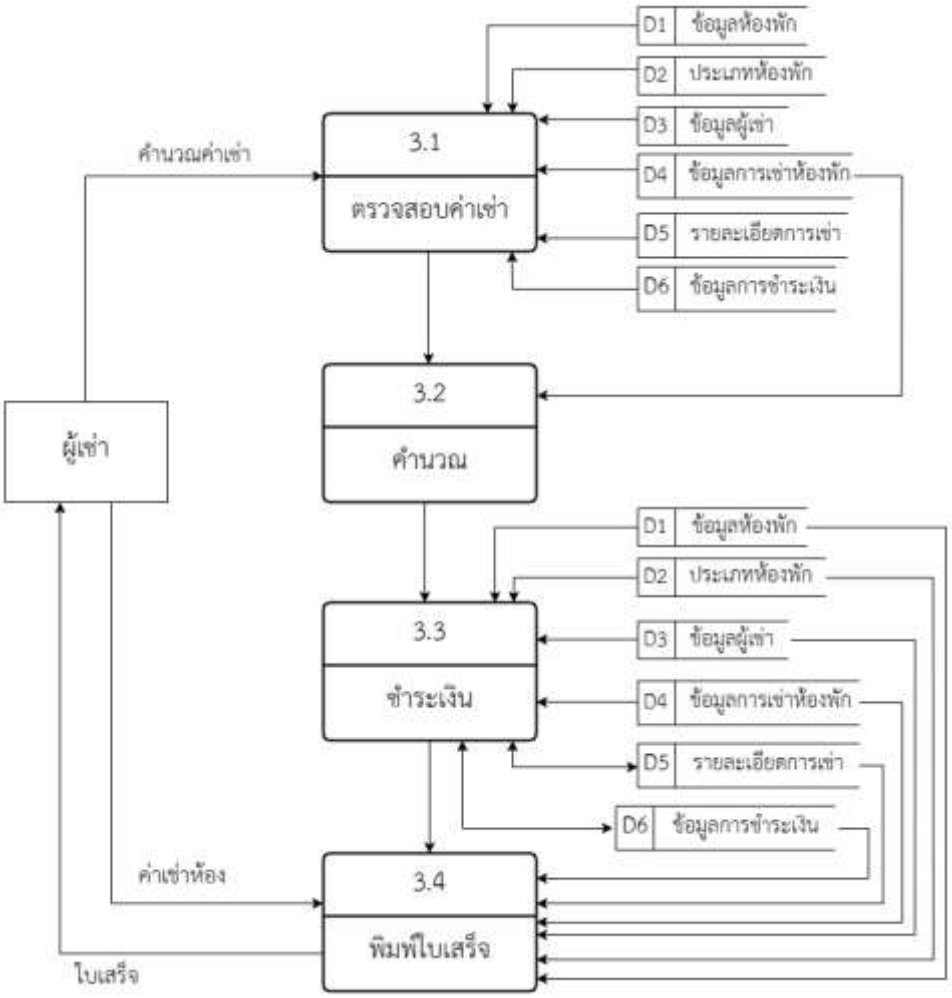
ภาพที่ 1 แสดง Context Diagram ระบบฐานข้อมูล กรณีศึกษา : หอพักบัวหลวง



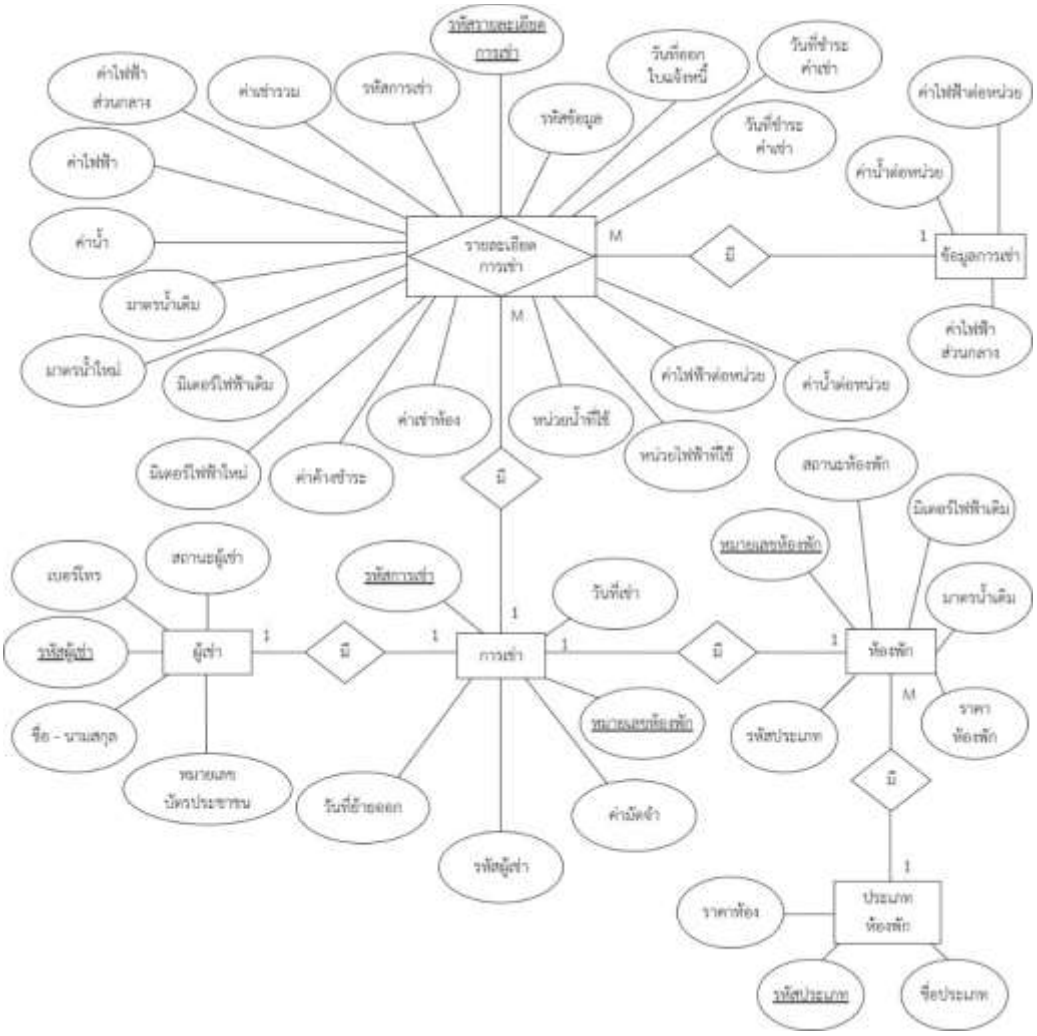
ภาพที่ 2 แสดง Data Flow Diagram Level 1 ระบบฐานข้อมูล กรณีศึกษา : หอพักบัวหลวง



ภาพที่ 3 แสดง Data Flow Diagram Level 2 Process 2 เช่าห้องพัก



ภาพที่ 4 แสดง Data Flow Diagram Level 2 Process 3 คำนวณค่าเช่า



ภาพที่ 5 แสดง E-R Diagram ระบบฐานข้อมูล กรณีศึกษา : หอพักบัวหลวง

4. การพัฒนาระบบ ผู้วิจัยพัฒนาระบบฐานข้อมูลหอพักโดยใช้โปรแกรม Visual Studio Code เป็นเครื่องมือในการพัฒนา ใช้ภาษา PHP ในการเขียนโปรแกรม และใช้ระบบจัดการฐานข้อมูล MySQL ผ่านโปรแกรม XAMPP เพื่อจัดเก็บและจัดการข้อมูล ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถเพิ่ม ลบ แก้ไข ค้นหาข้อมูล รวมถึงสร้างรายงานและใบเสร็จรับเงินได้

5. การทดสอบและประเมินระบบหลังจากพัฒนาระบบเสร็จสิ้น ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการทำงานของระบบในด้านความถูกต้องของข้อมูล ความสามารถในการทำงานตามที่ออกแบบไว้ และความสะดวกในการใช้งาน พร้อมทั้งนำระบบไปให้ผู้ใช้งานทดลองใช้งานจริง และประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงและพัฒนาระบบให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ผลการวิจัย

ผลการประเมินเพื่อตรวจสอบคุณภาพของระบบและความพึงพอใจ

ผู้วิจัยดำเนินการประเมินเพื่อตรวจสอบคุณภาพของระบบ โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เกณฑ์การพิจารณาค่าเฉลี่ย ดังนี้

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 4.51 - 5.00 กำหนดให้อยู่ในเกณฑ์มากที่สุด

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.51 – 4.50 กำหนดให้อยู่ในเกณฑ์มาก

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 2.51 – 3.50 กำหนดให้อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 1.51 - 2.50 กำหนดให้อยู่ในเกณฑ์น้อย

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 1.00 - 1.50 กำหนดให้อยู่ในเกณฑ์น้อยที่สุด

รายการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับคุณภาพ
ด้านการใช้งาน	**4.15**	**0.83**	**มาก**
1. ความง่ายในการเรียกใช้ระบบ	4.00	0.82	มาก
2. ความชัดเจนของข้อความที่แสดงบนจอภาพ	4.50	0.58	มาก
3. ความเหมาะสมในการออกแบบหน้าจอโดยภาพรวม	4.00	0.82	มาก
4. ความสะดวกในการเข้าใช้ระบบ	4.25	0.96	มาก
5. ความน่าใช้ของระบบในภาพรวม	4.00	0.82	มาก
ด้านประสิทธิภาพ	**4.45**	**0.57**	**มาก**
1. ความเร็วในการแสดงผลจากการเชื่อมโยง	4.50	0.58	มาก
2. ความเร็วในการติดต่อกับฐานข้อมูล	4.25	0.50	มาก
3. ความเร็วในการนำเสนอข้อมูล	4.50	0.58	มาก
4. ความเร็วในการบันทึก แก้ไข ลบ รายการข้อมูล	4.50	0.58	มาก
5. ความเร็วในการทำงานของระบบในภาพรวม	4.50	0.58	มาก
ด้านสามารถทำงานได้ตามหน้าที่	**4.00**	**0.69**	**มาก**
1. ความถูกต้องของระบบในการแสดงผลข้อมูล	4.25	0.50	มาก
2. ความถูกต้องของระบบในการจัดประเภทของข้อมูล	4.00	0.82	มาก
3. ความถูกต้องของระบบในการจัดเก็บข้อมูล	4.00	0.58	มาก
4. ความถูกต้องของระบบในการปรับปรุงแก้ไขข้อมูล	3.75	0.96	มาก

รายการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับคุณภาพ
5. ความถูกต้องของการทำงานระบบในภาพรวม	4.00	0.58	มาก
ด้านตรงตามความต้องการ	**3.80**	**0.61**	**มาก**
1. ความสามารถในการเรียกใช้งานในระบบฐานข้อมูล	3.75	0.50	มาก
2. ความสามารถของระบบในการจัดการฐานข้อมูล	3.75	0.96	มาก
3. ความสามารถของระบบในการปรับปรุงข้อมูล	4.25	0.50	มาก
4. ความสามารถของระบบในการนำเสนอข้อมูล	3.50	0.58	มาก
5. ระบบฐานข้อมูลมีความถูกต้องครบถ้วน	3.75	0.50	มาก
ด้านเนื้อหา	**4.30**	**0.57**	**มาก**
1. เนื้อหามีความชัดเจน และถูกต้อง	4.25	0.50	มาก
2. ปริมาณเนื้อหามีเพียงพอกับความต้องการ	4.00	0.82	มาก
3. ข้อมูลมีความเป็นปัจจุบัน เชื่อถือได้	4.75	0.50	มากที่สุด
4. มีการจัดหมวดหมู่ให้ง่ายต่อการค้นหาและทำความเข้าใจ	4.25	0.50	มาก
5. การจัดลำดับเนื้อหาเป็นขั้นตอนมีความต่อเนื่อง เข้าใจง่าย	4.25	0.50	มาก

จากตารางผลการประเมินเพื่อตรวจสอบคุณภาพของระบบฐานข้อมูล หอพัก กรณีศึกษา: หอพักบัวหลวง ในภาพรวมโดยผู้เชี่ยวชาญอยู่ระดับมาก โดยจำแนกเป็นรายด้าน ดังนี้ 1) ด้านการใช้งานในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$= 4.15, S.D.= 0.83) โดยรายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ความชัดเจนของข้อความที่แสดงบนจอภาพ ($\bar{X}$= 4.50, S.D.= 0.58) และรายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ ความง่ายในการเรียกใช้ระบบ ($\bar{X}$= 4.00, S.D.= 0.82) ความเหมาะสมในการออกแบบหน้าจอ โดยภาพรวม ($\bar{X}$= 4.00, S.D.= 0.82) และความน่าใช้ของระบบในภาพรวม ($\bar{X}$= 4.00, S.D.= 0.82) ควรมีคู่มือวิธีการใช้งานเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานระบบได้ง่าย และออกแบบให้มีความน่าใช้งาน 2) ด้านประสิทธิภาพในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$= 4.45, S.D.= 0.57) โดยรายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ความเร็วในการแสดงผลจากการเชื่อมโยง ($\bar{X}$= 4.50, S.D.= 0.58) ความเร็วในการนำเสนอข้อมูล ($\bar{X}$= 4.50, S.D.= 0.58) ความเร็วในการบันทึก แก้ไข ลบ รายการข้อมูล ($\bar{X}$= 4.50, S.D.= 0.58) และความเร็วในการทำงานของระบบในภาพรวม ($\bar{X}$= 4.50, S.D.= 0.58) และรายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ ความเร็วในการติดต่อกับฐานข้อมูล ($\bar{X}$= 4.25, S.D.= 0.50) ควรปรับปรุงกระบวนการเชื่อมต่อและดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลเพื่อให้รวดเร็วยิ่งขึ้น 3) ด้านสามารถทำงานได้ตามหน้าที่ใน

ภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$= 4.00, S.D.= 0.69) โดยรายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ความถูกต้องของระบบในการแสดงผลข้อมูล ($\bar{X}$= 4.25, S.D.= 0.50) และรายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ ความถูกต้องของระบบในการปรับปรุงแก้ไขข้อมูล ($\bar{X}$= 3.75, S.D.= 0.96) ควรปรับปรุงการจัดการแก้ไขข้อมูลและตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลได้ 4) ด้านตรงตามความต้องการในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$= 3.80, S.D.= 0.61) โดยรายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ความสามารถของระบบในการปรับปรุงข้อมูล ($\bar{X}$= 4.25, S.D.= 0.50) และรายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ ความสามารถของระบบในการนำเสนอข้อมูล ($\bar{X}$= 3.50, S.D.= 0.58) ควรปรับวิธีการนำเสนอข้อมูลให้มีความหลากหลายและตรงตามความต้องการ 5) ด้านเนื้อหาในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$= 4.30, S.D.= 0.57) โดยรายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ข้อมูลมีความเป็นปัจจุบัน เชื่อถือได้ ($\bar{X}$= 4.75, S.D.= 0.50) และรายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ ปริมาณเนื้อหามีเพียงพอกับความต้องการ ($\bar{X}$= 4.00, S.D.= 0.82) ควรปรับรายละเอียดข้อมูลในระบบให้สามารถทำงานครอบคลุมความต้องการผู้ใช้งานมากขึ้น

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ

ผู้วิจัยดำเนินการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ จำนวน 10 คน ผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบฐานข้อมูลหอพัก กรณีศึกษา: หอพักบัวหลวง แสดงผลดังตารางต่อไปนี้

เกณฑ์การพิจารณาค่าเฉลี่ย ดังนี้

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 4.51 - 5.00 กำหนดให้อยู่ในเกณฑ์มากที่สุด

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.51 – 4.50 กำหนดให้อยู่ในเกณฑ์มาก

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 2.51 – 3.50 กำหนดให้อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 1.51 - 2.50 กำหนดให้อยู่ในเกณฑ์น้อย

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 1.00 - 1.50 กำหนดให้อยู่ในเกณฑ์น้อยที่สุด

รายการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับคุณภาพ
ด้านการแสดงผลของระบบ	**4.46**	**0.51**	**มาก**
1. การจัดวางรูปแบบเมนูการใช้งานเข้าใจง่าย	4.50	0.51	มาก
2. ความชัดเจนของข้อความที่แสดงบนจอภาพ	4.44	0.51	มาก
3. ความเหมาะสมในการแสดงผลของข้อมูล	4.47	0.51	มาก

รายการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับคุณภาพ
4. การจัดหมวดหมู่การใช้งานได้อย่างชัดเจน	4.41	0.50	มาก
ด้านความถูกต้องของเนื้อหาของระบบ	**4.48**	**0.51**	**มาก**
1. ความถูกต้อง และครบถ้วนของข้อมูล	4.47	0.51	มาก
2. ข้อมูลมีความเป็นปัจจุบันของข้อมูล เชื่อถือได้	4.47	0.51	มาก
3. สามารถนำรายงานไปเป็นข้อมูลในการตัดสินใจ	4.47	0.51	มาก
4. การจัดลำดับเนื้อหาเป็นขั้นตอนมีความต่อเนื่อง เข้าใจง่าย	4.50	0.51	มาก
ด้านการใช้งานระบบ	**4.39**	**0.49**	**มาก**
1. ขั้นตอนการให้บริการมีความเหมาะสม คล่องตัว เข้าใจง่าย	4.38	0.48	มาก
2. มีช่องทางการติดต่อที่สะดวกเหมาะสม เช่น โทรศัพท์ เว็บสำนัก เครือข่ายสังคมออนไลน์ เป็นต้น	4.34	0.49	มาก
3. ขั้นตอนการให้บริการมีระยะเวลาที่เหมาะสม	4.38	0.48	มาก
4. ระบบใช้งานง่ายสะดวกและไม่ซับซ้อน	4.44	0.51	มาก
5. สามารถค้นหาหรือเข้าถึงข้อมูลที่ต้องการได้ง่าย	4.38	0.48	มาก
6. เมนูการใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน	4.44	0.51	มาก

จากตารางผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบฐานข้อมูลหอพัก กรณีศึกษา : หอพักบัวหลวง ในภาพรวมอยู่ระดับมาก โดยจำแนกเป็นรายด้าน ดังนี้ 1) ด้านการแสดงผลของระบบในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$= 4.15, S.D.= 0.83) โดยรายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ การจัดวางรูปแบบเมนูการใช้งานเข้าใจง่าย ($\bar{X}$= 4.50, S.D.= 0.51) และรายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ การจัดหมวดหมู่การใช้งานได้อย่างชัดเจน ($\bar{X}$= 4.41, S.D.= 0.50) ควรจัดหมวดหมู่ของเมนูให้มีความเป็นระเบียบและสอดคล้องกับการค้นหาของผู้ใช้งานมากขึ้น 2) ด้านความถูกต้องของเนื้อหาของระบบในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$= 4.48, S.D.= 0.51) โดยรายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ การจัดลำดับเนื้อหาเป็นขั้นตอนมีความต่อเนื่อง เข้าใจง่าย ($\bar{X}$= 4.50, S.D.= 0.51) และรายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ ความถูกต้อง และครบถ้วนของข้อมูล ($\bar{X}$= 4.47, S.D.= 0.51) ข้อมูลมีความเป็นปัจจุบันของข้อมูล เชื่อถือได้ ($\bar{X}$= 4.47, S.D.= 0.51) และสามารถนำรายงานไปเป็นข้อมูลในการตัดสินใจ ($\bar{X}$= 4.47, S.D.= 0.51) ควรให้ระบบสามารถตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลและความเป็นปัจจุบันของข้อมูลได้ดียิ่งขึ้น 3) ด้านการใช้งานระบบในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$= 4.39,

S.D.= 0.49) โดยรายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ระบบใช้งานง่ายสะดวกและไม่ซับซ้อน ($\bar{X}$= 4.44, S.D.= 0.51) และเมนูการใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน ($\bar{X}$= 4.44, S.D.= 0.51) และรายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยที่ต่ำที่สุด คือ มีช่องทางการติดต่อที่สะดวกเหมาะสม ($\bar{X}$= 4.34, S.D.= 0.49) ควรเพิ่มหรือปรับปรุงช่องทางการสื่อสารและช่องติดต่อ กับผู้ดูแลระบบให้ตอบสนองได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลการวิจัยการพัฒนาระบบฐานข้อมูลหอพัก กรณีศึกษา: หอพักบัวหลวง พบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพโดยรวมอยู่ในระดับมาก ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าการนำเทคโนโลยีระบบฐานข้อมูลมาประยุกต์ใช้สามารถช่วยแก้ไขปัญหาการจัดการข้อมูลที่เกิดจากการบันทึกข้อมูลด้วยเอกสารและการคำนวณด้วยมือได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับงานวิจัยของพรศิลป์ บัวงาม และคณะ (2560) ที่มุ่งพัฒนาระบบจัดการหอพัก เพื่อความเป็นระบบในการบริหารจัดการหอพัก ในการจัดการข้อมูลผู้พัก จองห้องพัก ตรวจสอบค่าน้ำ ค่าไฟ และตรวจสอบค่าเช่ารายเดือน ซึ่งระบบช่วยลดเวลา และความผิดพลาดในการจัดการข้อมูล (พรศิลป์ บัวงาม และคณะ, 2560)

เมื่อพิจารณาผลการประเมินคุณภาพของระบบ ในด้านการใช้งานพบว่าในภาพรวมอยู่ในระดับมาก แสดงให้เห็นว่าระบบมีรูปแบบการใช้งานที่เข้าใจง่าย ข้อความและเมนูมีความชัดเจน เหมาะสมกับการใช้งานของผู้ดูแลหอพัก อย่างไรก็ตาม รายการประเมินบางส่วนยังมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่ารายการอื่น เช่น ความง่ายในการเรียกใช้ระบบ และความน่าใช้ของระบบในภาพรวม ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าควรมีการจัดทำคู่มือการใช้งานหรือปรับปรุงรูปแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ (User Interface) ให้มีความน่าสนใจและใช้งานได้สะดวกยิ่งขึ้น (อภิเชษฐ์ ไชยลังการ, ปิยะเมศร์ ยอดเณร, และบุญญฤทธิ์ ศรีสง่า, 2554)

ด้านประสิทธิภาพของระบบพบว่าในภาพรวมอยู่ในระดับมาก โดยเฉพาะด้านความเร็วในการแสดงผล การบันทึก แก้ไข และลบข้อมูล ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบฐานข้อมูลที่พัฒนาขึ้นสามารถรองรับการทำงานด้านการจัดการข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม ความเร็วในการติดต่อกับฐานข้อมูลยังมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่ารายการอื่นเล็กน้อย จึงควรมีการปรับปรุงกระบวนการเชื่อมต่อฐานข้อมูลหรือโครงสร้างการจัดเก็บข้อมูลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดึงข้อมูลในอนาคต (ฐิติวัฒน์ วีระวัฒน์, 2562)

ในด้านความสามารถในการทำงานตามหน้าที่และด้านความตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน พบว่าในภาพรวมอยู่ในระดับมาก แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถตอบสนองต่อความต้องการพื้นฐานของการบริหารจัดการหอพักได้เป็นอย่างดี ทั้งการจัดเก็บข้อมูล การปรับปรุงแก้ไขข้อมูล และการนำเสนอรายงาน อย่างไรก็ตาม การนำเสนอข้อมูลยังสามารถพัฒนาให้มีความหลากหลายมากขึ้น เช่น การแสดงผลในรูปแบบกราฟหรือสรุปเชิง

วิเคราะห์ เพื่อช่วยสนับสนุนการตัดสินใจของผู้ดูแลหอพักได้ดียิ่งขึ้น (จิตริน ไม่หวาดยุทธ และธนพจน์ ตันติสุขุมาลย์, 2566)

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานพบว่าในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าระบบฐานข้อมูลหอพักที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้งานได้จริง และช่วยอำนวยความสะดวกในการดำเนินงาน ลดระยะเวลาและความผิดพลาดจากการทำงานแบบเดิม ส่งผลให้การบริหารจัดการหอพักมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้ หากมีการพัฒนาระบบให้รองรับการใช้งานในวงกว้างและเพิ่มฟังก์ชันการทำงานเพิ่มเติม จะทำให้ระบบมีความสมบูรณ์และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับหอพักหรือหน่วยงานอื่นได้ในอนาคต (สารธาร เจียวหลี และ สิริพร อินทสนธิ์, 2565)

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบฐานข้อมูลหอพัก กรณีศึกษา: หอพักบัวหลวง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเช่าห้องพัก จากผลการวิจัยพบว่า ระบบฐานข้อมูลที่พัฒนาขึ้นสามารถจัดเก็บและจัดการข้อมูลห้องพัก ข้อมูลผู้เช่า ข้อมูลการเช่า และข้อมูลค่าใช้จ่ายได้อย่างเป็นระบบ ลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล และเพิ่มความถูกต้องในการบันทึกและประมวลผลข้อมูล

ระบบสามารถสนับสนุนการทำงานของผู้ดูแลหอพักได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยช่วยลดระยะเวลาในการดำเนินงาน ลดข้อผิดพลาดที่เกิดจากการทำงานแบบเดิม และสามารถแสดงผลข้อมูลที่จำเป็นต่อการบริหารจัดการหอพักได้อย่างชัดเจนและรวดเร็ว ส่งผลให้การจัดการหอพักมีความเป็นระบบมากยิ่งขึ้น

ดังนั้น ระบบฐานข้อมูลหอพักที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้งานได้จริง และเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อพัฒนาการบริหารจัดการข้อมูลในธุรกิจหอพักหรือหน่วยงานที่มีลักษณะการทำงานใกล้เคียงกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

จิตริน ไม่หวาดยุทธ และธนพจน์ ตันติสุขุมาลย์. (2566). *ระบบบริหารจัดการหอพัก*. กรุงเทพฯ: คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยสยาม.

ฐิติวัฒน์ วีระวัฒน์. (2562). *การพัฒนาระบบฐานข้อมูลศิษย์เก่า คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี* (ปริญญานิพนธ์). มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ณัฐชนก เอี่ยมครอง และพัชรินทร์ ดำแพร. (2561). *ระบบการจัดการห้องพักรายเดือน หอพักราชพฤกษ์*. ภาควิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยราชพฤกษ์.

ภาสกร ดอนสมพงษ์. (2563). *ระบบบริหารจัดการหอพัก กรณีศึกษาหอพัก อาจารย์เอียด*. ชุมพร: มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร.

พรศิลป์ บัวงาม และคณะ. (2560). *ระบบจัดการหอพักหญิงสุวรรณดี.* เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.

สุทธิดา ปลอดโปร่ง และจันจิรา ดีเลิศ. (2563). *ระบบฐานข้อมูลการเช่าหอพัก กรณีศึกษา : หอพักบ้านสุรทัศน์* พระนครศรีอยุธยา: มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา.

สารธาร เจียวหลี และสิริพร อินทสนธิ์. (2565). *การพัฒนาระบบสารสนเทศห้องเช่า กรณีศึกษา : ห้องเช่าท่าช้าง.* พระนครศรีอยุธยา: มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา.

อภิเชษฐ์ ไชยลังการ, ปิยะเมศร์ ยอดเณร, และบุญญฤทธิ์ ศรีสง่า. (2554). *การพัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์คานต่อเนื่องด้วยภาษา PHP*. มหาวิทยาลัยนเรศวร.

การศึกษาทางทฤษฎีของการตั้งราคาทางจิตวิทยาและการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของกำไรแบบหลายรูปแบบ

Theoretical Study of Psychological Pricing and Multimodal Profit Optimization

นางสาวมนัญญา สวนสุข[1*] นางสาวฐิติวรดา สุตพัฒน์[2] และ นายฐิติวัจน์ ละไมลิขสิทธิ์[3]

Mananya Suansook[1*] Thitiworada Sutapat[2] Thitiwat Lamailikhasit[3]

[1]โรงเรียนสายน้ำผึ้ง ในพระอุปถัมภ์ฯ 186 ซอยสุขุมวิท 22 แขวงคลองเตย เขตคลองเตย กรุงเทพมหานคร 10110

[1]Sai Nam Phueng School, 186 Sukhumvit Soi 22, Khlong Toei, Khlong Toei, Bangkok 10110

*Corresponding author E-mail: mananya.suansook@gmail.com

บทคัดย่อ

โครงงานนี้ศึกษาผลกระทบของความไม่ต่อเนื่องของราคาตามหลักจิตวิทยาที่มีต่อภูมิทัศน์กำไรทางการตลาด โดยใช้แบบจำลองเชิงทฤษฎีและการจำลองสถานการณ์เพื่อแสดงให้เห็นว่าความไม่ต่อเนื่องดังกล่าวสร้างพื้นผิวการหาค่าที่เหมาะสมหลายรูปแบบ (multimodal) ซึ่งมีค่าที่เหมาะสมเฉพาะที่ (local optima) หลายจุด ผลของการกำหนดราคาชวนซื้อ (charm pricing) เช่น การลงท้ายราคาด้วย .99 และ .95 แปลงฟังก์ชันอุปสงค์ที่เดิมต่อเนื่องให้กลายเป็นฟังก์ชันกำไรที่ไม่โค้งเว้าและไม่สม่ำเสมอ ซึ่งท้าทายวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบดั้งเดิมที่อาศัยการไล่ระดับความชัน (gradient descent) ด้วยการใช้กรอบการทำงานเชิงคำนวณ เรานำวิธีการคำนวณจำลองการแอนนิลลิง (simulated annealing) ที่ปรับปรุงแล้วมาใช้ซึ่งสามารถสำรวจภูมิทัศน์ที่ไม่ต่อเนื่องเหล่านี้ได้ จากผลการทดลองแบบสุ่ม 1,000 ครั้ง การจำลองการแอนนิลลิงประสบความสำเร็จในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบรวม (global optimum) ในอัตราสูงถึง 98.7% เมื่อเทียบกับเพียง 12.3% สำหรับวิธีการไล่ระดับความชัน (Kirkpatrick et al., 1983) โครงงานยังแสดงให้เห็นรูปแบบการตั้งราคาเฉพาะหมวดหมู่สินค้าและวัดขนาดผลกระทบของพารามิเตอร์ราคาตามหลักจิตวิทยา ผลการค้นพบเหล่านี้เน้นย้ำถึงความจำเป็นในการใช้การคำนวณแบบที่ไม่อาศัยการไล่ระดับความชันในบริบทการหาค่าที่เหมาะสมทางการตลาดที่ความไม่ต่อเนื่องทางจิตวิทยามีอยู่ทั่วไป

คำสำคัญ : การกำหนดราคาชวนซื้อ, การจำลองการแอนนิลลิง, การเพิ่มประสิทธิภาพทางการตลาด, ภูมิทัศน์กำไรที่ไม่โค้งเว้า

Abstract

This project studies the impact of psychological price discontinuities on the market profit landscape, using theoretical and simulation models to demonstrate that these discontinuities create a multimodal optimization surface with multiple local optima. Charm pricing, such as ending prices at .99 and .95, transforms the previously continuous demand function into a non-concave and non-uniform profit function, challenging traditional gradient descent optimization methods. Using a computational framework, we employ an improved simulated annealing method that can explore these discontinuities. In 1,000 randomized trials, the simulated annealing achieved a global optimum of 98.7%, compared to only 12.3% for the gradient descent method (Kirkpatrick et al., 1983). The research also reveals category-specific pricing patterns as illustrative examples and measures the magnitude of the impact of psychological price parameters. These findings underscore the need for gradient-free calculations in the marketing optimization context, where psychological discontinuities are prevalent.

Keywords: Charm Pricing, Simulated Annealing, Marketing Optimization, Non-convex Profit Landscapes

บทนำ

การหาค่าที่เหมาะสมในทางการตลาดนั้นสามารถคำนวณได้หลายรูปแบบ เนื่องจากระบบได้รับอิทธิพลจากปัจจัยทางเศรษฐกิจ จิตวิทยา รูปแบบการจำลองแบบดั้งเดิมมักสมมติว่าฟังก์ชันการตอบสนองมีลักษณะราบเรียบและโค้งเว้าซึ่งเป็นการทำให้ง่ายเกินไปและใช้การไม่ได้ภายใต้ผลกระทบของราคาตามหลักจิตวิทยาในโลกแห่งความเป็นจริง งานศึกษานี้สำรวจว่าความไม่ต่อเนื่องของราคาตามหลักจิตวิทยาโดยเฉพาะผลกระทบของตัวเลขซ้ายสุด (left-digit effect) (Ginzberg, 1936) ปรับเปลี่ยนภูมิทัศน์กำไรให้กลายเป็นพื้นผิวหลายรูปแบบที่มีจุดยอดและที่มีค่าต่ำหลายที่ได้อย่างไร นอกจากนี้การศึกษายังประเมินประสิทธิภาพของการคำนวณแบบไล่ระดับความชัน (Gradient Descent) เทียบกับการจำลองการแอนนีลลิง (Simulated Annealing) ภายใต้เงื่อนไขที่ไม่ต่อเนื่องเหล่านี้ โดยให้หลักฐานทั้งเชิงทฤษฎีและเชิงประจักษ์ที่สามารถคำนวณได้ผลลัพธ์ดีกว่ารูปแบบการคำนวณการหาค่าที่เหมาะสมแบบอื่น

วิธีการดำเนินการวิจัย

กรอบทฤษฎีสำหรับแบบจำลองความไม่ต่อเนื่องทางจิตวิทยา

การศึกษาเป็นการบูรณาการองค์ประกอบทางเศรษฐกิจและจิตวิทยาไว้ในแบบจำลองกำไร โดยพิจารณาจากสมการ

$$\Pi(p) = (p - \text{cost}) \cdot D(p)$$

โดยที่อุปสงค์ $D(p)$ รวบรวมผลของราคาชวนซื้อผ่านแบบจำลองเชิงแนวคิดต่อไปนี้ (ซึ่งใช้สำหรับการจำลองเท่านั้น)

$$D(p) = Q_0(1 - \alpha p) + \beta_1 \cdot I\{c \in \{0.95, 0.99\}\} - \beta_2 \cdot I\{c = 0.00\}$$

เมื่อ Q_0 เป็นอุปสงค์พื้นฐานเมื่อราคาเป็นศูนย์

α ค่าสัมประสิทธิ์ความไวต่อราคา (price sensitivity coefficient)

β_1 ผลกระทบเชิงบวกของการตั้งราคาชวนซื้อ (charm pricing effect)

β_2 ผลกระทบเชิงลบของการตั้งราคาเต็มหน่วย (round price penalty)

$c = p - \lfloor p \rfloor$ เศษทศนิยมของราคา

$I\{\cdot\}$ ฟังก์ชันบ่งชี้ (indicator function) มีค่า 1 เมื่อเงื่อนไขเป็นจริง และ 0 เมื่อเงื่อนไขเป็นเท็จ

โดยที่ $c = p - \lfloor p \rfloor$ (ส่วนทศนิยมของราคา) I เป็นฟังก์ชันบ่งชี้ (indicator function) β_1 เป็นปริมาณที่บ่งชี้ผลเพิ่มจากราคาชวนซื้อ และ β_2 แสดงถึงผลเสียจากราคาแบบตัวเลขเต็ม **แบบจำลองนี้ถูกออกแบบมาเพื่อจำลองพฤติกรรมที่ไม่ต่อเนื่องเชิงแนวคิด และไม่ควรถูกตีความว่าเป็นฟังก์ชันอุปสงค์ทางเศรษฐมิติที่สมบูรณ์**

ผลกระทบเชิงกลยุทธ์ของหมวดหมู่สินค้า (ตัวอย่างเชิงแนวคิด)

การเลือกรูปแบบการตั้งราคาที่เหมาะสมจำเป็นต้องคำนึงถึงลักษณะเฉพาะของหมวดหมู่สินค้า เนื่องจากแต่ละหมวดหมู่มีกลไกการตอบสนองต่อราคาเชิงจิตวิทยาที่แตกต่างกัน ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพของกลยุทธ์ราคาชวนซื้อ **ข้อสรุปต่อไปนี้เป็นการตีความเชิงแนวคิดเพื่อการจำลอง ไม่ใช่ผลจากข้อมูลเชิงประจักษ์**:

1.สินค้าหรู (Luxury Goods) การตั้งราคาเป็นตัวเลขเต็ม (เช่น 1,000 บาท แทน 999 บาท) เป็นกลยุทธ์หลักเพื่อสื่อถึงคุณภาพและความพิเศษ ค่า β_2 (ผลเสียของราคาเต็ม) อาจเป็นค่าลบในบริบทนี้ หมายความว่าราคาเต็มหน่วยกลับเพิ่มมูลค่าที่รับรู้ (perceived value) จึงควรหลีกเลี่ยงการใช้ราคาชวนซื้อ

2.สินค้าทั่วไปในชีวิตประจำวัน (Everyday Consumer Goods) กลยุทธ์ราคาชวนซื้อใช้ได้ดี (โดยเฉพาะ .99) เนื่องจากผู้บริโภคมีความไวต่อราคาและการตัดสินใจซื้อเกิดขึ้นบ่อยและรวดเร็ว

3.สินค้าอิเล็กทรอนิกส์ (Electronics) ผู้บริโภคมักเปรียบเทียบคุณลักษณะทางเทคนิคมากกว่าตัวเลขทศนิยมในราคา ดังนั้นกลยุทธ์ควรผสมผสานระหว่างราคาเต็มและราคาชวนซื้อ

4.สินค้าประเภทของชำ (Groceries/FMCG) เป็นหมวดหมู่ที่ไวต่อราคาชวนซื้อสูงที่สุด โดยเฉพาะในช่วงราคาต่ำ (ราคาน้อยกว่า 100 บาท)

อัลกอริทึมการคำนวณและการออกแบบการทดลอง

การคำนวณแบ่งออกเป็นสองขั้นตอนสำหรับการเปรียบเทียบ:

1.การไล่ระดับความชัน (Gradient Descent) ใช้ learning rate = 0.01, เริ่มจากราคาสุ่ม 100 จุดต่อการทดลองทำซ้ำ (restart) ไม่มีกลไกการหลุดจาก local optima

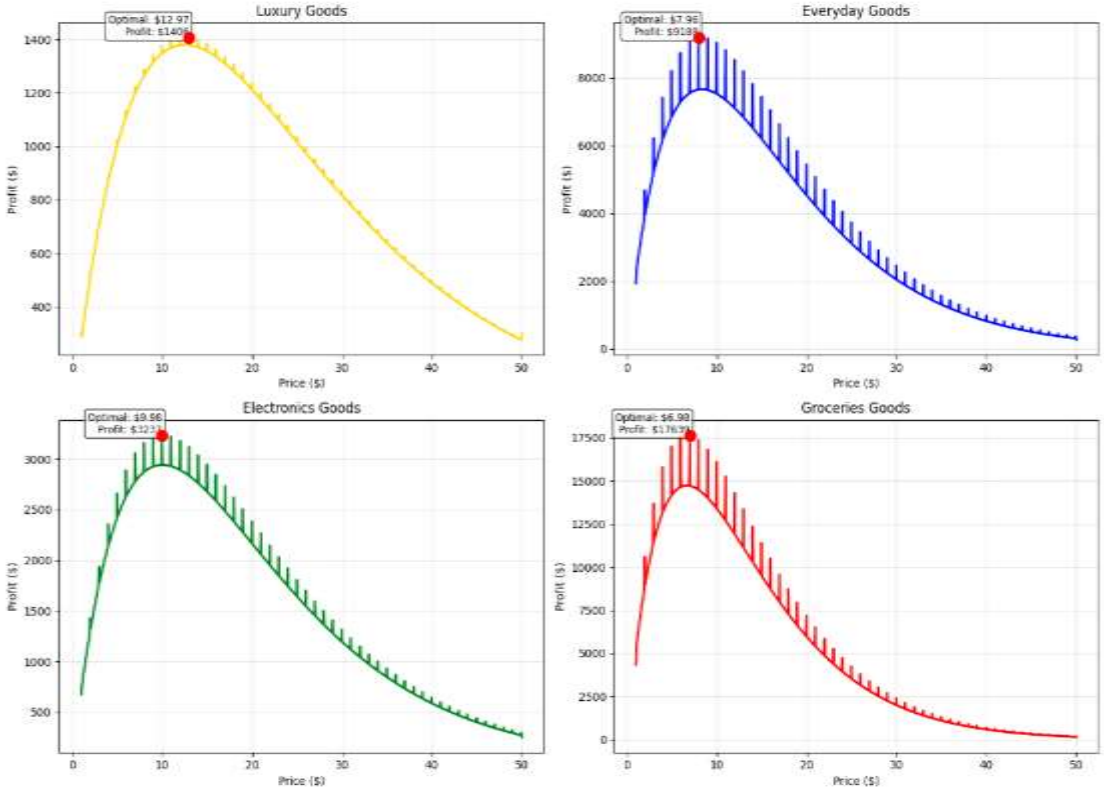
2.การจำลองการแอนนิลลิง (Simulated Annealing) ใช้ cooling schedule แบบ exponential ($T_{k+1} = 0.95T_k$) โดย $T_0 = 100$, ขนาดขั้น (step size) สุ่มจาก uniform distribution บน [−0.5, 0.5] ฟังก์ชัน acceptance probability แบบ Metropolis criterion $P(accept) = exp(-\Delta E / T)$ และเงื่อนไขหยุดที่ < 0.01 หรือจำนวนรอบเกิน 5000

พารามิเตอร์ทางจิตวิทยาที่ใช้ในการจำลอง (β_1, β_2) แบ่งหมวดหมู่สินค้าออกเป็น 4 กลุ่มดังข้างต้น แต่ละกลุ่มกำหนดช่วง (β_1, β_2) เฉพาะสำหรับการจำลอง (ดูตารางที่ 1) ในการคำนวณ ทำการทดลองแบบสุ่ม 1,000 รอบต่อวิธี โดยมีเงื่อนไขเริ่มต้นเหมือนกัน และใช้ตัวชี้วัดประสิทธิภาพเป็น: อัตราความสำเร็จ (พบ global optimum ที่ทราบค่า), กำไรเฉลี่ย, จำนวนรอบการลู่เข้า

ผลการวิจัย

ลักษณะของภูมิทัศน์แบบหลายรูปแบบ

ฟังก์ชันกำไรแสดงค่าที่เหมาะสมเฉพาะที่ 2-7 จุดอย่างสม่ำเสมอภายในช่วงราคาทั่วไป โดยมีจุดสูงสุดที่ราคาชวนซื้อ (.99/.95) และจุดต่ำสุดที่ราคาเต็ม (.00) พร้อมการกระโดดของกำไรราว 8-25% ที่จุดราคาชวนซื้อ ดังแสดงในภาพที่ 1



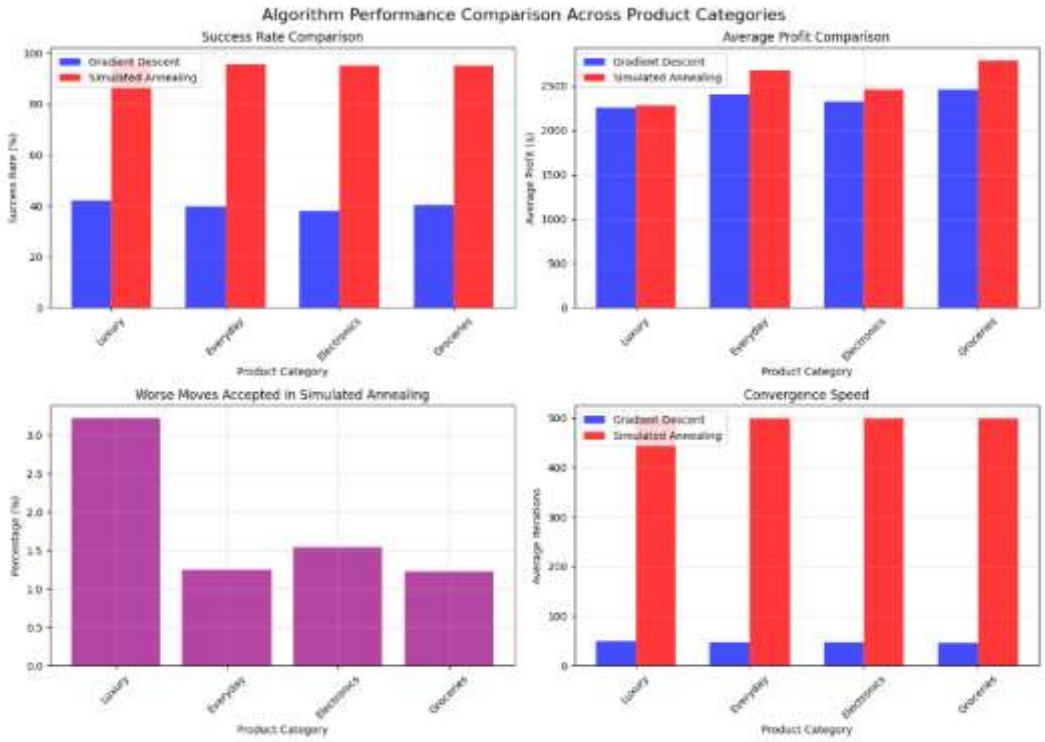
ภาพที่ 1 ภาพแสดงภาพรวมกำไรเปรียบเทียบในหมวดหมู่สินค้าต่างๆ ที่ได้รับผลกระทบจากกลยุทธ์การกำหนดราคาเชิงจิตวิทยา แสดงให้เห็นถึงภาพรวมกำไรแบบหลายรูปแบบที่เกิดจากกลยุทธ์การกำหนดราคาเชิงจิตวิทยาใน 4 หมวดหมู่สินค้า ได้แก่ สินค้าหรูหรา สินค้าทั่วไป อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และสินค้าประเภทของชำ ภาพรวมแสดงให้เห็นถึงรูปแบบ "ฟันเลื่อย" ที่เป็นลักษณะเฉพาะตามที่แบบจำลองทางคณิตศาสตร์คาดการณ์ไว้ โดยมีจุดไม่ต่อเนื่องเป็นระยะๆ ที่ราคาที่ชวนซื้อ (ลงท้ายด้วย .95/.99) และจุดต่ำสุดที่เป็นราคาเต็ม (ลงท้ายด้วย .00)

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอัลกอริทึม

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างการจำลองแอนนิลลิงและการไล่ระดับความชัน

ตัวชี้วัด	**การจำลองแอนนิลลิง**	**การไล่ระดับความชัน**	**การปรับปรุง**
อัตราความสำเร็จ	98.7%	12.3%	8.0×
กำไรเฉลี่ย	1,245 ± 312	984 ± 421	26.5%
การยอมรับคำตอบที่แย่ลง	14.2% ± 3.8%	0%	---

ความสามารถของอัลกอริทึมการจำลองการแอนนีลลิงในการยอมรับคำตอบที่แย่ลง (ผ่านการลดอุณหภูมิ) ทำให้สามารถหลุดจากค่าต่ำเฉพาะที่ (local optima) ได้ ขณะที่การคำนวณการไล่ความชันจะลู่เข้าไปยังจุดสูงสุดเฉพาะที่ที่ใกล้ที่สุดอย่างสม่ำเสมอ ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอัตราความสำเร็จ (Success Rate) และการเปรียบเทียบกำไรเฉลี่ย (Average Profit) การยอมรับคำตอบที่แย่ในการจำลองการแอนนีลลิงและความเร็วในการบรรจบกัน (Convergence) เทียบกับประเภทของสินค้าแต่ละชนิด

รูปแบบเฉพาะหมวดหมู่ (จากการจำลองตามพารามิเตอร์ที่กำหนด)

ตารางที่ 2 รูปแบบการตั้งราคาที่เหมาะสมที่สุดจำแนกตามหมวดหมู่สินค้า

หมวดหมู่	**ผลของราคาชวนซื้อ (β_1)**	**ผลเสียของราคาเต็ม (β_2)**	**รูปแบบการตั้งราคาที่เหมาะสมที่สุด (จากการจำลอง)**
สินค้าหรู	0.00-0.05	-0.15 ถึง -0.05	ควรตั้งเป็นราคาเต็ม
สินค้าทั่วไป	0.15-0.25	0.08-0.18	เหมาะที่จะตั้งราคาลงท้าย .99
อิเล็กทรอนิกส์	0.08-0.12	0.04-0.10	แบบผสม (ทั้งเต็มและชวนซื้อ)
ของชำ	0.18-0.22	0.12-0.20	.99 ในช่วงราคาต่ำ

หมายเหตุ : ช่วงพารามิเตอร์และข้อสรุปข้างต้นเป็นค่าที่กำหนดสำหรับการจำลองเท่านั้น และใช้เพื่อแสดงให้เห็นความเป็นไปได้ของผลกระทบที่แตกต่างกันตามหมวดหมู่

วิจารณ์ผล

โครงงานได้นำวิธีการคำนวณแบบไล่ระดับความชันมาใช้กับปัญหาการตั้งราคาทางจิตวิทยา ซึ่งเป็นการใช้วิธีการนอกขอบเขตความเหมาะสม เนื่องจากฟังก์ชันกำไรมีความไม่ต่อเนื่อง ในการจำลองการแอนนิลลิง การควบคุมโดยอุณหภูมิช่วยให้สามารถเคลื่อนที่ระหว่างจุดที่ดีและแย่ได้ ทำให้สามารถหลุดจากกับดักเฉพาะที่และสำรวจพื้นที่ค้นหาได้กว้างขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Kirkpatrick และคณะ (1983) ที่แสดงให้เห็นว่าการจำลองการแอนนิลลิงมีประสิทธิภาพสูงในการแก้ปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดในภูมิทัศน์ที่ซับซ้อน

Anderson และ Simester (2003) พบว่าการตั้งราคาชวนซื้อสามารถเพิ่มยอดขายได้อย่างมีนัยสำคัญในสินค้าทั่วไป ซึ่งสอดคล้องกับผลการจำลองในโครงงานนี้ที่พบว่าสินค้าทั่วไปและของชำมีค่าพารามิเตอร์ β_1 สูง ขณะที่ Stiving และ Winer (1997) ชี้ให้เห็นว่าผลกระทบของราคาชวนซื้อมีความสัมพันธ์กับประเภทสินค้า ซึ่งสนับสนุนแนวทางการจำแนกหมวดหมู่สินค้าในโครงงานนี้

การตั้งราคาตามหลักจิตวิทยาเปลี่ยนการหาค่าที่เหมาะสมทางการตลาดให้กลายเป็นปัญหาการค้นหาเชิงการจัดหมู่ (combinatorial search) วิธีการเชิงการไล่ระดับความชันแบบต่อเนื่องไม่เหมาะกับภูมิทัศน์ที่มีความไม่ต่อเนื่อง การจำลองการแอนนิลลิงและวิธีการแบบ non-gradient อื่นมีประสิทธิภาพมากกว่าในบริบทนี้ (Hanssens et al., 2001; Lilien et al., 1992)

ข้อจำกัดของงานวิจัย แบบจำลองนี้สมมติว่าพารามิเตอร์ทางจิตวิทยามีสภาพคงที่ และไม่ได้คำนึงถึงการเรียนรู้แบบพลวัตของผู้บริโภค ข้อสรุปเกี่ยวกับหมวดหมู่สินค้าเป็นไปตามพารามิเตอร์ที่กำหนดสำหรับการจำลองเท่านั้น และจำเป็นต้องมีการศึกษาด้วยข้อมูลจริงเพื่อการยืนยัน รวมถึงการขยายผลข้ามวัฒนธรรมและการนำทฤษฎีเกมเชิงแข่งขันมาประยุกต์ (Neslin et al., 1995; Aydin & Porteus, 2008)

สรุปผล

โครงงานนี้แสดงให้เห็นว่าความไม่ต่อเนื่องของราคาตามหลักจิตวิทยาสร้างภูมิทัศน์กำไรแบบหลายรูปแบบที่ไม่เหมาะสำหรับการหาค่าที่เหมาะสมโดยอาศัยการไล่ระดับความชัน การคำนวณโดยอาศัยวิธีการจำลองการแอนนิลลิงที่ได้รับการปรับปรุงด้วยวิธีการตั้งราคาเฉพาะด้านทำได้ดีกว่าการไล่ระดับความชันอย่างมีนัยสำคัญ สามารถหารูปแบบการตั้งราคาที่ใกล้เคียงกับเหมาะสมที่สุดในการจำลองหลายหมวดหมู่สินค้า ผลการค้นพบสนับสนุนให้มีการเปลี่ยนผ่านไปสู่วิธีการแบบที่ไม่อาศัยการไล่ระดับความชัน (non-gradient heuristics) ในการหาค่าที่เหมาะสมทางการตลาด ซึ่งผลกระทบทางจิตวิทยาทำให้พื้นผิวการตอบสนองมีลักษณะขรุขระและไม่ต่อเนื่อง

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณโรงเรียนสายน้ำผึ้ง ในพระอุปถัมภ์ฯ ที่สนับสนุนการทำโครงงานนี้ และขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำแนะนำทางด้านวิชาการและการวิเคราะห์ผลการวิจัย ตลอดจนผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ทำให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Anderson, E. T., and D. I. Simester. 2003. Effects of $9 price endings on retail sales: Evidence from field experiments. Quantitative Marketing and Economics. 1(1): 93-110.

Aydin, G., and E. L. Porteus. 2008. Joint inventory and pricing decisions for an assortment. Operations Research. 56(5): 1247-1256.

Ginzberg, E. 1936. Customary prices. American Economic Review. 26(2): 296.

Hanssens, D. M., L. J. Parsons, and R. L. Schultz. 2001. Market response models: Econometric and time series analysis. 2nd Edition. Springer, New York.

Kirkpatrick, S., C. D. Gelatt, and M. P. Vecchi. 1983. Optimization by simulated annealing. Science. 220(4598): 671-680.

Lilien, G. L., P. Kotler, and K. S. Moorthy. 1992. Marketing models. Prentice Hall, New Jersey.

Neslin, S. A., S. G. Powell, and L. Schneider Stone. 1995. The effects of retailer and consumer response on optimal manufacturer advertising and trade promotion strategies. Management Science. 41(5): 749-766.

Schindler, R. M., and P. N. Kirby. 1997. Patterns of rightmost digits used in advertised prices: Implications for nine-ending effects. Journal of Consumer Research. 24(2): 192-201.

Stiving, M., and R. S. Winer. 1997. An empirical analysis of price endings with scanner data. Journal of Consumer Research. 24(1): 57-67.

Vanhuele, M., and X. Dreze. 2002. Measuring the price knowledge shoppers bring to the store. Journal of Marketing. 66(4): 72-85.

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ เรื่อง AI ใกล้ตัว วิชาของเล่นเชิงกลไกและไฟฟ้า โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับรูปแบบผังกราฟิก (Graphic Organizer Instructional Model) เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

The Development of a Learning Model on “AI Around Us” in the Mechanical and Electrical Toys Subject Using the 7E Learning Cycle Combined with a Graphic Organizer Instructional Model to Improve Analytical Thinking Skills of Grade 8 Students

นพคุณ สืบเลย[1*]

Noppakhun Suebloei[1*]

[1] **โรงเรียนสีชมพูศึกษา ตำบลวังเพิ่ม อำเภอสีชมพู จังหวัดขอนแก่น 40220**

[1] **Sichomphusuksa School, Wangpoem, Sichomphu, Khonkaen, 40220**

***Corresponding author E-mail: suebloei@gmail.com**

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาสภาพและความต้องการในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ เรื่อง AI ใกล้ตัว วิชาของเล่นเชิงกลไกและไฟฟ้า โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับรูปแบบผังกราฟิก (Graphic Organizer Instructional Model) เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 2) เพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 3) เพื่อทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น และ 4) เพื่อประเมินผลการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ผู้บริหารและหัวหน้าฝ่ายบริหาร 8 คน หัวหน้ากลุ่มสาระ 9 คน ครูผู้สอน 2 คน และนักเรียนโรงเรียนสีชมพูศึกษา จังหวัดขอนแก่น ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 36 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ แบบสัมภาษณ์ แบบสอบถาม แผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 14 แผน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า 1) สภาพและความต้องการในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ในปัจจุบันอยู่ในระดับปานกลาง และมีความต้องการในการพัฒนาอยู่ในระดับมาก 2) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น (7E GOI Model) มีประสิทธิภาพเท่ากับ 85.76/84.63 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ 3) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ 4) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

คำสำคัญ : 7E GOI Model, ความสามารถในการคิดวิเคราะห์, AI, ของเล่นเชิงกลไกและไฟฟ้า

Abstract

The objectives of this research were: 1) to study the current conditions and needs for developing an instructional model on "AI Around Us" in the Mechanical and Electrical Toys subject, using a 7-Step Learning Cycle (7E) integrated with a Graphic Organizer Instructional Model to enhance the analytical thinking skills of Grade 8 students; 2) to develop the instructional model to meet the efficiency criterion of 80/80; 3) to implement the developed instructional model; and 4) to evaluate the effectiveness of the model. The sample group consisted of 8 administrators and department heads, 9 department chairs, 2 teachers, and 36 Grade 8 students from Sichomphusuksa School, Khon Kaen Province, during the second semester of the 2025 academic year, selected through cluster random sampling. The research instruments included interview forms, questionnaires, 14 lesson plans, an achievement test, and a satisfaction survey. Data were analyzed using percentage, mean, and standard deviation. The results revealed that: 1) the current conditions were at a moderate level, while the needs for development were at a high level; 2) the developed instructional model (7E GOI Model) achieved an efficiency of 85.76/84.63, which exceeded the 80/80 criterion; 3) the students' academic achievement after using the model was significantly higher than before at the .01 level; and 4) the students' overall satisfaction with the instructional model was at the highest level.

Keywords : 7E GOI Model, Analytical Thinking Skills, AI, Mechanical and Electrical Toys

บทนำ

โลกปัจจุบันที่มีความก้าวหน้าอย่างรวดเร็วในหลายด้าน การศึกษาถือเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดต่อความเจริญก้าวหน้าของประเทศ โดยเฉพาะประเทศไทยซึ่งได้เข้าสู่ประชาคมอาเซียนตั้งแต่ พ.ศ. 2558 ทำให้การเตรียมความพร้อมด้านการศึกษามีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อเสริมสร้างศักยภาพของเด็กไทยในการอยู่ร่วมกับประเทศสมาชิกบนพื้นฐานของความเข้าใจ ความเสมอภาค และการพัฒนาอย่างยั่งยืน ทั้งนี้ แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 13 ได้ชี้ให้เห็นปัญหาด้านผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา ความไม่เชื่อมโยงของการเรียนรู้กับวิถีชีวิต และทัศนคติของผู้เรียนต่อระบบการศึกษา จึงเน้นการพัฒนาทุนมนุษย์ตามแนวคิดพหุปัญญาและการสร้างทัศนคติเชิงบวกต่อการเรียนรู้ (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (2565)) ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายของกระทรวงศึกษาธิการที่มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณธรรม ทักษะการคิดวิเคราะห์และสร้างสรรค์ การแก้ปัญหา การใช้เทคโนโลยี และการอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมโลกอย่างสันติในศตวรรษที่ 21 (กระทรวงศึกษาธิการ (2553))

จากความสำคัญของวิทยาศาสตร์ กระทรวงศึกษาธิการจึงกำหนดให้วิทยาศาสตร์เป็นวิชาพื้นฐานในหลักสูตรการศึกษาทุกระดับชั้น ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560 โดยมุ่งพัฒนาผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1–3 ให้มีคุณภาพตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด ซึ่งจะส่งเสริมสมรรถนะสำคัญ 5 ประการ ได้แก่ ความสามารถในการสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหา การใช้ทักษะชีวิต และการใช้เทคโนโลยี โดยเฉพาะสมรรถนะด้านความสามารถในการคิด ซึ่งเป็นทักษะสำคัญในการเชื่อมโยงองค์ประกอบต่างๆ อย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง (มาเรียม นิลพันธุ์ (2558)) อย่างไรก็ตาม สภาพการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยียังประสบปัญหา เนื่องจากผู้เรียนขาดทักษะการคิดที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทั้งการคิดอย่างมีเหตุผล การคิดวิเคราะห์และสร้างสรรค์ รวมถึงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 อีกทั้งผู้เรียนบางส่วนยังขาดทัศนคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ ไม่เห็นความสำคัญและคุณค่าของการคิด และไม่เข้าใจการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน (กระทรวงศึกษาธิการ (2560))

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ซึ่งพัฒนาโดยไอเซนคราฟ (Eisenkraft. (2003)) เป็นรูปแบบการสอนที่ต่อยอดจากวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5 ขั้น โดยเพิ่มขั้นทบทวนความรู้เดิมและขั้นนำความรู้ไปใช้ เพื่อให้กระบวนการเรียนรู้มีความต่อเนื่องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น รูปแบบ 7E ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ได้แก่ การทบทวนความรู้เดิม การสร้างความสนใจ การสำรวจและค้นหา การอธิบายและลงข้อสรุป การขยายความรู้ การประเมินผล และการนำความรู้ไปใช้ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ โดยมุ่งให้นักเรียนเรียนรู้ผ่านการแก้ปัญหา การสืบเสาะหาความรู้ และการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบ (Good (1973), อ้างถึงใน ทิศนา (2564)) งานวิจัยหลายฉบับยืนยันว่าการจัดการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สูงขึ้น และส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ดุษฎี (2562), นฤพล (2562), นิ่มนภา (2562), สุรัชวดี (2562), วิไล (2563))

รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ผังกราฟิก (Graphic Organizer Instructional Model) มีรากฐานมาจากทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมายของออซูเบล (Ausubel) ซึ่งเน้นการเชื่อมโยงความรู้ใหม่เข้ากับโครงสร้างทางปัญญาเดิมของผู้เรียน เพื่อช่วยให้เกิดความเข้าใจอย่างเป็นระบบและคงความรู้ได้ยาวนาน ผังกราฟิกหรือเทคนิคการจัดผังลายเส้น แผนภาพลำดับความคิด และผังมโนทัศน์ มีหลากหลายรูปแบบ เช่น ผังความคิด ผังมโนทัศน์ เวนน์ไดอะแกรม ผังก้างปลา และผังใยแมงมุม ซึ่งเหมาะสมกับการรวบรวม จัดระบบ และสรุปความรู้จากการเรียนรู้หรือการค้นคว้า (ทิศนา (2564)) การใช้ผังกราฟิกได้รับการยอมรับว่าช่วยส่งเสริมการเรียนรู้อย่างกระตือรือร้น เนื่องจากผู้เรียนต้องบูรณาการทักษะการฟัง พูด อ่าน เขียน และคิดเข้าด้วยกัน อีกทั้งยังช่วยพัฒนากระบวนการคิดวิเคราะห์และการคิดเชิงระบบ ผ่านการเชื่อมโยงความรู้และการสร้างชิ้นงานในรูปแบบผังกราฟิก ซึ่งสะท้อนถึงความเข้าใจในเนื้อหาอย่างมีความหมาย (Bromley และคณะ อ้างถึง ทิศนา (2564))

จากการศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยมีความสนใจนำวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ผังกราฟิก (Graphic Organizer Instructional Model) มาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เนื่องจากเป็นรูปแบบที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมทั้งด้านร่างกาย สติปัญญา

สังคม และอารมณ์ ส่งเสริมการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านความร่วมมือในกลุ่ม และพัฒนาทักษะกระบวนการที่สำคัญ เช่น กระบวนการคิดและการแสวงหาความรู้ โดยวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นประกอบด้วย ขั้นทบทวนความรู้เดิม ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นขยายความรู้ ขั้นประเมินผล และขั้นนำความรู้ไปใช้ (ทิศนา (2564)) ทั้งนี้เพื่อยกระดับประสิทธิภาพการจัดการเรียนรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ให้สอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน และมาตรฐานการเรียนรู้ที่กำหนด ตลอดจนส่งเสริมการนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน อันนำไปสู่การพัฒนาสังคมและประเทศชาติในอนาคต

วิธีการดำเนินการวิจัย

ตอนที่ 1 การวิจัย (การสำรวจ/ศึกษาข้อมูลพื้นฐาน) (Research: R_1)

ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods Research) คือ จาก การวิเคราะห์เอกสาร (Document Analysis) การประเมินความต้องการจำเป็น (Need Assessment) ได้แก่ การสัมภาษณ์ การสอบถามความคิดเห็น และการสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวกับการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ให้แก่ผู้เรียน (Analytical Thinking) โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. การศึกษาข้อมูลพื้นฐานจากแหล่งข้อมูลเอกสาร เพื่อศึกษาวิเคราะห์แนวคิด เอกสาร ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และศึกษาข้อมูลพื้นฐานและความต้องการจำเป็นของผู้เกี่ยวข้อง ได้แก่ แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2566 - 2570) พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 (แก้ไขเพิ่มเติม) ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2545) ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2553) และฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2562) แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 - 2579 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 และตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Piaget (1964) ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Bruner (1969) แนวคิดเกี่ยวกับการคิดวิเคราะห์ของเซงกะ (Senge (2000) อ้างถึงในปิยนาถ (2548)) แนวคิดและการสอนคิดวิเคราะห์ของ สิทธินันท์ (2563) รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) และรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบผังกราฟิก (Graphic Organizer Instructional Model) (ทิศนา (2564)) และงานวิจัยที่เกี่ยวกับการพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบผังกราฟิก (Graphic Organizer Instructional Model) และรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์

2. การศึกษาข้อมูลจากบุคคลที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ทราบสภาพปัจจุบันและความต้องการจากผู้ให้ข้อมูลที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยผู้วิจัยได้กำหนดบุคลากรผู้ให้ข้อมูลจากการเลือกแบบเจาะจง ได้แก่ ผู้บริหารและหัวหน้าฝ่ายบริหาร โรงเรียนสีชมพูศึกษา จำนวน 5 คน หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้โรงเรียนสีชมพูศึกษา จำนวน 9 คน ครูผู้สอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 รายวิชาของเล่นเชิงกลไกและไฟฟ้าโรงเรียนสีชมพูศึกษา จำนวน 2 คน

และนักเรียนโรงเรียนสีชมพูศึกษา ที่เรียนรายวิชาของเล่นเชิงกลไกและไฟฟ้าจำนวน 36 คน โดยผู้วิจัยได้พัฒนาเครื่องมือเพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้ให้ข้อมูลดังรายการต่อไปนี้

2.1 แบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นต่อสภาพปัญหา และความต้องการในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สำหรับผู้บริหาร หัวหน้าฝ่ายบริหาร หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้ ลักษณะเป็นแบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง โดยผู้วิจัยกำหนดประเด็นการสัมภาษณ์ 3 ประเด็น ที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่ส่งเสริมการจัดการเรียนรู้ให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้และบรรลุตามเป้าหมายของหลักสูตร สภาพปัจจุบันและปัญหาในการจัดการเรียนรู้ และความต้องการในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้

2.2 แบบสอบถามความคิดเห็นต่อสภาพการจัดการเรียนรู้และความต้องการในการพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สำหรับครูผู้สอน

2.3 แบบสอบถามความคิดเห็นต่อสภาพการจัดการเรียนรู้ และความต้องการการจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์สำหรับผู้เรียน โดยตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา (Content Validity) ภาษาที่ใช้และนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับเนื้อหารายข้อ (Item-Objective Congruence Index:IOC) ก่อนนำไปสอบถามและทำการปรับปรุงแบบสอบถามได้ค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 และค่าดัชนีความสอดคล้องทั้งฉบับเท่ากับ 0.91 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ค่าความสอดคล้องคือ 0.80 แสดงว่าแบบสอบถามมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์

2.4 นำแบบสอบถามที่ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้ว สอบถามความคิดเห็นข้อมูลพื้นฐานจากกลุ่มตัวอย่าง

ตอนที่ 2 การพัฒนาออกแบบและพัฒนารูปแบบนวัตกรรม (Development: D_1)

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิชาของเล่นเชิงกลไกและไฟฟ้าโดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับรูปแบบผังกราฟิก (Graphic Organizer Instructional Model) เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยมีการสร้างและตรวจสอบคุณภาพดังนี้

1. รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิชาของเล่นเชิงกลไกและไฟฟ้าโดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับรูปแบบผังกราฟิก (Graphic Organizer Instructional Model) เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีขั้นตอนในกรดำเนินการดังนี้

1.1 ข้อมูลพื้นฐานที่ได้ศึกษาวิเคราะห์ในตอนที่ 1 มาสังเคราะห์และสร้างรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิชาของเล่นเชิงกลไกและไฟฟ้าโดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับรูปแบบผังกราฟิก (Graphic Organizer Instructional Model) เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

1.2 การกำหนดตัวชี้วัด โดยให้สอดคล้องกับคำอธิบายรายวิชาและจุดประสงค์การเรียนรู้ในหลักสูตรและเนื้อหา

1.3 ดำเนินการสร้างรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิชาของเล่นเชิงกลไกและไฟฟ้าโดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับรูปแบบผังกราฟิก (Graphic Organizer Instructional Model) เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

1.4 นำร่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิชาของเล่นเชิงกลไกและไฟฟ้าโดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับรูปแบบผังกราฟิก (Graphic Organizer Instructional Model) เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่สร้างขึ้นไปเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา ขอคำแนะนำมาปรับปรุงแก้ไขส่วนที่บกพร่อง

1.5 ดำเนินการสร้างและปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับรูปแบบผังกราฟิก (Graphic Organizer Instructional Model) เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 14 แผน ใช้เวลาสอน 14 ชั่วโมงซึ่งมีขั้นตอนการสอน 7 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นทบทวนและสร้างประสบการณ์ 2) ขั้นแสวงหาความรู้ใหม่ 3) ขั้นการศึกษาทำความเข้าใจข้อมูลด้วยรูปแบบผังกราฟิก 4) ขั้นการแลกเปลี่ยนความรู้ความเข้าใจกับกลุ่มด้วยผังกราฟิก 5) ขั้นการสรุปและการจัดระเบียบความรู้ด้วยผังกราฟิก 6) ขั้นการแสดงผลงาน และ 7) ขั้นการประยุกต์ใช้ความรู้

1.6 เขียนแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับรูปแบบผังกราฟิก (Graphic Organizer Instructional Model) มีรายละเอียดของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับรูปแบบผังกราฟิก (Graphic Organizer Instructional Model) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง AI ใกล้ตัว แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 14 แผน ใช้เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแผนละ 1 ชั่วโมง รวม 14 ชั่วโมง

1.7 นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับรูปแบบผังกราฟิก (Graphic Organizer Instructional Model) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาด้านรูปแบบการสอนและด้านวัดผลประเมินผลตรวจสอบคุณภาพและความถูกต้องเหมาะสม โดยกำหนดเกณฑ์พิจารณาดังนี้ (บุญชม (2560)) ผลการประเมินรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก

1.8 หาประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสีชมพูศึกษา ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 3 คน ที่มีระดับความสามารถ เก่ง ปานกลาง และอ่อน อย่างละ 1 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 เพื่อตรวจสอบสำนวนภาษาและลำดับของเนื้อหาให้เหมาะสม เช่น ใช้คำไม่เหมาะสม แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข ได้ค่า E_1/E_2 เท่ากับ 70.22/71.11

1.9 หาประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มเล็ก (Small Group Tryout) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสีชมพูศึกษา ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 9 คน ที่มีระดับความสามารถ เก่ง ปานกลาง และอ่อน อย่างละ 3 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 เพื่อตรวจในด้านระยะเวลา ผลปรากฏว่า

เวลาเรียนน้อยเกินไป และเวลาในการทำแบบฝึกทักษะน้อยเกินไป แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข ได้ E_1/E_2 เท่ากับ 81.89/81.33

1.10 หาประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับนักเรียน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน ที่มีระดับความสามารถ เก่ง ปานกลาง และอ่อนอย่างละ 10 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 โดยนำผลจากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนมาตรวจสอบหาประสิทธิภาพของรูปแบบผังกราฟิก (Graphic Organizer Instructional Model) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ตามเกณฑ์ 80/80 ได้ค่า E_1/E_2 เท่ากับ 82.29/81.33

1.11 นำรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/10 โรงเรียนสีชมพูศึกษา สังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดขอนแก่น ที่เรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 36 คน

2. แผนการจัดการเรียนรู้รายวิชาของเล่นเชิงกลไกและไฟฟ้าเรื่อง AI ใกล้ตัว โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับรูปแบบผังกราฟิก (Graphic Organizer Instructional Model) เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างตามขั้นตอนดังนี้

2.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และสาระภูมิศาสตร์ ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มาตรฐานการศึกษา และหลักสูตรของโรงเรียน เพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับความสำคัญ สาระการเรียนรู้ คุณภาพผู้เรียน มาตรฐานการเรียนรู้ตัวชี้วัด แนวการดำเนินการ คำอธิบายหลักสูตร และการวัดและประเมินผล

2.2 ศึกษาเอกสาร ตำรา เกี่ยวกับการการสอนโดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) และเทคนิคผังกราฟิก และศึกษาหนังสือเกี่ยวกับเนื้อหาหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง AI ใกล้ตัว วิชาของเล่นเชิงกลไกและไฟฟ้าชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จากหนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เทคโนโลยี (การออกแบบและเทคโนโลยี) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง) 2560 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2566ก) หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง) 2560 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2562ข) และหนังสือ Depa Teacher Boost Camp หลักสูตรยกระดับความรู้ STEM Coding ด้วย AI สู่การพัฒนาทักษะแห่งอนาคต ของกระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม (2566)

2.3 ศึกษารายละเอียดและเนื้อหาที่จะนำมาสร้างแผนการจัดการเรียนรู้จากแนวการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรโรงเรียนสีชมพูศึกษา พุทธศักราช 2566 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551

2.4 กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ และสื่อการเรียนรู้

2.5 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ รายวิชาของเล่นเชิงกลไกและไฟฟ้าหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง AI ใกล้ตัว โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับรูปแบบผังกราฟิก (Graphic Organizer Instructional Model) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 14 ชั่วโมง

2.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้รายวิชาของเล่นเชิงกลไกและไฟฟ้าหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง AI ใกล้ตัว โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับรูปแบบผังกราฟิก (Graphic Organizer Instructional Model) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่สร้างเสร็จแล้ว เสนอผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง เสนอแนะ ด้านจุดประสงค์ เนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ และการวัดผลประเมินผล ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ แล้วนำมาแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

2.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ รายวิชาของเล่นเชิงกลไกและไฟฟ้าหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง AI ใกล้ตัว โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับรูปแบบผังกราฟิก (Graphic Organizer Instructional Model) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่สร้างขึ้น พร้อมแบบประเมินเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ เพื่อพิจารณาเกี่ยวกับสาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ และการวัดผลประเมินผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยการประเมินทีละแผนการจัดการเรียนรู้ รวม 14 แผน ใช้การประเมินแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Seale) 5 ระดับ

2.8 นำคะแนนที่ได้จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน มาหาค่าเฉลี่ย แล้วนำไปเทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ของ มาเรียม (2558) ผลการประเมินพบว่า มีค่าเฉลี่ยในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ตั้งแต่ 4.80-5.00 และค่าเฉลี่ย โดยรวม เท่ากับ 4.97 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด แล้วนำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

2.9 นำแผนการจัดการเรียนรู้ รายวิชาของเล่นเชิงกลไกและไฟฟ้า หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง AI ใกล้ตัว โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับรูปแบบผังกราฟิก (Graphic Organizer Instructional Model) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปหาประสิทธิภาพ โดยนำไปทดลอง (Try Out) กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/4 ที่เคยเรียนเนื้อหานี้มาแล้ว โรงเรียนสีชมพูศึกษา สังกัดองค์การบริหารส่วนขอนแก่น เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพ ความถูกต้อง ความเหมาะสม ของแผนการจัดการเรียนรู้ ตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน และบันทึกปัญหา ข้อบกพร่องต่างๆ ที่พบแล้ว นำมาแก้ไขและปรับปรุงก่อนนำไปใช้จริง โดยดำเนินการ ดังนี้

2.9.1 การทดสอบแบบเดี่ยว (1:1) ในการทดลองขั้นทดสอบแบบเดี่ยวผู้วิจัยได้ นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น ทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/7 ซึ่งเคยเรียนเนื้อหานี้มาแล้ว โรงเรียนสีชมพูศึกษา สังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดขอนแก่น ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 โดยนำระดับผลการเรียนของนักเรียน

มาเรียงลำดับ แล้วแบ่งนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน สุ่มเลือกนักเรียนมากลุ่มละ 1 คน รวม 3 คน ในการดำเนินการทดลองผู้วิจัยได้นำเข้าสู่บทเรียนอธิบายวัตถุประสงค์และบอกวิธีการเรียน แล้วให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนด้วยตนเอง ทำใบกิจกรรมและใบงาน ทั้ง 14 แผนการจัดการเรียนรู้ แล้วให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ผู้วิจัยตรวจแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ใบกิจกรรม ใบงาน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน เพื่อนำข้อมูลไปปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์ และนำไปทดลองกับเด็กนักเรียนกลุ่มตัวอย่างต่อไป

2.9.2 การทดสอบแบบกลุ่ม (1:9) ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้นำแผนการจัดการเรียนรู้ ไปทำการทดลองกับนักเรียนชั้นเดิม คือ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/7 ซึ่งเคยเรียนมาแล้ว โรงเรียนสีชมพูศึกษา สังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดขอนแก่น ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 ที่ไม่ใช่คนเดิม โดยสุ่ม เลือกนักเรียนจากกลุ่มเก่ง 3 คน กลุ่มปานกลาง 3 คน และกลุ่มอ่อน 3 คน รวม 9 คน แล้วให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนด้วยตนเอง ทำใบกิจกรรมและใบงาน ทั้ง 14 แผนการจัดการเรียนรู้ แล้วให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ผู้วิจัยตรวจแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ใบกิจกรรม ใบงาน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน สังเกตและบันทึกข้อบกพร่องเพื่อนำมาปรับปรุงบทเรียนให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น แล้วทำการทดลองใหม่อีกครั้ง

2.9.3 การทดสอบแบบภาคสนาม ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปทดลองสอนกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/7 โรงเรียนสีชมพูศึกษา สังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดขอนแก่น ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวนทั้งสิ้น 30 คน โดยดำเนินการเช่นเดียวกับการทดสอบแบบกลุ่ม (1:9) หลังจากนักเรียนได้เรียน เรียบร้อยแล้ว ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้แจกแบบสอบถามความคิดเห็นเพื่อทดลอง (Try Out) กับนักเรียนกลุ่มนี้ด้วย ผู้วิจัยตรวจแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ใบกิจกรรม ใบงาน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

3.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

3.2 ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบที่ดี วิธีหาค่าอำนาจจำแนก ค่าความเชื่อมั่น ความเที่ยงตรงของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ บุญชม (2560)

3.3 ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากหนังสือการวัดและประเมินผลของมณีญา (2560)

3.4 ศึกษาเนื้อหา ตัวชี้วัดสาระการเรียนรู้เทคโนโลยี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หน่วยการเรียนรู้ 3 เรื่อง AI ใกล้ตัว

3.5 วิเคราะห์เนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ ของบทเรียนที่สร้างขึ้น แล้วสร้างตาราง วิเคราะห์ข้อสอบ

3.6 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 50 ข้อ ต้องการใช้จริง 30 ข้อ เพื่อใช้ในการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียนกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

3.7 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน เพื่อตรวจสอบลักษณะการใช้คำถาม ตัวเลือก ความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์กับพฤติกรรมที่ต้องการวัดความถูกต้องด้านภาษาแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขด้านความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์และพฤติกรรมที่ต้องการวัด รวมถึงการใช้ภาษาทั้งคำถามและตัวเลือกแล้ว โดยหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence : IOC) ของระหว่างข้อสอบแต่ละข้อกับจุดประสงค์การเรียนรู้ของ สมนึก (2562) โดยคัดเลือกข้อสอบที่มีดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ถึง 1.00 แล้วนำแบบทดสอบไปให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาตรวจสอบแก้ไขขอความเห็นชอบอีกครั้ง

3.8 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/6 ที่เคยเรียนหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง AI ใกล้ตัว มาแล้วจำนวน 30 คน

3.9 นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป มีค่าอำนาจจำแนกผลการวิเคราะห์คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.28 - 0.86 วิเคราะห์ข้อสอบที่มีค่าความยากง่าย พบว่า มีค่าความยากง่าย ตั้งแต่ 0.20 - 0.79 โดยคัดเลือกข้อสอบไว้ จำนวน 30 ข้อ

3.10 นำแบบดทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่คัดเลือกไว้จำนวน 30 ข้อ ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/7 ที่เคยเรียนในหน่วยการเรียนรู้ 3 เรื่อง AI ใกล้ตัว มาแล้วจำนวน 30 คน เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ได้ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.96

3.11 จัดพิมพ์แบบทดสอบ และนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

ตอนที่ 3 การวิจัย (Research: R_2) นำไปใช้จริง (Implementation)

ในขั้นนี้เป็นขั้นทดลองใช้รูปแบบกับกลุ่มตัวอย่าง รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิชาของเล่นเชิงกลไกและไฟฟ้าโดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับรูปแบบผังกราฟิก (Graphic Organizer Instructional Model) เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยมีขั้นตอนดังนี้

ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสีชมพูศึกษา องค์การบริหารส่วนจังหวัดขอนแก่น ที่เรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 10 ห้อง จำนวนนักเรียน 334 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/10 โรงเรียนสีชมพูศึกษา องค์การบริหารส่วนจังหวัดขอนแก่น ที่เรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 36 คน ซึ่งได้มาโดยใช้วิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

ตอนที่ 4 การพัฒนา Development: D, (ประเมินพัฒนาและปรับปรุง) (Evaluation:E)

ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพแบบวัดความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิชาของเล่นเชิงกลไกและไฟฟ้าโดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับรูปแบบผังกราฟิก

(Graphic Organizer Instructional Model) เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง AI ใกล้ตัว ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบวัดความพึงพอใจ

2. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบวัดความพึงพอใจ ลักษณะ การเขียนข้อคำถาม การสร้างตัวเลือกและการให้คะแนน

3. ศึกษาเอกสาร วิธีการสร้างแบบวัดความพึงพอใจ แบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) จากหนังสือการวัดและประเมินผลการศึกษาของมณีญา (2560)

4. สร้างแบบวัดความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับรูปแบบผังกราฟิก (Graphic Organizer Instructional Model) เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านบรรยากาศในการเรียนรู้ และด้านประโยชน์ที่ได้รับในการเรียน โดยการกำหนดค่าระดับความพึงพอใจแต่ละช่วงคะแนนและความหมาย จำนวน 20 ข้อ

5. นำแบบวัดความพึงพอใจไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน เพื่อตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา (Content Validity) โดยหาค่าดัชนีความสอดคล้องของแต่ละข้อกับจุดประสงค์ (Index of Item - Objective Congruence:IOC) โดยพิจารณาข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง โดยใช้ IOC สมนึก ภัททิยธนี (2562) เลือกข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ถึง แล้วนำแบบวัดความพึงพอใจไปให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาตรวจสอบแก้ไขขอความเห็นชอบอีกครั้ง

6. นำแบบวัดความพึงพอใจ ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 2/7 ที่เรียนหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง AI ใกล้ตัวมาแล้ว จำนวน 30 คน

7. ปรับปรุงแก้ไขแบบวัดความพึงพอใจ

8. นำแบบวัดความพึงพอใจไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 การวิจัย (Research: R_1) เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ เรื่อง AI ใกล้ตัว วิชาของเล่นเชิงกลไกและไฟฟ้า โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับรูปแบบผังกราฟิก (Graphic Organizer Instructional Model) **(7E GOI Model)** เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (Analysis: A)

1. ผลการศึกษาข้อมูลพื้นฐานจากแหล่งข้อมูลเอกสาร

ผู้วิจัยได้สังเคราะห์เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ เรื่อง AI ใกล้ตัว วิชาของเล่นเชิงกลไกและไฟฟ้า โดยใช้ 7E GOI Model เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียกว่า ซึ่งคำว่า 7E มาจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) คำว่า GOI มาจากรูปแบบผังกราฟิก (Graphic Organizer Instructional Model) และสรุปขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็น 7 ขั้น ดังนี้ 1) ขั้น

ทบทวนและสร้างประสบการณ์ โดยการชี้แจงตัวชี้วัด จุดประสงค์การเรียนรู้ ลักษณะของบทเรียนความรู้ที่คาดหวังให้เกิดแก่ผู้เรียนหรือการทบทวนความรู้เดิม 2) ขั้นการแสวงหาความรู้ใหม่ โดยการแสวงหาความรู้ใหม่จากบทเรียนหรือแหล่งเรียนรู้อื่นๆ 3) ขั้นการศึกษาทำความเข้าใจข้อมูลด้วยรูปแบบผังกราฟิก โดยการศึกษาความรู้ใหม่และเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิม การกระตุ้นให้ผู้เรียนตระหนักถึงความรู้เดิมเพื่อเตรียมสร้างความสัมพันธ์กับสิ่งที่เรียนและการจัดเนื้อหาสาระด้วยแผนภาพ 4) ขั้นการแลกเปลี่ยนความรู้ความเข้าใจกับกลุ่มด้วยผังกราฟิก โดยการนำเสนอปัญหาให้ผู้เรียนใช้แผนภาพเป็นกรอบในการวิเคราะห์และแก้ปัญหา 5) ขั้นการสรุปและการจัดระเบียบความรู้ด้วยผังกราฟิก โดยผู้เรียนรายบุคคลทำความเข้าใจเนื้อหาและฝึกใช้แผนภาพในการสรุปและจัดระเบียบองค์ความรู้ 6) ขั้นการแสดงผลงาน โดยการนำเสนอผลงาน เนื้อหาสาระที่เกิดจากการเรียนรู้ด้วยแผนภาพที่เหมาะกับลักษณะของเนื้อหาความรู้ที่ คาดหวังที่หน้าชั้นเรียน ป้ายนิเทศหน้าชั้นเรียน/ป้ายนิเทศอื่นๆ ในโรงเรียน หรือแหล่งอื่นๆ ตาม ความเหมาะสม เพื่อเผยแพร่ความรู้แก่บุคคลอื่น 7) ขั้นการประยุกต์ใช้ความรู้ โดยการทำความเข้าใจให้กระจ่างชัดด้วยการทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน แบบทดสอบท้ายบทเรียนหรือด้วยการสร้างชิ้นงานที่เกิดจากการเรียนรู้ เช่น รายงาน แผ่นพับ หนังสือเล่มเล็ก โครงงาน ฯลฯ

2. ผลการศึกษาข้อมูลพื้นฐานจากบุคคล

ผลการศึกษาความต้องการจำเป็น (Need Assessment) จากแหล่งข้อมูลบุคคล ประกอบด้วย การสัมภาษณ์บุคคล การสอบถามความคิดเห็นของครูผู้สอนในโรงเรียนสีชมพูศึกษา และการสอบถามความคิดเห็นต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนที่เรียน เรื่อง AI ใกล้ตัว วิชาของเล่นเชิงกลไกและไฟฟ้า ผู้วิจัยได้ ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลให้ผลดังนี้

2.1 สรุปข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้บริหาร หัวหน้าฝ่ายบริหาร และหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้เกี่ยวกับประเด็นสัมภาษณ์ 3 ประเด็น คือ ความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยสำคัญที่ส่งเสริม ให้การจัดการเรียนรู้บรรลุวัตถุประสงค์ การเรียนรู้ตามเป้าหมายของหลักสูตร ความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพปัญหาในการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาความสามารถในการคิด ความคิดเห็นเกี่ยวกับความต้องการในการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาความสามารถในการคิด ความคิดเห็นเกี่ยวกับความต้องการในการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาความสามารถในการคิด ผู้วิจัยได้สรุปข้อมูลจากการสัมภาษณ์ได้ ดังนี้

2.1.1 โรงเรียนต้องจัดทำหลักสูตรสถานศึกษา ให้สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานและตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยครอบคลุมทุกกลุ่มสาระการเรียนรู้และกิจกรรมพัฒนาผู้เรียน หลักสูตรสถานศึกษาต้องมุ่งเน้นเพื่อการพัฒนาผู้เรียน เต็มตามศักยภาพโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ครูผู้สอนจัดการเรียนรู้ โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลายเพื่อพัฒนาผู้เรียนตามศักยภาพ จัดการเรียนรู้ โดยเน้นทักษะกระบวนการคิด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คือ การคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดแบบองค์รวม การคิดเชิงระบบ การคิดขั้นสูงให้แก่ผู้เรียน

2.1.2 ผู้เรียนส่วนใหญ่จะขาดทักษะกระบวนการคิด โดยเฉพาะ การคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดแบบองค์รวม การคิดเชิงระบบ การคิดขั้นสูงเมื่อครูให้ทำแบบฝึกหัดหรือใบงาน กิจกรรม ถ้า

เป็นใบงานที่ให้นักเรียนเขียนแสดงความคิดเห็น หรือเขียนวิเคราะห์ สังเคราะห์ เขียนสรุป องค์ความรู้ ประเมิน หรือเปรียบเทียบให้เหตุผลข้อเสนอแนะต่างๆ นักเรียนจะเขียนข้อความเพื่ออธิบายเหตุผลหรือสรุปประเด็นข้อคิดได้น้อย เพราะนักเรียนขาดทักษะกระบวนการคิด ส่งผลให้คะแนนสอบวัดผลระดับชาติ (O-NET) หรือคะแนนทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในบางกลุ่มสาระการเรียนรู้มีคะแนนไม่ผ่านการประเมินและมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ

2.1.3 ความต้องการในการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาความสามารถในการคิดของผู้เรียน คือ รูปแบบการจัดการเรียนรู้ของครู ขาดรูปแบบการจัดการเรียนรู้ใหม่ๆ ที่ใช้พัฒนาความสามารถในการคิด ครูยังจัดการเรียนรู้แบบเดิมคือเน้นการท่องจำมากกว่าการฝึกคิด ฝึกปฏิบัติ และนักเรียนส่วนใหญ่ไม่ค่อยชอบคิด มีความสามารถในการคิดค่อนข้างน้อย ต้องการให้ครูอธิบายคำตอบ ไม่กระตือรือร้นที่จะคิดหาคำตอบเอง

2.2 ความคิดเห็นของครูผู้สอน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 11 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 โรงเรียนสีชมพูศึกษา ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวม ข้อมูลจากผู้สอน โดยใช้แบบสอบถามเป็นดังนี้

2.2.1 ความคิดเห็นของครูผู้สอนเกี่ยวกับสภาพปัจจุบันส่วนใหญ่ อยู่ในระดับปานกลาง และมีความต้องการ การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ อยู่ในระดับมากทุกรายการ โดยรายการที่ต้องการมากที่สุด คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลายหรือแบบผสมผสาน (ค่าเฉลี่ย 4.45)

2.2.2 ความคิดเห็นของครูผู้สอนเกี่ยวกับสภาพและความต้องการ การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ผู้วิจัยได้สรุปข้อมูลจากการวิเคราะห์ข้อมูลสรุปผลได้ดังนี้

(1) สภาพการจัดการเรียนรู้ของครูผู้สอนในปัจจุบัน อยู่ในระดับปานกลาง

(2) ครูผู้สอนมีความต้องการ การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ อยู่ในระดับมาก

(3) ข้อเสนอแนะการจัดการเรียนรู้ ควรใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลายที่พัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ และสรุปองค์ความรู้ที่ได้จากการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนและเป็นระบบ

2.3 ความคิดเห็นของผู้เรียนเกี่ยวกับสภาพปัจจุบันส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลางทุกรายการ และมีความต้องการการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนา ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ อยู่ในระดับมากทุกรายการ โดยรายการที่ต้องการมากที่สุด คือ ครู ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลายเหมาะสมกับเนื้อหาวิชา (ค่าเฉลี่ย 4.47) โดยผู้เรียนมีความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพและความต้องการการจัดการเรียนรู้ โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ดังนี้

2.3.1 สภาพปัจจุบัน ผู้เรียนได้รับการจัดเรียนรู้ โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้จากครูผู้สอนส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง

2.3.2 ความต้องการ ผู้เรียนต้องการให้ครูผู้สอนจัดการเรียนรู้ โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ อยู่ในระดับมาก

2.3.3 ข้อเสนอแนะ การจัดการเรียนรู้ ครูผู้สอนควรใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลายที่พัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ และสรุปองค์ความรู้ที่ได้จากการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนและเป็นระบบ

ตอนที่ 2 การพัฒนา (Development : D_1) เพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ เรื่อง AI ใกล้ตัว วิชาของเล่นเชิงกลไกและไฟฟ้า โดยใช้ 7E GOI Model เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 (Design and Development : D_1 and D_2)

ผู้วิจัยได้พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ เรื่อง AI ใกล้ตัว วิชาของเล่นเชิงกลไกและไฟฟ้า โดยใช้ 7E GOI Model เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยมีรูปแบบ 7 ขั้นตอน ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับรูปแบบผังกราฟิก

เมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง AI ใกล้ตัว วิชาของเล่นเชิงกลไกและไฟฟ้า โดยใช้ 7E GOI Model เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 แล้วสามารถทำใบกิจกรรมได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 85.76 และทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนได้ผลเฉลี่ยแต่ 84.63 จึงมีประสิทธิภาพเท่ากับ 85.76/84.63 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 80/80 แสดงว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้สามารถนำไปใช้สอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตอนที่ 3 การวิจัย (Research: R_2) เพื่อทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ เรื่อง AI ใกล้ตัว วิชาของเล่นเชิงกลไกและไฟฟ้าโดยใช้ 7E GOI Model เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนการเรียนและหลังการเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยผู้วิจัยนำคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างมาทำการทดสอบสมมติฐานโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปได้ค่า t เท่ากับ 16.110 เมื่อนำค่า t ที่คำนวณได้มาเปรียบเทียบกับค่า t จากตารางที่

ระดับ .01 ค่า t ที่คำนวณได้สูงกว่าค่า t จากตารางแสดงว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

2. ผลการประเมินผลการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ เรื่อง AI ใกล้ตัว วิชาของเล่นเชิงกลไกและไฟฟ้า โดยใช้ 7E GOI Model สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยทดสอบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ดังนี้

2.1 คะแนนทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์เฉลี่ยก่อนเรียนโดยใช้ 7E GOI Model เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เท่ากับ 12.39 คิดเป็นร้อยละ 41.03 จากคะแนนเต็ม ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.96 และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 25.39 คิดเป็นร้อยละ 84.63 ของคะแนนเต็ม ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.36 แสดงให้เห็นว่าคะแนนทดสอบวัดความในการคิดวิเคราะห์โดย 7E GOI Model สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2.2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยผู้วิจัยนำคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างมาทำมาทำการทดสอบสมมติฐาน โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปได้ค่า t เท่ากับ 16.110 เมื่อนำค่า t ที่คำนวณได้มาเปรียบเทียบกับค่า t จากตารางที่ระดับ .01 ค่า t ที่คำนวณได้สูงกว่าค่า t จากตารางแสดงว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2.3 ผลการวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์องค์ประกอบ 4 ด้าน คือ ด้านการกำหนดประเด็นปัญหา มีค่าร้อยละเท่ากับ 85.32 ด้านการวิเคราะห์ปัจจัยย่อยมีค่าร้อยละเท่ากับ 88.19 ด้านการหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยย่อย มีค่าร้อยละเท่ากับ 85.32 และด้านการสังเคราะห์วงจรปัญหา มีค่าร้อยละเท่ากับ 79.86 และค่าร้อยละรวมทั้ง 4 ด้านเท่ากับ 84.63

ตอนที่ 4 การพัฒนา *(*Development: D_2*)* เพื่อประเมินผลการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ เรื่อง AI ใกล้ตัว วิชาของเล่นเชิงกลไกและไฟฟ้า โดยใช้ 7E GOI Model เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 2 พบว่าอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.55, S.D. = 0.67) ในด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านบรรยากาศในการจัดการเรียนรู้ และด้านประโยชน์ที่ได้รับพบว่า ด้านประโยชน์ที่ได้รับ มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.56, S.D. = 0.67*)* รองลงมาคือด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ความพึงพอใจในระดับมากที่สุด *(*$\overline{X}$ = 4.55, S.D. = 0.66*)* และด้านบรรยากาศในการเรียนรู้ มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.54, S.D. = 0.68)

วิจารณ์ผล

จากผลการวิจัย มีประเด็นที่นำมาวิจารณ์ผลการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

1. ศึกษาสภาพและความต้องการในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ เรื่อง AI ใกล้ตัว วิชาของเล่นเชิงกลไกและไฟฟ้า โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับรูปแบบผังกราฟิก (Graphic Organizer Instructional Model) เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการศึกษาสภาพและความต้องการของผู้บริหาร หัวหน้าฝ่ายบริหาร หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้ ครูผู้สอน และ

ผู้เรียน พบว่า ในปัจจุบันมีสภาพการจัดการเรียนรู้ อยู่ในระดับปานกลาง ครูผู้สอนและผู้เรียนมีความต้องการ การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ อยู่ในระดับมาก ในการจัดการเรียนรู้และการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ ครูผู้สอน ควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ใช้เทคนิค วิธีการจัดการเรียนรู้ รูปแบบการจัดการเรียนรู้ การวัดผลประเมินผลที่หลากหลายและเหมาะสมกับเนื้อหาวิชา เพื่อพัฒนาผู้เรียนตามศักยภาพ จัดการเรียนรู้โดยเน้นความสามารถในการคิด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คือ การคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดแบบองค์รวม การคิดขั้นสูง เพราะผู้เรียนส่วนใหญ่ยังขาด ทักษะกระบวนการคิด ครูผู้สอนขาดรูปแบบการจัดการเรียนรู้ใหม่ๆ ที่ใช้พัฒนาความสามารถในการคิด ครูยังจัดการเรียนรู้แบบเดิม คือ เน้นการท่องจำมากกว่าการฝึกคิด ฝึกปฏิบัติ และนักเรียน ส่วนใหญ่ไม่ค่อยชอบคิด มีความสามารถในการคิดค่อนข้างน้อย ข้อเสนอแนะ ในการจัดการเรียนรู้ ควรใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลายหรือแบบผสมผสาน เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์และสรุปองค์ความรู้ที่ได้จากการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนและเป็นระบบ ซึ่งผู้วิ จัยได้สังเคราะห์รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญขึ้นจาก 2 รูปแบบ โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ของทิศนา (2564) และรูปแบบผังกราฟิก (Graphic Organizer Instructional Model) ของสุปรียา (2540) เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนฝึกคิดวิเคราะห์ 4 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นการกำหนดประเด็นปัญหาหรือเรื่องที่ศึกษา 2) การวิเคราะห์ปัจจัยย่อย 3) ขั้นการหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยย่อย และ 4) ขั้นการสังเคราะห์วงจรปัญหา (สิทธินันท์ (2563)) และนำผลที่ได้จากการสังเคราะห์มาใช้ในพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ เรื่อง AI ใกล้ตัว วิชาของเล่นเชิงกลไกและไฟฟ้า โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับรูปแบบผังกราฟิก (Graphic Organizer Instructional Model) เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้ชื่อว่า รูปแบบ 7E จี.โอ.ไอ (7E GOI Model) มีขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 7 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ขั้นทบทวนและสร้างประสบการณ์ 2) ขั้นการแสวงหาความรู้ใหม่ 3) ขั้นการศึกษาทำความเข้าใจข้อมูลด้วยรูปแบบผังกราฟิก 4) ขั้นการแลกเปลี่ยนความรู้ความเข้าใจกับกลุ่มด้วยผังกราฟิก 5) ขั้นการสรุปและการจัดระเบียบความรู้ด้วยผังกราฟิก 6) ขั้นการแสดงผลงาน และ 7) ขั้นการประยุกต์ใช้ความรู้

2. พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ เรื่อง AI ใกล้ตัว วิชาของเล่นเชิงกลไกและไฟฟ้า โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับรูปแบบผังกราฟิก (Graphic Organizer Instructional Model) เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 พบว่ามีประสิทธิภาพจากการทดลองแล้ว มีค่า E_1/ E_2 = 85.76/84.63 โดยสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 80/80 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นได้ผ่านการหาประสิทธิภาพที่ถูกต้องตามกระบวนการทุกขั้นตอนและเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมทุกขั้นตอน จึงทำให้มีประสิทธิภาพเกินเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของนิ่มนภา (2562), วาสนา (2562), จารุวรรณ (2565), มณีรัตน์ (2563) ผลการวิจัยพบว่าประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

3. ทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ เรื่อง AI ใกล้ตัว วิชาของเล่นเชิงกลไกและไฟฟ้า โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับรูปแบบผังกราฟิก (Graphic Organizer Instructional Model) เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ผลทางการเรียนระหว่างก่อนการเรียนและหลังการเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะว่าผู้วิจัยได้นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นไปทดลองใช้กับกลุ่มที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง แล้วนำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้อง สมบูรณ์ แล้วจึงนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วมาทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง รวมถึงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญเป็นรูปแบบที่น่าสนใจ มีขั้นตอนการจัดกิจกรรมกลุ่ม มีเพื่อนร่วมคิด ร่วมศึกษาข้อมูล นักเรียนมีอิสระในการเรียนรู้ ส่งเสริมความสามารถในการคิด ให้แก่ผู้เรียนด้วยการเขียนแผนภาพโครงเรื่อง และผังกราฟิก มีการนำเสนอผลงานกลุ่มหน้าชั้นเรียน ทำให้นักเรียนเรียนรู้อย่างสนุกสนาน และกล้าแสดงออก อยากรู้ อยากเรียน เกิดความสนุกสนาน และมีรางวัลจากครูผู้สอนเป็นอุปกรณ์การเรียน เพื่อกระตุ้นและเสริมแรงบวกให้ผู้เรียนเรียนรู้อย่างมีความสุข ส่งผลให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น สอดคล้องกับดุษฎี (2562), นฤพล (2562), มณีรัตน์ (2563), วิไล (2563) ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ประเมินผลการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ เรื่อง AI ใกล้ตัว วิชาของเล่นเชิงกลไกและไฟฟ้า โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับรูปแบบผังกราฟิก (Graphic Organizer Instructional Model) เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่าความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ เรื่อง AI ใกล้ตัว วิชาของเล่นเชิงกลไกและไฟฟ้า โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับรูปแบบผังกราฟิก (Graphic Organizer Instructional Model) เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 นักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยได้สังเคราะห์จาก 2 รูปแบบเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนทุกคน มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมตามกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 7 ขั้นตอน ทั้งในด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านบรรยากาศในการเรียนรู้และด้านประโยชน์ที่ได้รับ พบว่า ด้านประโยชน์ที่ได้รับ มีความพึงพอใจมากที่สุด รองลงมาคือด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ความพึงพอใจในระดับมากที่สุด และด้านบรรยากาศในการเรียนรู้ มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาในแต่ละด้าน พบว่า ความพึงพอใจของ 3 อันดับแรกในแต่ละด้านคือ ด้านที่ 1 ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ อยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อวิเคราะห์รายข้อพบว่า ลำดับที่ 1 นักเรียนชอบที่ได้ค้นคว้าหาความรู้จากใบความรู้ ใบกิจกรรม แบบฝึกเสริมทักษะ และแหล่งเรียนรู้อื่นๆ ลำดับที่ 2 นักเรียนชอบที่ได้สรุปความรู้ที่เรียนด้วยการเขียนแผนภาพโครงเรื่องและผังกราฟิก และลำดับที่ 3 นักเรียนชอบให้เพื่อน ครู ให้คำแนะนำในส่วนที่ผลงานของตัวเองบกพร่องเพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้น ด้านที่ 2 ด้านบรรยากาศในการเรียนรู้อยู่ใน ระดับมาก เมื่อวิเคราะห์รายข้อพบว่า 3 ลำดับแรกคือ ลำดับที่ 1 นักเรียนชอบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับรูปแบบผังกราฟิก (Graphic Organizer Instructional Model) เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนที่ทำให้นักเรียนมีอิสระในการเรียนรู้ ลำดับที่ 2 นักเรียน

ชอบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับรูปแบบผังกราฟิก (Graphic Organizer Instructional Model) เพราะกิจกรรมการเรียนมีการฝึกและกระตุ้นให้นักเรียนได้เกิดทักษะการคิดวิเคราะห์ และลำดับที่ 3 นักเรียนชอบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับรูปแบบผังกราฟิก (Graphic Organizer Instructional Model) เพราะเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่ทำให้นักเรียนมีโอกาสแลกเปลี่ยนความรู้ความคิดเห็นซึ่งกันและกันกับเพื่อน ด้านที่ 3 ด้านประโยชน์ที่ได้รับ อยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อวิเคราะห์รายข้อพบว่า ลำดับที่ 1 นักเรียนชอบกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 7E จี.โอ.ไอ (7E GOI Model) เพราะทำให้นักเรียนเรียนวิชาของเล่นเชิงกลไกและไฟฟ้าได้เข้าใจยิ่งขึ้น สมารถคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ สรุปข้อมูลองค์ความรู้ที่ได้รับจากบทเรียนได้ดียิ่งขึ้น ลำดับที่ 2 นักเรียนชอบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับรูปแบบผังกราฟิก (Graphic Organizer Instructional Model) เพราะทำให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการทำงานอย่างมีเหตุผลและเป็นระบบ และลำดับที่ 3 นักเรียนชอบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับรูปแบบผังกราฟิก (Graphic Organizer Instructional Model) เพราะทำให้นักเรียนฝึกทักษะการคิด คิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์เป็นระบบ และนำประโยชน์ที่ได้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ นอกจากนี้นักเรียนรู้สึกสนุกที่ได้เรียนรู้กับเพื่อนๆ ในกลุ่ม และพอใจที่ครูมีรางวัลสำหรับนักเรียนที่กล้าแสดงออกเข้าร่วมกิจกรรมและนำเสนอผลงาน สอดคล้องกับธัญพร (2563), อุษา (2563), มณีรัตน์ (2563) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนอยู่ในระดับมากที่สุด

สรุปผล

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

1. ผลการศึกษาสภาพและความต้องการในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ เรื่อง AI ใกล้ตัว วิชาของเล่นเชิงกลไกและไฟฟ้า โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับรูปแบบผังกราฟิก (Graphic Organizer Instructional Model) เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า สภาพและความต้องการในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ในปัจจุบัน อยู่ในระดับปานกลาง และมีความต้องการในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับมาก

2. ผลการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ เรื่อง AI ใกล้ตัว วิชาของเล่นเชิงกลไกและไฟฟ้า โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับรูปแบบผังกราฟิก (Graphic Organizer Instructional Model) เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผู้วิจัยได้สังเคราะห์รูปแบบการจัดการเรียนรู้ เรื่อง AI ใกล้ตัว วิชาของเล่นเชิงกลไกและไฟฟ้าขึ้น โดยใช้ชื่อว่า 7E จี.โอ.ไอ (7E GOI Model) มีขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 7 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ขั้นทบทวนและสร้างประสบการณ์ 2) ขั้นการแสวงหาความรู้ใหม่ 3) ขั้นการศึกษาทำความเข้าใจข้อมูลด้วยรูปแบบผังกราฟิก 4) ขั้นการแลกเปลี่ยนความรู้ความเข้าใจกับกลุ่มด้วยผังกราฟิก 5) ขั้นการสรุปและการจัดระเบียบความรู้ด้วยผังกราฟิก 6) ขั้นการแสดงผลงาน และ 7) ขั้นการประยุกต์ใช้ความรู้ ผลการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้มีคุณภาพและมีประสิทธิภาพ เท่ากับ E_1/E_2 = 85.76/84.63 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ ที่กำหนดไว้คือ 80/80

3. ผลการทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ เรื่อง AI ใกล้ตัว วิชาของเล่นเชิงกลไกและไฟฟ้า โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับรูปแบบผังกราฟิก (Graphic Organizer Instructional Model) เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .01

4. ผลการประเมินการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ เรื่อง AI ใกล้ตัว วิชาของเล่นเชิงกลไกและไฟฟ้า โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับรูปแบบผังกราฟิก (Graphic Organizer Instructional Model) เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับรูปแบบผังกราฟิก (Graphic Organizer Instructional Model) เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยภาพรวม อยู่ในระดับมากที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีเนื่องจากกำลังใจและการสนับสนุนจาก นางพิสมัย สืบเลย ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูเชี่ยวชาญ โรงเรียนสีชมพูศึกษา นายภาณุวิชญ์ สืบเลย นายณัฐภัทร สืบเลย และนายณัฐวรรธน์ สืบเลย บุตรชายทั้งสาม อีกทั้งผู้บริหาร คณะครู นักเรียน นักการภารโรงโรงเรียนสีชมพูศึกษาทุกท่าน และอีกหลายท่านที่ไม่ได้กล่าวนามซึ่งผู้วิจัยขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

คุณค่าและประโยชน์ของการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดามารดา ตลอดทั้งบูรพาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ต่างๆ ตลอดมา

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม. 2566. Depa Teacher Boost Camp หลักสูตรยกระดับความรู้ STEM Coding ด้วย AI สู่การพัฒนาทักษะแห่งอนาคต. มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก

กระทรวงศึกษาธิการ. 2560. ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพมหานคร.

———————. 2553. แนวปฏิบัติการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**.** โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพมหานคร.

จารุวรรณ แผ้วพลสง. 2565. ผลการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิกที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์. บุรีรัมย์.

ณัฐสิทธิ์ เวชกามา. 2564. การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดวิเคราะห์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิกของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.

ดุษฎี เจริญสุข. 2562. ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ที่มีต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบนิเวศ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. การศึกษาค้นคว้าอิสระ ปริญาการศึกษามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยนเรศวร. พิษณุโลก.

ทิศนา แขมมณี. 2564. ศาสตร์การสอน. พิมพ์ครั้งที่ 23. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

ธัญพร สันวิลาศ. 2563. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการพัฒนากระบวนการสำรวจค้นหา ในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 7E. วิทยานิพนธ์ ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยบูรพา. ชลบุรี.

นฤพล ธุระทำ. 2562. ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบ 7E เรื่อง ดินที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวัดนวลจันทร์ กรุงเทพมหานคร. การศึกษาค้นคว้าอิสระ ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. นนทบุรี.

นิ่มนภา หลวงปัน. 2562. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยบูรพา. ชลบุรี.

บุญชม ศรีสะอาด. 2560. การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 10. สุวีริยาสาส์น, กรุงเทพมหานคร

ปิยนาถ ประยูร. 2548. วิธีคิดกระบวนระบบ. โครงการเสริมสร้างการเรียนรู้เพื่อชุมชนเป็นสุข (สรส.), กรุงเทพมหานคร.

มณีญา สุราช. 2560. การวัดและประเมินผลการศึกษา. มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี, อุดรธานี.

มณีรัตน์ กลิ่นตัน. 2563. ผลการใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือดและระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายโดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์. บุรีรัมย์.

มาเรียม นิลพันธ์. 2558. วิธีวิจัยทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 9. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร, กรุงเทพมหานคร.

วิไล ชาปู่. 2563. ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเลาขวัญราษฎร์บำรุง จังหวัดกาญจนบุรี. การศึกษาค้นคว้าอิสระ ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. นนทบุรี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2562ก. หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เทคโนโลยี (การออกแบบและเทคโนโลยี) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง) 2560 ตามหลักสูตร

แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

————————. 2562ข. หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง) 2560 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

สมนึก ภัทธิยธนี. 2562. การวัดผลการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 12. ประสานการพิมพ์, กาฬสินธุ์.

สิทธินันท์ ณ หนองคาย. 2563. การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเพื่อส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนดงมอนวิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 22. วิทยานิพนธ์ ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร. สกลนคร.

สุปรียา ตันสกุล. 2540. ผลของการใช้รูปแบบการสอนแบบการจัดข้อมูลด้วยแผนภาพ ที่มีต่อสัมฤทธิผลทางการเรียนและความสามารถทางการแก้ปัญหา. ดุษฎีนิพนธ์ ปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร.

สุรัชวดี สุภาพ. 2562. การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง ทวีปยุโรป ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคจิ๊กซอว์ 2 (Jigsaw II). วิทยานิพนธ์ ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยบูรพา. ชลบุรี.

อุษา พร้อมประเสริฐ. 2563. การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ สาระภูมิศาสตร์ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา. ปีที่ 2 โรงเรียนเมืองสุราษฎร์ธานี. วิทยานิพนธ์ ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี. สุราษฎร์ธานี.

Bruner, L.S. 1969. The Process of Education. Hayward University Pres. Massachusetts.

Eisenkraft, Arthur. 2003. Expanding the 5E Model. The Science Teacher. 47: 56-59.

Piaget, J. 1964. Six Psychological Studies. Vintage, New York.

ระบบแจ้งซ่อมและบำรุงรักษาคอมพิวเตอร์ กองเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

Computer Repair and Maintenance Management System, Information and Communication Technology Division, Navaminda Kasatriyadhiraj Royal Thai Air Force Academy

สุวัจนีย์ ศรีประทุม[1] และไพรินทร์ มีศรี*[2]

Suwatjanee Sriprathum[1] and Phairin Meesri*[2]

[1,2] สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี 1 หมู่ 20 ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 13180

[1,2] Information Technology Program, Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage 1 M.20, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 13180

*Corresponding author E-mail: phairin@vru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาระบบแจ้งซ่อมและบำรุงรักษาคอมพิวเตอร์ให้มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับการใช้งานขององค์กร 2) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบแจ้งซ่อมและบำรุงรักษาคอมพิวเตอร์ กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการประเมินความพึงพอใจ ได้แก่ บุคลากรของกองเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช จำนวน 25 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย ระบบแจ้งซ่อมและบำรุงรักษาคอมพิวเตอร์ และแบบประเมินความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า 1) ระบบแจ้งซ่อมและบำรุงรักษาคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นใช้กระบวนการพัฒนาระบบตามวัฏจักรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC) โดยระบบสามารถแบ่งการใช้งานออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ ผู้ดูแลระบบ (Administrator) ผู้ใช้งาน (User) เจ้าหน้าที่ซ่อมบำรุง (Technician) และหัวหน้าหน่วยงาน (Manager) ซึ่งแต่ละกลุ่มมีสิทธิ์และหน้าที่การใช้งานที่แตกต่างกันอย่างเหมาะสม ระบบสามารถช่วยลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล เพิ่มความสะดวก รวดเร็ว และความถูกต้องในการแจ้งซ่อม ติดตามสถานะ และการจัดทำรายงาน 2) ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบแจ้งซ่อมและบำรุงรักษาคอมพิวเตอร์ พบว่าโดยภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.42, S.D. = 0.58) แสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งาน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการบริหารจัดการงานซ่อมบำรุงคอมพิวเตอร์ขององค์กรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ : การพัฒนาระบบ, ระบบแจ้งซ่อม, ระบบบำรุงรักษาคอมพิวเตอร์

Abstract

This research aimed to: (1) develop an efficient computer repair and maintenance reporting system that is appropriate for organizational use; and (2) examine user satisfaction with the computer repair and maintenance reporting system. The target group for the satisfaction evaluation comprised 25 personnel from the Information and Communication Technology Division of the Navaminda Kasatriyadhiraj Royal Air Force Academy, selected through purposive sampling. The research instruments included the computer repair and maintenance reporting system and a user satisfaction questionnaire. The statistical methods used for data analysis were the mean and standard deviation. The research findings revealed that: (1) the developed computer repair and maintenance reporting system was designed following the System Development Life Cycle (SDLC) process. The system supports four distinct user roles Administrator, User, Technician, and Manager each with appropriately differentiated access rights and responsibilities. The system effectively reduces data redundancy and enhances convenience, speed, and accuracy in reporting repair requests, tracking repair status, and generating reports. (2) The overall user satisfaction with the computer repair and maintenance reporting system was at a high level ($\bar{x}$= 4.42, S.D. = 0.58), indicating that the developed system successfully meets user requirements and can be effectively applied to the management of computer repair and maintenance operations within the organization.

Keywords : System Development, Repair Reporting System, Computer Maintenance System

บทนำ

ในสภาวการณ์ปัจจุบันที่โลกก้าวเข้าสู่ยุคของการเปลี่ยนแปลงด้านดิจิทัล (Digital Transformation) เทคโนโลยีสารสนเทศได้กลายเป็นกลไกหลักในการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์และการดำเนินงานขององค์กรภาครัฐและสถาบันการศึกษาอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ การบูรณาการระบบสารสนเทศเข้ากับกระบวนการบริหารจัดการและการเรียนการสอน ช่วยให้การไหลเวียนของข้อมูลมีความคล่องตัวและเกิดประสิทธิภาพสูงสุด (สำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล, 2564) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านงานสารบรรณและการจัดการเอกสาร การนำเทคโนโลยีมาใช้ไม่เพียงแต่เพิ่มความรวดเร็วในการจัดเก็บ ประมวลผล และสืบค้นข้อมูล แต่ยังสอดคล้องกับแนวคิดองค์กรไร้กระดาษ (Paperless Organization) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการลดภาระค่าใช้จ่ายด้านทรัพยากรและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาว (ยืน ภู่วรวรรณ, 2562)

โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช ในฐานะสถาบันผลิตนายทหารหลักของกองทัพอากาศ ได้ให้ความสำคัญกับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อรองรับภารกิจการผลิตบุคลากรที่มีทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 โดยมี กองเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ตั้งอยู่ที่ 999 หมู่ 9 อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี เป็นหน่วยงานส่วนกลางที่มีหน้าที่วางแผน อำนวยการ และควบคุมดูแลระบบโครงสร้างพื้นฐานทางเทคโนโลยีทั้งหมด การบริหารงานภายในแบ่งออกเป็น 2 ส่วนงานหลัก ได้แก่ แผนกปฏิบัติการสารสนเทศ ซึ่งรับผิดชอบการบริหารจัดการฐานข้อมูลกลาง การรักษาความปลอดภัยไซเบอร์ (Cybersecurity) เพื่อคุ้มครองข้อมูลของทางราชการ และ แผนกเทคโนโลยีสารสนเทศ ซึ่งมีภารกิจในการจัดการระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต รวมถึงการซ่อมบำรุงรักษาอุปกรณ์คอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่อพ่วง เช่น คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ แล็ปท็อป และเครื่องพิมพ์ เพื่อให้อุปกรณ์ทางเทคโนโลยีอยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน (Availability) อยู่เสมอ

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาระบบแจ้งซ่อมและบำรุงรักษาคอมพิวเตอร์ในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อเป็นเครื่องมือในการปรับปรุงกระบวนการทำงาน (Process Improvement) โดยระบบดังกล่าวจะมุ่งเน้นการจัดเก็บข้อมูลการแจ้งซ่อมแบบดิจิทัล การสร้างระบบติดตามสถานะ การจัดลำดับความสำคัญของงาน และการประมวลผลรายงานสรุปผลการดำเนินงานอัตโนมัติ การพัฒนานี้ไม่เพียงแต่จะสร้างความสะดวกและรวดเร็วให้กับผู้ใช้บริการและเจ้าหน้าที่เทคนิคเท่านั้น แต่ยังเป็นก้าวสำคัญในการยกระดับการบริหารจัดการทรัพยากรของกองเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช ให้มีความแม่นยำ ทันสมัย และสอดรับกับนโยบายกองทัพอากาศดิจิทัล (Digital Air Force) ได้อย่างเป็นรูปธรรม

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) โดยใช้หลักการของวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle : SDLC) เพื่อพัฒนาระบบแจ้งซ่อมและบำรุงรักษาคอมพิวเตอร์ กองเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช และประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังนี้

1) กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ผู้ใช้งานระบบแจ้งซ่อมและบำรุงรักษาคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นบุคลากรของกองเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช จำนวน 25 คน โดยใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

2) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

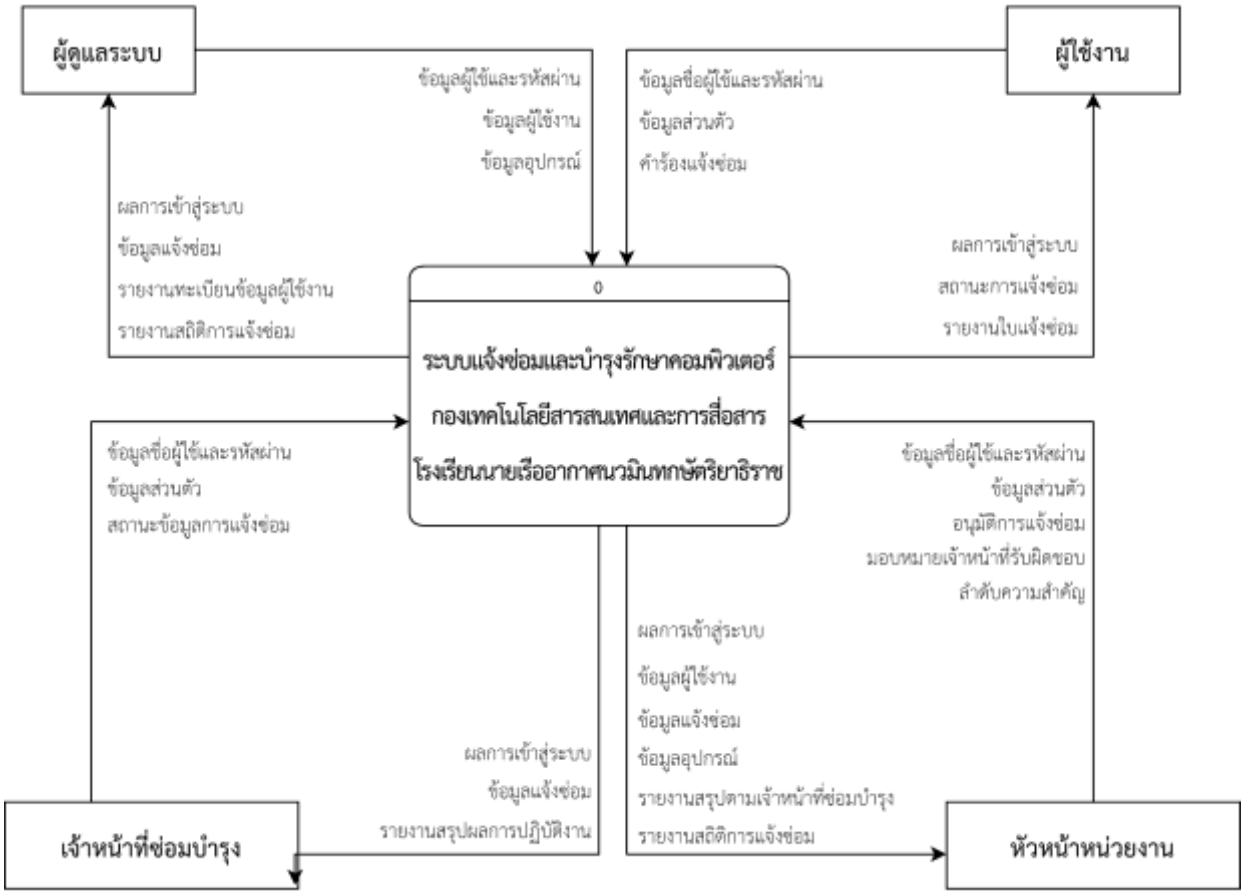
2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ ได้แก่ โปรแกรม Visual Studio Code, ภาษา PHP, MySQL, phpMyAdmin และ Bootstrap

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน เป็นแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบแจ้งซ่อมและบำรุงรักษาคอมพิวเตอร์ จำนวน 14 ข้อ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3) ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

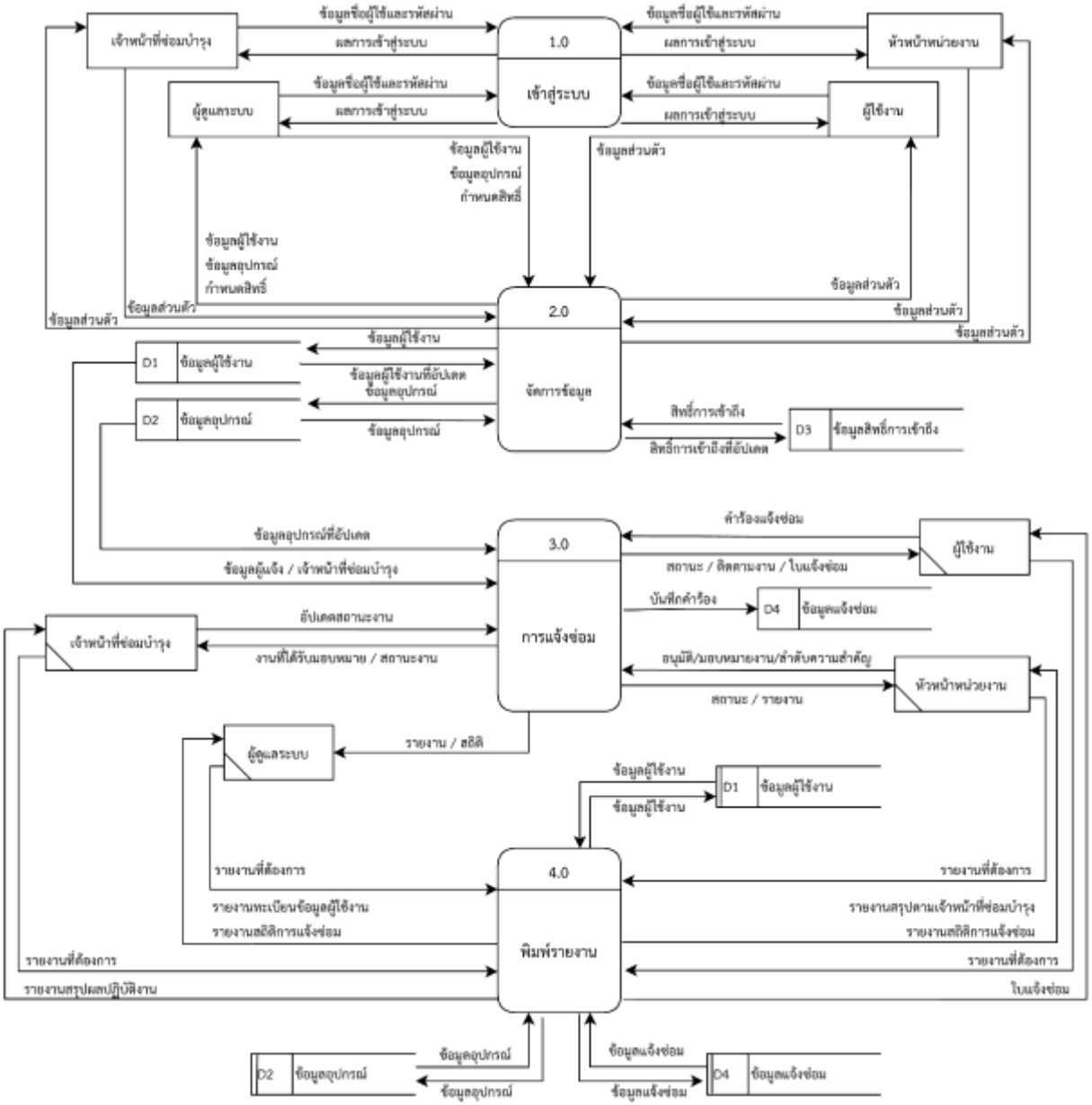
1. ศึกษาและวิเคราะห์ระบบงานเดิม โดยการสังเกตกระบวนการแจ้งซ่อมและบำรุงรักษาคอมพิวเตอร์ ศึกษาเอกสารการจดบันทึกข้อมูลการแจ้งซ่อม และสอบถามข้อมูลจากบุคลากรที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ผู้แจ้งซ่อม เจ้าหน้าที่ซ่อมบำรุง และหัวหน้าหน่วยงาน เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ปัญหาและสรุปความต้องการของระบบ

2. วิเคราะห์และออกแบบระบบ (Analysis and Design) โดยผู้วิจัยได้วางแผนในการพัฒนาระบบระยะเวลา 4 เดือน โดยใช้แผนภาพบริบท (Context Diagram) และแผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram) ช่วยในการออกแบบระบบ และ การออกแบบส่วนนำเข้า (Input Design) การออกแบบส่วนแสดงผล (Output Design) และรวมถึงส่วนติดต่อประสานงานผู้ใช้ (User Interface) ให้เหมาะสมกับผู้ใช้งานแต่ละระดับ ดังภาพที่ 1



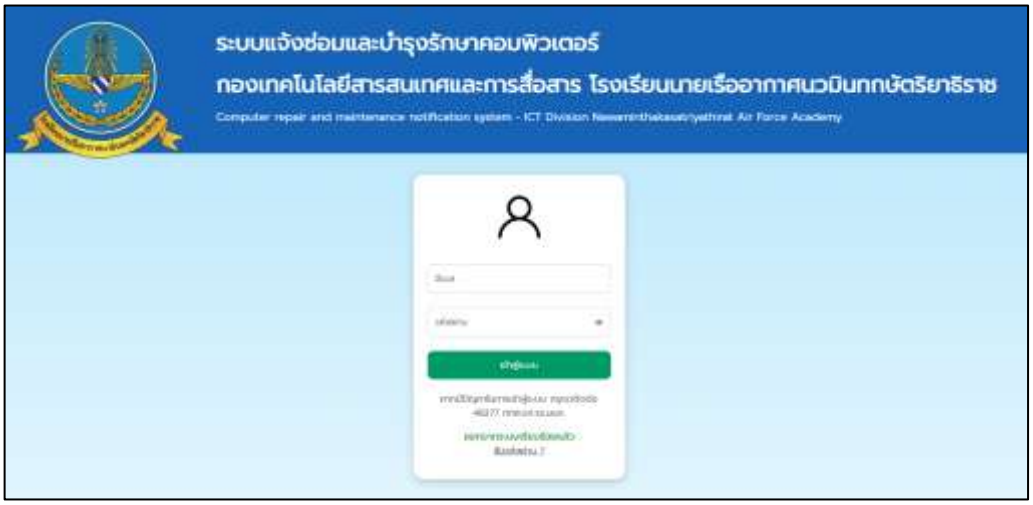
ภาพที่ 1 แผนภาพบริบท (Context Diagram) ของระบบแจ้งซ่อมและบำรุงรักษาคอมพิวเตอร์

จากภาพที่ 1 ระบบแจ้งซ่อมและบำรุงรักษาคอมพิวเตอร์ กองเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช มีผู้เกี่ยวข้องในการใช้ระบบ 4 ส่วน คือ ผู้ดูแลระบบ (Administrator) สามารถกำหนดสิทธิ์และจัดการข้อมูลต่าง ๆ เช่น เพิ่ม แก้ไขข้อมูลผู้ใช้งาน จัดการข้อมูลอุปกรณ์ ข้อมูลการแจ้งซ่อม และพิมพ์รายงานทะเบียนข้อมูลผู้ใช้งาน รายงานสถิติการแจ้งซ่อม สามารถเข้าสู่ระบบ ตรวจสอบสถานะการแจ้งซ่อม และรายงานข้อมูลการซ่อมอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ และช่างซ่อม สามารถเข้าสู่ระบบ และตรวจสอบข้อมูลการแจ้งซ่อม ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram)

3. การพัฒนาระบบ (Development) เป็นขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมบนเว็บเบราว์เซอร์ โดยใช้โปรแกรม MySQL สำหรับการจัดการฐานข้อมูล พัฒนาโดยภาษา PHP ร่วมกับการประยุกต์ใช้การพัฒนาส่วนแสดงผลบูตสแทรพ (Bootstrap Framework) เป็นการพัฒนาส่วนการแสดงผลหน้าจอที่ใช้สื่อสารกับผู้เรียกใช้ระบบ และทำให้ผู้พัฒนาระบบสามารถพัฒนาระบบได้อย่างสะดวก รวดเร็ว โดยมีขั้นตอนการพัฒนาตามฟังก์ชันการทำงาน ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 หน้าจอการ Login เข้าสู่ระบบ

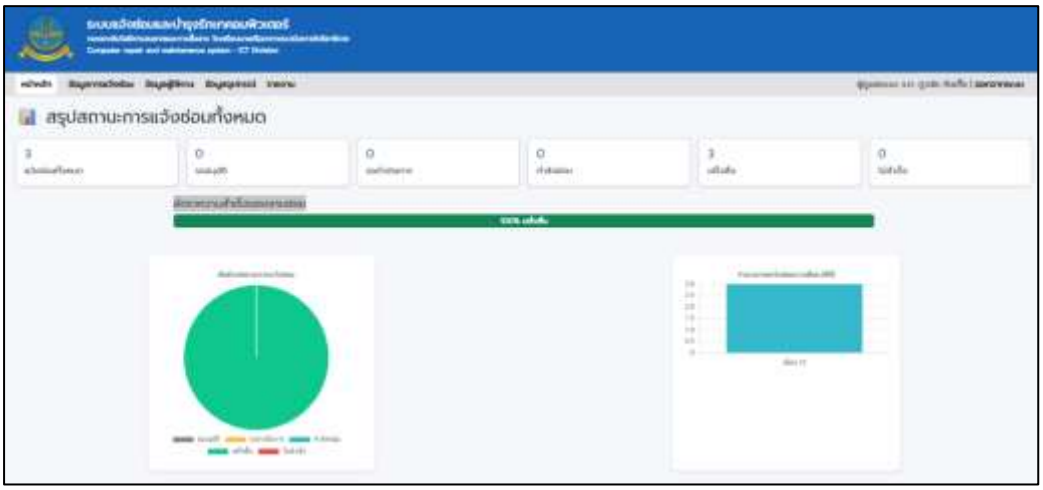
จากภาพที่ 3 หน้าจอการ Login เข้าสู่ระบบ โดยผู้ใช้งานจะต้องกรอกชื่อผู้ใช้ และรหัสผ่าน ให้ถูกต้องและคลิกที่ปุ่มเข้าสู่ระบบ

ส่วนของผู้ดูแลระบบ ประกอบไปเมนูหลักดังนี้ จัดการข้อมูลแจ้งซ่อม ข้อมูลของผู้ใช้งาน ข้อมูลอุปกรณ์และพิมพ์รายงานต่าง ๆ เมื่อผู้ดูแลระบบทำเข้าสู่ระบบ จะมีเมนูสำหรับจัดการข้อมูลต่าง ๆ ดังภาพที่ 4



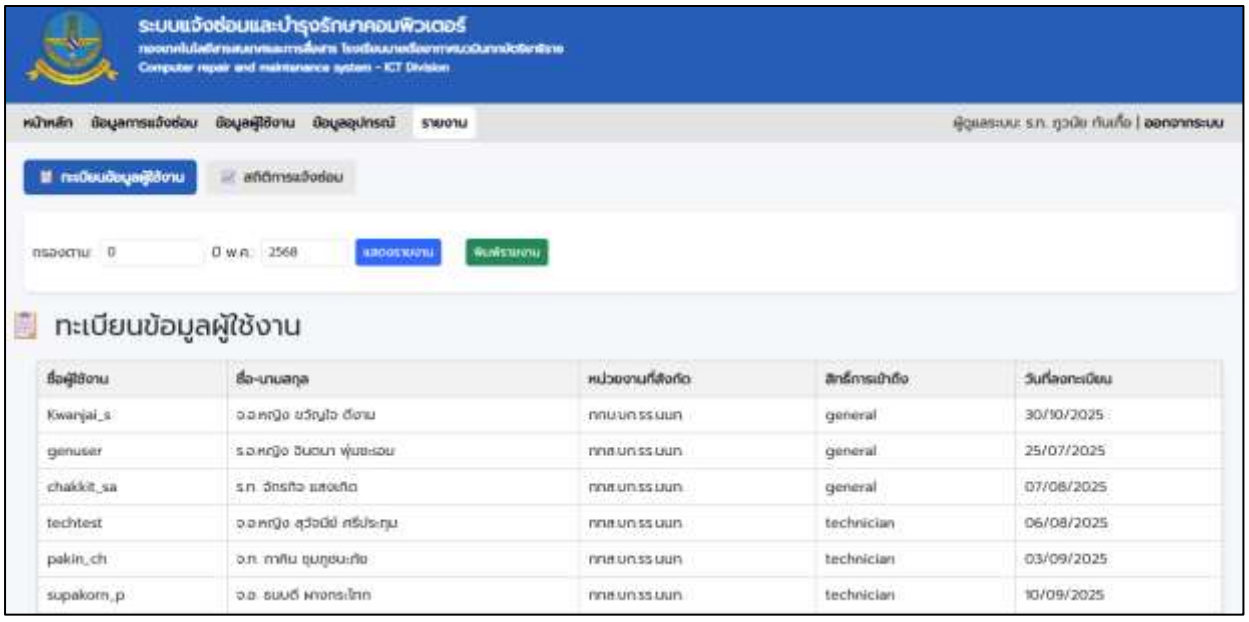
ภาพที่ 4 หน้าแรกของผู้ดูแลระบบ

หน้าแรกของผู้ดูแลระบบ จะแสดงเมนูหลักในการทำงานของผู้ดูแลระบบ ได้แก่ ข้อมูลการแจ้งซ่อม ข้อมูลผู้ใช้งาน ข้อมูลอุปกรณ์ และพิมพ์รายงาน ซึ่งจะแสดงสถานะของผู้ดูแลระบบ ซึ่งจะแสดงสถานะการแจ้งซ่อมทั้งหมด และอัตราความสำเร็จของงานซ่อม เมื่อมีการเข้าสู่ระบบการใช้งาน ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 หน้าแสดงข้อมูลผู้ดูแลระบบ

ผู้ดูแลระบบสามารถจัดการข้อมูลผู้ใช้งานภายในระบบได้ โดยสามารถตรวจสอบข้อมูลผู้ใช้งาน เพิ่มข้อมูลผู้ใช้งานใหม่ ซึ่งประกอบด้วยอีเมล ทอ. รหัสผ่าน สถานะการใช้งาน ข้อมูลส่วนบุคคล หมายเลขโทรศัพท์ ตำแหน่งสังกัด และสิทธิ์การใช้งานของผู้ใช้แต่ละกลุ่มได้ ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 หน้าจอการเลือกรายงานที่ต้องการพิมพ์

ผู้ดูแลระบบสามารถเลือกพิมพ์รายงานทะเบียนข้อมูลผู้ใช้ของระบบ ประกอบด้วย ข้อมูลชื่อผู้ใช้งาน ชื่อนามสกุล ตำแหน่ง เบอร์โทรศัพท์ และวันที่ลงทะเบียนเข้าใช้งานระบบ ดังภาพที่ 7



รายงานทะเบียนข้อมูลผู้ใช้งาน

ลำดับ	ชื่อผู้ใช้งาน	ชื่อ-นามสกุล	ตำแหน่ง	เบอร์โทรศัพท์	วันที่ลงทะเบียน
๑	nakrafa	พล.อ.ท. นครฟ้า นภากาศ	ผบ.ฝอบ.วร.นนก.	[illegible]	๑๗ ธ.ค. ๒๕[illegible] น.
๒	headtest	น.อ. ธุระพงศ์ ทีมอ่อน	พก.กพส.บก.วร.นนก.	[illegible]	๒ ส.ค. ๒๕[illegible] น.
๓	genuser	ร.อ.หญิง จันสนา ทุมรอเอม	นตก.กพส.บก.วร.นนก.	[illegible]	๒๔ ก.ค. ๒๕[illegible] น.
๔	chakkit_sa	ร.ท. จักรกิจ แสงเกิด	นขร.วร.นนก.กพส.บก.วร.นนก.	[illegible]	๗ ส.ค. ๒๕[illegible] น.
๕	admin	ร.ท. ภูวนัย ทีมดี	ผร.นพส.ผพส.กพส.บก.วร.นนก.	[illegible]	๒๓ ก.ค. ๒๕[illegible] น.
๖	supakorn_p	จ.อ. ธนบดี ผาสกรไทก	จนท.ปสพ.ผปอพ.กพส.บก.วร.นนก.	[illegible]	๑๐ ก.ย. ๒๕[illegible] น.
๗	techtest	จ.อ.หญิง สุวิจนีย์ ศรีประพุฒ	จนท.พส.ผพส.กพส.บก.วร.นนก.	[illegible]	๒ ส.ค. ๒๕[illegible] น.
๘	pakin_ch	จ.ท. ภาคิน ชูมงูขนเกลือ	จนท.พส.ผพส.กพส.บก.วร.นนก.	[illegible]	๗ ก.ย. ๒๕[illegible] น.

รวมทั้งสิ้น ๘ คน

ภาพที่ 7 รายงานทะเบียนข้อมูลผู้ใช้งาน

ส่วนของผู้ใช้งาน หรือผู้แจ้งซ่อม สามารถแจ้งซ่อมได้โดยการคลิกเลือกเพิ่มการแจ้งซ่อม และเลือกประเภทอุปกรณ์ ปัญหาที่พบ/หมายเหตุเพิ่มเติม และอัพโหลดไฟล์รูปภาพประกอบ ดังภาพที่ 8 และพิมพ์ใบแจ้งซ่อม ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 8 หน้าจอแบบฟอร์มแจ้งซ่อมอุปกรณ์



ภาพที่ 9 ใบแจ้งซ่อม

ส่วนของหัวหน้าหน่วยงาน เข้าสู่ระบบจะแสดงเมนูหลักในการทำงานของหัวหน้าหน่วยงาน ได้แก่ ข้อมูลการแจ้งซ่อม ข้อมูลผู้ใช้งาน ข้อมูลอุปกรณ์ รายงานและจัดการข้อมูลส่วนตัว ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 หน้าจอรายการแจ้งซ่อมและตรวจสอบยืนยันอนุมัติการแจ้งซ่อม

หัวหน้าหน่วยงาน ตรวจสอบข้อมูลการแจ้งซ่อม และพิจารณาลำดับความสำคัญในการซ่อม โดยมอบหมายเจ้าหน้าที่รับผิดชอบและอนุมัติการแจ้งซ่อม ดังภาพที่ 12



ภาพที่ 11 หน้าเปลี่ยนลำดับความสำคัญ

ส่วนของเจ้าหน้าที่ซ่อมบำรุง เข้าสู่ระบบจะแสดงข้อมูลการแจ้งซ่อมที่ผ่านการอนุมัติแล้วและมีเมนูสำหรับจัดการข้อมูลการซ่อม และพิมพ์รายงาน โดยช่างซ่อมต้องรับเรื่องซ่อม และทำการรายการที่ต้องการดำเนินการ ดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 หน้าจอแสดงแก้ไขสถานการณ์แจ้งซ่อม

เจ้าหน้าที่ซ่อมบำรุงสามารถพิมพ์รายงานสรุปผลการปฏิบัติงานเจ้าหน้าที่ซ่อมบำรุงได้ โดยจะแสดงข้อมูลหัวข้อการประเมินการซ่อมของเจ้าหน้าที่รายบุคคล ได้แก่ ปริมาณงาน อัตราความสำเร็จ ค่าเฉลี่ยเวลาปิดงาน งานค้างซ่อม ความเร็วในการตอบสนองการซ่อม และตารางแสดงรายละเอียดการซ่อม ดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 รายงานสรุปผลการปฏิบัติงานเจ้าหน้าที่ซ่อมบำรุง

4. การทดสอบระบบ เมื่อทำการพัฒนาระบบแจ้งซ่อมและบำรุงรักษาคอมพิวเตอร์เสร็จสมบูรณ์แล้ว ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบระบบ โดยสามารถแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ระดับ ดังนี้

การทดสอบระดับหน่วย (Module/Unit Testing) ในการพัฒนาระบบแจ้งซ่อมและบำรุงรักษาคอมพิวเตอร์ เป็นขั้นตอนการทดสอบการทำงานเพื่อประเมินความถูกต้องของฟังก์ชันการทำงานให้เป็นไปตามข้อกำหนดความต้องการของระบบ (System Requirements Specification: SRS) และแบบจำลองที่ได้ออกแบบไว้ ในการศึกษานี้ ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบโดยใช้เทคนิคการทดสอบแบบกล่องดำ (Black-Box Testing) ซึ่งมุ่งเน้นการตรวจสอบผลลัพธ์ของการทำงาน จากชุดข้อมูลนำเข้า (input cases) โดยไม่พิจารณาโครงสร้างภายในของโปรแกรม การทดสอบครอบคลุมฟังก์ชันหลัก ได้แก่ การเข้าสู่ระบบ การแจ้งซ่อม การอนุมัติและมอบหมายงาน การปรับปรุงสถานะงาน การออกรายงาน

การทดสอบเพื่อการยอมรับ (Acceptance Testing) เป็นขั้นตอนการประเมินระบบโดยผู้ใช้งานจริง (end users) เพื่อพิจารณาความถูกต้อง ความครบถ้วนของฟังก์ชันการทำงาน และความเหมาะสมของระบบต่อบริบทการใช้งานจริงภายในหน่วยงาน ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ดำเนินการทดสอบโดยกลุ่มบุคลากรของกองเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช จำนวน 25 คน ซึ่งเป็นผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับกระบวนการแจ้งซ่อมและบำรุงรักษาคอมพิวเตอร์โดยตรง การทดสอบมุ่งเน้นการประเมินการทำงานของระบบในสถานการณ์การใช้งานจริง ครอบคลุมด้านความถูกต้องของกระบวนการทำงาน ความสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้ (user requirements) ความสะดวกในการใช้งาน และความเหมาะสมต่อขั้นตอนการปฏิบัติงานขององค์กร

5. การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบ การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบแจ้งซ่อมและบำรุงรักษาคอมพิวเตอร์ ใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

(Standard Deviation) โดยใช้แบบสอบถามตามมาตรประมาณค่า 5 ระดับ ตามแบบลิเคิร์ต (Likert's Scale) เพื่อประเมินระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานในด้านต่าง ๆ ของระบบ

เกณฑ์การแปลความหมายเพื่อจัดระดับคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจของผู้ใช้ แบ่งเป็นช่วง และมีเกณฑ์การแปลผล ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อยมาก

ผลการวิจัย

การพัฒนาระบบแจ้งซ่อมและบำรุงรักษาคอมพิวเตอร์ กองเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบแจ้งซ่อมและบำรุงรักษาคอมพิวเตอร์ และประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบที่พัฒนาขึ้น ผลการวิจัยสามารถนำเสนอได้ดังนี้

4.1 ผลการพัฒนาระบบแจ้งซ่อมและบำรุงรักษาคอมพิวเตอร์ ผลการวิจัยพบว่า ระบบแจ้งซ่อมและบำรุงรักษาคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นโดยใช้กระบวนการพัฒนาระบบตามวัฏจักรการพัฒนาระบบ สามารถใช้งานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ระบบช่วยจัดเก็บข้อมูลการแจ้งซ่อมในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์ ลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล และช่วยให้สามารถติดตามสถานะการซ่อมได้อย่างเป็นระบบ ระบบสามารถแบ่งผู้ใช้งานออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ ผู้ดูแลระบบ ผู้ใช้งาน เจ้าหน้าที่ซ่อมบำรุง และหัวหน้าหน่วยงาน โดยแต่ละกลุ่มมีสิทธิ์และหน้าที่การใช้งานที่แตกต่างกันอย่างเหมาะสม ส่งผลให้การบริหารจัดการงานซ่อมบำรุงคอมพิวเตอร์ของหน่วยงานมีความสะดวก รวดเร็ว และถูกต้องมากยิ่งขึ้น

4.2 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบ การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบแจ้งซ่อมและบำรุงรักษาคอมพิวเตอร์ กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ บุคลากรของกองเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช จำนวน 25 คน ใช้แบบสอบถามมาตรประมาณค่า 5 ระดับ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) โดยสามารถนำเสนอผลการวิจัยได้ดังนี้

ตารางที่ 1 ความพึงพอใจด้านความเหมาะสมในการทำงานของระบบ

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		
	$\bar{x}$	S.D.	การแปลผล
ด้านความเหมาะสมการทำงานของระบบ			
1. รูปแบบการนำเสนอเว็บไซต์	4.60	0.50	มากที่สุด
2. ความสวยงามของระบบ	4.32	0.63	มาก

3. ข้อความมีความถูกต้อง	4.36	0.57	มาก
4. ความน่าเชื่อถือของระบบ	4.44	0.51	มาก
5. ความเป็นมาตรฐานเดียวกันในการออกแบบหน้าจอ	4.56	0.51	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	**4.46**	**0.54**	**มาก**

จากตารางที่ 1 พบว่าโดยภาพรวมผู้ใช้งานมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$= 4.46, S.D. = 0.54) แสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมต่อการใช้งานในบริบทของหน่วยงาน และสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า รูปแบบการนำเสนอเว็บไซต์ ($\bar{x}$= 4.60, S.D. = 0.50) และความเป็นมาตรฐานเดียวกันในการออกแบบหน้าจอ ($\bar{x}$= 4.56, S.D. = 0.51) อยู่ในระดับมากที่สุด สะท้อนให้เห็นว่าการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้มีความเป็นระบบ มีความสอดคล้องในโครงสร้างและเอื้อต่อการใช้งานอย่างต่อเนื่อง รองลงมาคือ ความน่าเชื่อถือของระบบ ($\bar{x}$ = 4.44, S.D. = 0.51) และข้อความมีความถูกต้อง ($\bar{x}$ = 4.36, S.D. = 0.57) ซึ่งอยู่ในระดับมาก แสดงว่าระบบสามารถสร้างความเชื่อมั่นแก่ผู้ใช้งานได้ในด้านความถูกต้องของข้อมูลและความเสถียรในการทำงาน

ส่วนรายการที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือ ความสวยงามของระบบ ($\bar{x}$= 4.32, S.D. = 0.63) แม้อยู่ในระดับมาก แต่มีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงกว่ารายการอื่นเล็กน้อย สะท้อนว่าผู้ใช้งานบางส่วนอาจมีมุมมองแตกต่างกันเกี่ยวกับองค์ประกอบด้านการออกแบบเชิงความงาม

ตารางที่ 2 ความพึงพอใจด้านความถูกต้องในการทำงานของระบบ

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		
	$\bar{x}$	S.D.	การแปลผล
ด้านความถูกต้องในการทำงานของระบบ			
1. ความถูกต้องในการเชื่อมโยงหน้าเว็บเพจ	4.36	0.49	มาก
2. ความถูกต้องในการค้นหาข้อมูล	4.32	0.63	มาก
3. ความถูกต้องในการปรับปรุงข้อมูล	4.48	0.51	มาก
4. ความถูกต้องในการประมวลผลข้อมูล	4.48	0.59	มาก
ค่าเฉลี่ย	**4.41**	**0.55**	**มาก**

จากตารางที่ 2 พบว่าโดยภาพรวมผู้ใช้งานมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$= 4.41, S.D. = 0.55) สะท้อนให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถดำเนินการตามฟังก์ชันที่กำหนดได้อย่างถูกต้องและมีความเสถียรในการจัดการข้อมูล เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ความถูกต้องในการปรับปรุงข้อมูล ($\bar{x}$= 4.48, S.D. = 0.51) และความถูกต้องในการประมวลผลข้อมูล ($\bar{x}$= 4.48, S.D. = 0.59) มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากัน แสดงให้เห็นว่าระบบมีประสิทธิภาพในการจัดการฐานข้อมูลและประมวลผลผลลัพธ์ได้อย่างแม่นยำ รองลงมาคือ ความถูกต้องในการเชื่อมโยงหน้าเว็บเพจ ($\bar{x}$= 4.36, S.D. = 0.49) ซึ่งสะท้อนถึงความเหมาะสมของโครงสร้างการเชื่อมโยงข้อมูลภายในระบบ ส่วนรายการที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือ ความถูกต้องในการค้นหาข้อมูล ($\bar{x}$= 4.32, S.D. = 0.63) แม้อยู่

ในระดับมาก แต่มีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงกว่ารายการอื่นเล็กน้อย อาจแสดงถึงความแตกต่างของประสบการณ์การใช้งานในกลุ่มผู้ตอบบางส่วน

ตารางที่ 3 ความพึงพอใจด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		
	$\bar{x}$	S.D.	การแปลผล
ด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน			
1. ขั้นตอนการใช้งานง่ายและสะดวก	4.28	0.61	มาก
2. ความเหมาะสมในการโต้ตอบกับผู้ใช้	4.32	0.56	มาก
3. ความเหมาะสมในการออกแบบ	4.48	0.59	มาก
ค่าเฉลี่ย	**4.36**	**0.59**	**มาก**

จากตารางที่ 3 พบว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานของระบบโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.36, S.D. = 0.59) สะท้อนให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมต่อการใช้งานในบริบทการปฏิบัติงานจริงของหน่วยงาน เมื่อพิจารณารายการประเมินเป็นรายข้อ พบว่า รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ ความเหมาะสมในการออกแบบ ($\bar{x}$ = 4.48, S.D. = 0.59) แสดงให้เห็นว่าการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ (User Interface) มีความชัดเจน เป็นระบบ และเอื้อต่อการปฏิบัติงาน รองลงมาคือ ความเหมาะสมในการโต้ตอบกับผู้ใช้ ($\bar{x}$= 4.32, S.D. = 0.56) และ ขั้นตอนการใช้งานง่ายและสะดวก ($\bar{x}$ = 4.28, S.D. = 0.61) ซึ่งแม้จะมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่ารายการอื่นเล็กน้อย แต่ยังอยู่ในระดับมาก แสดงให้เห็นว่าผู้ใช้งานสามารถเรียนรู้และใช้งานระบบได้โดยไม่เกิดความซับซ้อน

ตารางที่ 4 ความพึงพอใจด้านความรวดเร็วในการทำงานของระบบ

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		
	$\bar{x}$	S.D.	การแปลผล
ด้านความเร็วในการทำงานของระบบ			
1. การแสดงผลรวดเร็ว	4.36	0.81	มาก
2. ความรวดเร็วในการประมวลผล	4.48	0.59	มาก
3. ความเร็วในการบันทึก/แก้ไข/จัดเก็บข้อมูล	4.52	0.51	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	**4.45**	**0.64**	**มาก**

จากตารางที่ 4 พบว่า โดยภาพรวมผู้ใช้งานมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$= 4.45, S.D. = 0.64) สะท้อนให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพในการตอบสนองต่อการใช้งานและสามารถรองรับกระบวนการทำงานได้อย่างรวดเร็ว เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ความเร็วในการบันทึก แก้ไข และจัดเก็บข้อมูล ($\bar{x}$ = 4.52, S.D. = 0.51) มีค่าเฉลี่ยสูงสุดและอยู่ในระดับมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าระบบมีประสิทธิภาพในการจัดการ

ฐานข้อมูลและการประมวลผลธุรกรรม ได้อย่างมีเสถียรภาพ รองลงมาคือ ความรวดเร็วในการประมวลผล ($\bar{x}$ = 4.48, S.D. = 0.59) ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถของระบบในการคำนวณและจัดการข้อมูลภายในได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ส่วนรายการที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือ การแสดงผลรวดเร็ว ($\bar{x}$= 4.36, S.D. = 0.81) แม้อยู่ในระดับมาก แต่มีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงกว่ารายการอื่น แสดงว่าผู้ใช้งานบางส่วนอาจรับรู้ถึงความแตกต่างด้านความเร็วในการแสดงผลในบางช่วงเวลา ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับปัจจัยด้านเครือข่ายหรือภาระการใช้งานของระบบ

จากผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบแจ้งซ่อมและบำรุงรักษาคอมพิวเตอร์ใน 4 ด้าน ได้แก่ ความเหมาะสมในการทำงานของระบบ ความถูกต้องในการทำงานของระบบ ความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน และความเร็วในการทำงานของระบบ พบว่าโดยภาพรวมทุกด้านมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก แสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพและสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างเหมาะสม

วิจารณ์ผล

จากผลการวิจัยพบว่า ระบบแจ้งซ่อมและบำรุงรักษาคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นสามารถแก้ไขข้อจำกัดของกระบวนการแจ้งซ่อมแบบเดิม ซึ่งขาดความเป็นระบบ ไม่สามารถบันทึกข้อมูลอย่างเป็นทางการ และไม่เอื้อต่อการติดตามสถานะการดำเนินงานได้อย่างชัดเจน ทั้งนี้ การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศตามกระบวนการพัฒนาระบบอย่างเป็นขั้นตอน ส่งผลให้การจัดเก็บข้อมูล การค้นคืนข้อมูล การติดตามงาน และสามารถตรวจสอบย้อนหลังได้

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$= 4.42) สะท้อนถึงการยอมรับระบบในเชิงปฏิบัติ (User Acceptance) และแสดงให้เห็นว่าการออกแบบระบบมีความสอดคล้องกับบริบทการทำงานของหน่วยงาน ทั้งในด้านโครงสร้างองค์กรและลักษณะภารกิจ ทั้งนี้ ความพึงพอใจในระดับสูงอาจเกิดจากการกำหนดบทบาทผู้ใช้งานอย่างชัดเจน การลดขั้นตอนการดำเนินงาน และการเพิ่มความโปร่งใสในการติดตามสถานะงาน ผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดการบริหารจัดการงานซ่อมบำรุงด้วยระบบสารสนเทศที่ระบุว่า การพัฒนาระบบออนไลน์สามารถเพิ่มประสิทธิภาพ ลดความผิดพลาดจากการดำเนินงานด้วยเอกสาร และยกระดับความรวดเร็วในการให้บริการ แม้ว่าผลการประเมินจะอยู่ในระดับสูง แต่การศึกษาครั้งนี้มีข้อจำกัดด้านขนาดกลุ่มตัวอย่างและการประเมินผลในระยะสั้น จึงควรมีการติดตามประสิทธิผลของระบบในระยะยาว รวมถึงการประเมินตัวชี้วัดเชิงปริมาณ เช่น ระยะเวลาเฉลี่ยในการปิดงาน หรืออัตราการเกิดข้อผิดพลาดของข้อมูล

สรุปผล

1) การพัฒนาระบบแจ้งซ่อมและบำรุงรักษาคอมพิวเตอร์ กองเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช เป็นการวิจัยและพัฒนาโดยใช้กระบวนการพัฒนาระบบตาม SDLC ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถแบ่งการใช้งานออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ ผู้ดูแลระบบ ผู้ใช้งาน เจ้าหน้าที่ซ่อมบำรุง และ

หัวหน้าหน่วยงาน ซึ่งช่วยให้การจัดการข้อมูล การแจ้งซ่อม การติดตามสถานะ และการออกรายงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

2) ความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบแจ้งซ่อมและบำรุงรักษาคอมพิวเตอร์ กองเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช พบว่าโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.42, S.D. = 0.58) แสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งาน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการบริหารจัดการงานซ่อมบำรุงคอมพิวเตอร์ของหน่วยงานได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ ผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของอนุรักษ์ จักรวรรดิ์, วิโรจน์ ทองจีด และอมฤตา ฤทธิภักดี (2565) ที่ได้พัฒนาระบบบริหารจัดการซ่อมอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ในหน่วยงานกองสื่อสารอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งรายงานว่าระบบสามารถรองรับการแจ้งซ่อมออนไลน์ การจัดการและสืบค้นข้อมูลได้อย่างครบถ้วน และช่วยเพิ่มความสะดวกในการปฏิบัติงานของบุคลากรภาครัฐ นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับการศึกษาของเบญจพร สัธนรักษา เวศ และจีระวรรณ วิสายอน (2561) ที่ได้พัฒนาระบบบริหารจัดการซ่อมอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ในภาคเอกชน ซึ่งพบว่าระบบสามารถสนับสนุนการติดตามสถานะการซ่อม ลดความผิดพลาดจากกระบวนการแจ้งซ่อมแบบเดิม และเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการข้อมูลได้อย่างเป็นระบบ อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของประทีป เทพยศ และอภิรมย์ อังสุรัต (2564) ที่พัฒนาและประเมินระบบแจ้งซ่อมบำรุงครุภัณฑ์ออนไลน์ โดยพบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถสนับสนุนกระบวนการแจ้งซ่อมให้มีความสะดวก รวดเร็ว และถูกต้องมากยิ่งขึ้น ตลอดจนสามารถนำมาใช้ทดแทนระบบงานเดิมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น ผลการวิจัยครั้งนี้สะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพของการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศเพื่อยกระดับประสิทธิภาพการบริหารจัดการงานซ่อมบำรุงในองค์กรทั้งภาครัฐและภาคเอกชน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์และการสนับสนุนจากหลายภาคส่วน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณกองเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช ที่เอื้อเฟื้อข้อมูล สนับสนุนทรัพยากร ตลอดจนเครื่องมือและอุปกรณ์ที่จำเป็นต่อการพัฒนาระบบวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างดียิ่ง

ขอขอบพระคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ที่ให้การสนับสนุนด้านวิชาการ สภาพแวดล้อมทางการเรียนรู้ และสิ่งอำนวยความสะดวกที่เอื้อต่อการดำเนินงานวิจัยจนบรรลุวัตถุประสงค์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณผู้บริหาร คณาจารย์ เจ้าหน้าที่ และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน ที่กรุณาให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ และความร่วมมืออย่างดียิ่ง อันเป็นพลังสำคัญที่ทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จสมบูรณ์ด้วยความเรียบร้อยและมีคุณค่าเชิงวิชาการ

เอกสารอ้างอิง

เบญจพร สัธนรักษาเวศ และจีระวรรณ วิสายอน. (2561). การพัฒนาระบบบริหารจัดการซ่อมอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ กรณีศึกษา บริษัทมิตซูขอนแก่นยนต์ไพบูลย์. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, 1*, 6–11.

ประทีป เทพยศ และอภิรมย์ อังสุรัต. (2564). การพัฒนาและประเมินระบบแจ้งซ่อมบำรุงครุภัณฑ์ออนไลน์ คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. *วารสารการพัฒนางานประจำสู่งานวิจัย, 8*, 1–12.

ยืน ภู่วรวรรณ. (2562). *นวัตกรรมเทคโนโลยีกับการขับเคลื่อนการศึกษายุคดิจิทัล*. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล (องค์การมหาชน). (2564). *แผนพัฒนารัฐบาลดิจิทัลของประเทศไทย พ.ศ. 2563–2565*. https://www.dga.or.th/wp-content/uploads/2021/05/Digital-Government-Development-Plan-of-Thailand-2020-2022.pdf

อนุรักษ์ จักรวรรดิ์, วิโรจน์ ทองจีด และอมฤตา ฤทธิภักดี. (2565). การพัฒนาระบบบริหารจัดการซ่อมอุปกรณ์คอมพิวเตอร์: กรณีศึกษาหน่วยงานกองสื่อสารอิเล็กทรอนิกส์. *วารสารวิทยสารสนเทศและเทคโนโลยี, 3*, 67–80.

โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. (2560). *การวิเคราะห์และออกแบบระบบ* (ฉบับปรับปรุงเพิ่มเติม). ซีเอ็ดยูเคชั่น.

การพัฒนาบทเรียนออนไลน์ วิชาวิทยาการคำนวณ 3 ตามแนวคิด GPAS 5 steps โดยใช้รูปแบบการสอน SHABU Model สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

Online Lesson Development Computational Science 3 for self-learning Based on GPAS 5 steps concept using the SHABU Model for teaching Grade 6 students

อรอุมา ลักษณะทอง*

Onouma Luksanathong*

[1] โรงเรียนนิยมศิลป์อนุสรณ์ 290 ม.13 ต.ท่าโรง อ.วิเชียรบุรี จ.เพชรบูรณ์ 67130

[1] Niyomsilpanusorn School 290 Moo 13, Tha Rong, Wichian Buri, Phetchabun 67130

*Corresponding author E-mail: onouma.koy@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพบทเรียนออนไลน์ วิชาวิทยาการคำนวณ 3 ตามแนวคิด GPAS 5 steps สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนกับหลังเรียน ด้วยบทเรียนออนไลน์ วิชาวิทยาการคำนวณ 3 ตามแนวคิด GPAS 5 steps สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนจากบทเรียนออนไลน์ วิชาวิทยาการคำนวณ 3 ตามแนวคิด GPAS 5 steps สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ เป็นนักเรียนที่กำลังศึกษา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/7โรงเรียนนิยมศิลป์อนุสรณ์ ตำบลท่าโรง อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 หนึ่งห้องเรียน จำนวน 29 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย บทเรียนออนไลน์ วิชาวิทยาการคำนวณ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบสอบถามความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบความแตกต่างของการหาค่าเฉลี่ยโดยใช้สถิติทดสอบที ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลการสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนออนไลน์ วิชาวิทยาการคำนวณ 3 ตามแนวคิด GPAS 5 steps สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีประสิทธิภาพของบทเรียนอยู่ที่ 83.33 / 83.79 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ 80/80 2) ผลเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ด้วยบทเรียนออนไลน์ วิชาวิทยาการคำนวณ 3 ตามแนวคิด GPAS 5 steps สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยบทเรียนออนไลน์ วิชาวิทยาการคำนวณ 3 ตามแนวคิด GPAS 5 steps สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ : บทเรียนออนไลน์, วิทยาการคำนวณ, แนวคิด GPAS 5 Steps, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน, นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

Abstract

The objectives of this research were 1) to create and find effective online lessons. Computing Science 3 for self-learning based on GPAS 5 steps concept for Mathayomsuksa 6 students) to compare learning achievements before and after school. with online lessons Computational Science 3 for self-learning based on the GPAS 5 steps concept for Mathayom 6 students 3) To study the students' satisfaction with learning from online lessons. Computational Science 3 for self-learning based on GPAS 5 steps concept for Mathayom 6 students The sample group used in this study is a student studying Secondary school 6/7 Niyomsil Anusorn School, Tha Rong Subdistrict, Wichian Buri District Phetchabun Province, semester 2, academic year 2020, one classroom, consisting of 29 students, obtained by cluster random sampling, using the classroom as a random unit. Research tools include online lessons. Computational Science 3 Learning Management Plan achievement test satisfaction questionnaire Statistics used in data analysis, mean, standard deviation. and the mean difference test using t-test statistics.

The results of the research were as follows: 1) The results of creating and finding the effectiveness of online lessons. Computational Science 3 for learning by myself according to the GPAS 5 steps concept for students Secondary School Grade 6 had lesson efficiency at 83.33 / 83.79, which was higher than the threshold set at 80/80. 2) Comparative results of learning achievement after school. with online lessons Computational Science 3 for self-learning according to GPAS 5 steps concept for students in grades 6 and above before studying 3) The results of the assessment of students' satisfaction with the online lesson management. Computational Science 3 for self-learning according to the GPAS 5 steps concept for Mathayomsuksa 6 students overall was at a high level.

Keywords : Online Lessons, Computing Science, GPAS 5 Steps concept, Learning Achievement, Mathayomsuksa 6 students

บทนำ

ปัจจุบันแนวโน้มการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตมาใช้ในวงการศึกษากันอย่างกว้างขวาง ในการจัดการเรียนรู้บนเครือข่ายเผยแพร่ความรู้ เนื้อหาบทเรียน หลักสูตร คำอธิบายรายวิชา การวัดและประเมินผลโดยบทเรียนออนไลน์นั้นสามารถปรับเปลี่ยนเนื้อหาให้ทันสมัยอยู่เสมอได้ ทำให้นักเรียนสามารถศึกษาค้นคว้าได้ตลอดเวลา เป็นสื่อที่เร้าความสนใจ นักเรียนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ตามศักยภาพซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชลลดา พงศ์พัฒนโยธิน (2553, บทคัดย่อ) ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาบทเรียนออนไลน์ เรื่อง ห้องสมุดกับการพัฒนาท้องถิ่นเพื่อสร้างกระบวนทัศน์การพัฒนาท้องถิ่นตามบทบาทของห้องสมุดผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของบทเรียนออนไลน์มีมีค่า 80.18/83.77 และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 สอดคล้องกับงานวิจัยของวลีรัตน์ เกิดวิชัย (2552, บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาบทเรียนออนไลน์ เรื่องคอมพิวเตอร์กับเทคโนโลยีสารสนเทศ ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของบทเรียนออนไลน์มีค่า ประสิทธิภาพ 81.43/80.89 และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผู้วิจัยในฐานะครูผู้สอนวิชาวิทยาการคำนวณในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จึงมีความสนใจที่จะพัฒนาการพัฒนาบทเรียนออนไลน์ วิชาวิทยาการคำนวณ 3 ซึ่งเป็นการปรับเปลี่ยนกระบวนการเรียนรู้โดยนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเข้ามาช่วยจัดการกระบวนการเรียนการสอนมากขึ้น จากประสบการณ์พบว่านักเรียนสนใจใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ในการเรียนมากกว่าการฟังบรรยาย จึงคาดหวังว่า การนำบทเรียนออนไลน์มาช่วยเป็นสื่อการจัดการเรียนรู้น่าจะทำให้นักเรียนมีความสนใจที่จะเรียนรู้มากขึ้น ประกอบกับในบทเรียนออนไลน์นักเรียนสามารถเรียนได้ตามความเหมาะสมและมีความหลากหลาย เช่น เรื่องของเวลา สถานที่ การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการ GPAS ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีนี้ นักเรียนจะต้องมีความรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของตนเอง มีการตั้งเป้าหมายและวางแผนการศึกษา ให้เหมาะสมกับความถนัดและความสามารถของตน มีความกระตือรือร้นในการเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ และมีการประเมินความก้าวหน้าของตนเองอย่างสม่ำเสมออีก ผู้วิจัยจึงได้ การพัฒนาบทเรียนออนไลน์ วิชาวิทยาการคำนวณ 3 ตามแนวคิด GPAS 5 steps โดยใช้รูปแบบการสอน SHABU Model สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในการจัดการเรียนรู้เพื่อช่วยให้นักเรียนประสบผลสำเร็จในการเรียนรู้ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพบทเรียนออนไลน์ วิชาวิทยาการคำนวณ **3** ตามแนวคิด **GPAS 5 steps** โดยใช้รูปแบบการสอน **SHABU Model** สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ **6**

2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนกับหลังเรียน ด้วยบทเรียนออนไลน์ วิชาวิทยาการคำนวณ **3** ตามแนวคิด **GPAS 5 steps** โดยใช้รูปแบบการสอน **SHABU Model** โดยใช้รูปแบบการสอน **SHABU Model** สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ **6**

3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนจากบทเรียนออนไลน์ วิชาวิทยาการคำนวณ **3** ตามแนวคิด **GPAS 5 steps** โดยใช้รูปแบบการสอน **SHABU Model** สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ **6**

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เพื่อพัฒนาบทเรียนออนไลน์ วิชาวิทยาการคำนวณ 3 ตามแนวคิด GPAS 5 steps โดยใช้รูปแบบการสอน SHABU Model สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยมีขั้นตอนและมีรายละเอียดของวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากรที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนนิยมศิลป์อนุสรณ์ ตำบลท่าโรง อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 4 ห้องเรียน รวมจำนวนนักเรียนทั้งหมด 131 คน

2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ เป็นนักเรียนที่กำลังศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/7 โรงเรียนนิยมศิลป์อนุสรณ์ ตำบล
ท่าโรง อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 หนึ่งห้องเรียน จำนวน 29 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม

2. แบบแผนการวิจัย

แบบแผนการทดลองกลุ่มเดียวทดสอบก่อนหลัง เขียนเป็นสัญลักษณ์ได้ดังนี้

T_1	X	T_2

T1 แทน ทดสอบก่อนเรียน

X แทน การจัดการเรียนการสอนด้วยบทเรียนออนไลน์

T2 แทน ทดสอบหลังเรียน

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1 บทเรียนออนไลน์ วิชา วิทยาการคำนวณ 3 ตามแนวคิด GPAS 5 steps โดยใช้รูปแบบการสอน SHABU Model สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

3.2 แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยบทเรียนออนไลน์จำนวน 19 แผนการจัดการเรียนรู้ใช้เวลา 19 ครั้ง ครั้งละ 2 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 38 ชั่วโมง

3.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน วิชา วิทยาการคำนวณตามแนวคิด GPAS 5 steps โดยใช้รูปแบบการสอน SHABU Model สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เป็นข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือกจำนวน 40 ข้อ

3.4 แบบสอบถามความพึงพอใจที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนออนไลน์ วิชา วิทยาการคำนวณ 3 ตามแนวคิด GPAS 5 steps โดยใช้รูปแบบการสอน SHABU Model สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 15 ข้อ

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. ชี้แจงวัตถุประสงค์แนะนำขั้นตอนการเรียน ด้วยบทเรียนออนไลน์ วิชา วิทยาการคำนวณ 3 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 และบทบาทของนักเรียนในการเรียนรู้

2. นำแบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) ไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทเรียนออนไลน์ วิชา วิทยาการคำนวณ3 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 40 ข้อ ที่ผู้ศึกษาสร้างขึ้นก่อนเรียน

3. ดำเนินการทดลองโดยการจัดการเรียนรู้ด้วยบทเรียนออนไลน์ วิชาวิทยาการคำนวณ 3 ตามแนวคิด GPAS 5 steps สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งแต่ละบทมีการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

3.1 ทดสอบก่อนเรียน ซึ่งในแต่ละหน่วยจะต้องมีการทดสอบเพื่อจะได้ทราบความสามารถหรือความรู้เดิมของนักเรียน จำนวน 20 ข้อ โดยให้นักเรียนทำก่อนที่จะเรียนเนื้อหา ในหน่วยนั้น ๆ

3.2 นำเข้าสู่บทเรียน เป็นการเตรียมตัวนักเรียนให้มีความพร้อมในการเตรียมตัวที่จะเรียน พร้อมกับเป็นการชี้นำให้นักเรียนได้ทราบจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียนนั้น ๆ

3.3 เสนอเนื้อหาหลักในแต่ละหน่วย โดยนำเสนอเนื้อหาที่น่าสนใจครอบคลุมในเรื่องที่ต้องการสอนให้เข้าใจง่าย เนื้อหามีความกระชับเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเพลิดเพลิน ในการเรียนไม่น่าเบื่อ

3.4 ทำแบบฝึกหัดในบทเรียนออนไลน์เพื่อจะได้ทบทวนในเรื่องที่ได้เรียนมาให้มี ความเข้าใจในเนื้อหาเพิ่มมากขึ้น ประกอบกับเป็นการสร้างลักษณะนิสัยการทบทวนเนื้อหาและ ให้ข้อมูลย้อนกลับทันทีเพื่อเสริมแรงทางบวกต่อการเรียนรู้ของนักเรียนให้ดีขึ้น

3.5 สรุปเนื้อหา เพื่อสรุปถึงประเด็นสำคัญในเรื่องที่เรียนรู้ของบทเรียนนั้น ๆ กับนักเรียนให้มีความชัดเจนมากขึ้น

3.6 ทดสอบหลังเรียน ซึ่งแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนในแต่ละบทใช้ข้อสอบ ชุดเดียวกันแต่สลับข้อ (เรียงข้อใหม่) ทั้งนี้มีการแสดงคะแนนการทดสอบไว้หลังจากการทำแบบทดสอบ

4. นำแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) ไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทเรียนออนไลน์ วิชาวิทยาการคำนวณ 3 ตามแนวคิด GPAS 5 steps สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 40 ข้อ ที่ผู้ศึกษาสร้างขึ้นหลังเรียน

5. นำแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียน บทเรียนออนไลน์ วิชาวิทยาการคำนวณ 3 ตามแนวคิด GPAS 5 steps สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ผู้ศึกษาสร้างขึ้น ให้นักเรียนได้ประเมินความพึงพอใจของนักเรียน

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลผู้ศึกษาได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. หาค่าสถิติพื้นฐาน

2. หาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ด้วยบทเรียนออนไลน์ วิชา วิทยาการคำนวณ 3 ตามแนวคิด GPAS 5 steps สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้สูตร E1 / E2

3. เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน วิชา วิทยาการคำนวณ 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 กับ
ก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยบทเรียนออนไลน์ โดยใช้สถิติ t-test แบบ Dependent

4. หาคะแนนเฉลี่ยแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้เรียนรู้ด้วยบทเรียนออนไลน์ วิชา วิทยาการคำนวณ 3 ตามแนวคิด GPAS 5 steps สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 หาค่าเฉลี่ย คำนวณจากสูตร (พิสณุ ฟองศรี, 2551 : 272)

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{N}$$

เมื่อ $\bar{X}$ = ค่าคะแนนเฉลี่ย

$\sum X$ = ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N = จำนวนนักเรียนในกลุ่ม

1.2 วิเคราะห์ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ซึ่งวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้สูตร ดังนี้
(บุญชม ศรีสะอาด, 2546 : 103)

$$S.D. = \sqrt{\frac{N\sum X^2 - \left(\sum X\right)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ S.D. แทน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

$(\sum X)^2$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

2. สถิติสำหรับการหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ

$$E_1 = \frac{\sum X \times 100}{N \times A}$$

2.1 การหาประสิทธิภาพของบทเรียนออนไลน์ จากสูตร สูตร E_1/E_2

เมื่อ E_1 แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการที่จัดไว้ในบทเรียน

$\sum X$ แทน คะแนนรวมของนักเรียนที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดในแบบฝึกทักษะ

A แทน คะแนนเต็มของกิจกรรมในแบบฝึกทักษะ

N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

$$\mathrm{E}_2 = \frac{\sum Y \times 100}{N \times B}$$

เมื่อ E_2 แทน ประสิทธิภาพของแบบฝึกทักษะในการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของนักเรียน

$\sum Y$ แทน คะแนนรวมของนักเรียนที่ได้จากการทำทดสอบหลัง

เมื่อ B แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

ดังนั้น ค่าประสิทธิภาพของบทเรียนออนไลน์ $= E_1 / E_2$

2.2 การวิเคราะห์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบที่ใช้ในการทดสอบโดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of item Objective Congruence) (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543 : 127) โดยใช้สูตร

$$\text{IOC} = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC หมายถึง ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Congruence)

R หมายถึง ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อข้อคำถาม โดยที่

ค่า 1 คือ สามารถนำไปวัดได้อย่างแน่นอน

ค่า 0 คือ ไม่แน่ใจว่าจะวัดได้

ค่า -1 คือ ไม่สามารถนำไปวัดได้อย่างแน่นอน

$\sum R$ หมายถึง ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิแต่ละคน

N หมายถึง จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจเครื่องมือ

2.3 การวิเคราะห์ความยากง่ายของข้อสอบ (P) ใช้สูตรดังนี้ (สมนึก ภัททิยธนี, 2546 : 221)

$$\mathrm{P} = \frac{R}{N}$$

เมื่อ P แทน ความยากง่ายของข้อสอบ

R แทน จำนวนนักเรียนที่ตอบถูก

N แทน จำนวนนักเรียนที่สอบทั้งหมด

2.4 การวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก(Discrimination) ของข้อสอบในแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ตามวิธีของ Brennan (สมนึก ภัททิยธนี และคณะ, 2548 : 81-82) ดังนี้

$$B = \frac{U}{N_1} - \frac{L}{N_2}$$

เมื่อ B แทน ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

U แทน จำนวนผู้รอบรู้หรือสอบผ่านเกณฑ์ที่ตอบถูก

L แทน จำนวนผู้ไม่รอบรู้หรือสอบไม่ผ่านเกณฑ์ที่ตอบถูก

N_1 แทน จำนวนผู้รอบรู้ หรือสอบผ่านเกณฑ์

N_2 แทน จำนวนผู้ไม่รอบรู้ หรือสอบไม่ผ่านเกณฑ์

2.5 การวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่น โดยค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α - Coefficent) ของครอนบรัค (Conbrach) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543 : 159-160) ดังนี้ หาได้จากสูตร

$$\alpha = \frac{n}{n-1}\left\{1-\frac{\sum S_i^2}{S_t^2}\right\}$$

เมื่อ α แทน ค่าสัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่น

$\sum S_i^2$ แทน ผลรวมของความแปรปรวนของข้อคำถามเป็นรายข้อ

S_t^2 แทน ความแปรปรวนของแบบสอบถามทั้งฉบับ

n แทน จำนวนข้อคำถาม

2.6 ค่าความเชื่อมั่น ค่าความเชื่อมั่น (reliability) ทั้งฉบับของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1}\left\{1-\frac{\sum pq}{S_t^2}\right\}$$

เมื่อ r_{tt} แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

n แทน จำนวนข้อสอบ

p แทน สัดส่วนของผู้ตอบถูกในข้อหนึ่งๆ

q แทน สัดส่วนของผู้ตอบผิดในข้อหนึ่งๆ

3. สถิติวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างการทดสอบก่อนและหลังเรียน

โดยใช้สูตรการทดสอบค่าที กรณีกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระจากกัน (t-test for Dependent Samples)

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n\sum D^2 - \left(\sum D\right)^2}{n-1}}}$$

เมื่อ t แทน ค่าสถิติที่ใช้พิจารณาใน t-distribution

D แทน ความแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่

n แทน จำนวนคู่ของคะแนนหรือจำนวนกลุ่มตัวอย่าง

ผลการวิจัย

จากผลการวิจัยเรื่องการพัฒนาบทเรียนออนไลน์ วิชาวิทยาการคำนวณ 3 ตามแนวคิด *GPAS 5 steps* สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สามารถนำไปสู่การอภิปรายผลได้ ดังนี้

1. ประสิทธิภาพของบทเรียนออนไลน์ วิชาวิทยาการคำนวณ 3 เพื่อการเรียนรู้

ด้วยตนเองตามแนวคิด *GPAS 5 steps* สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีประสิทธิภาพของบทเรียนอยู่ที่ 83.33 / 83.79 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ 80/80 ซึ่งสอดคล้อง สมมติฐาน ข้อที่ 1 ทั้งนี้เนื่องมาจากผู้วิจัยได้พัฒนาตามขั้นตอนอย่างเป็นระบบตั้งแต่ ขั้นการวิเคราะห์จุดประสงค์ การเรียนรู้ ขั้นการวิเคราะห์เนื้อหา แยกออกเป็นหน่วยการเรียนรู้ จำนวน 5 หน่วยการเรียนรู้ โดยพิจารณาจากลักษณะเนื้อหา ขั้นการออกแบบบทเรียน ซึ่งสังเกตพฤติกรรมนักเรียนจึงได้ออกแบบเนื้อหาบทเรียนออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้และออกแบบทดสอบ ให้ตรงตามจุดประสงค์ของบทเรียนและสอดคล้องกับรูปแบบการเรียนการสอนออนไลน์ มีการกำหนดกิจกรรมของการเรียนการสอนไว้เป็นขั้นตอนอย่างชัดเจน ขั้นการพัฒนาบทเรียน เป็นการพัฒนาสื่อการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนได้ศึกษาด้วยตนเองตามความรู้ความสามารถ หรือความสนใจ ได้ทุกที่ ทุกเวลา ดังที่ (จินตวีย์ คล้ายสังข์, 2554, หน้า 27-36 และระวิวรรณ ศรีคร้ามครัน, 2555, หน้า 35-37) ได้กล่าวถึงการออกแบบพัฒนาบทเรียนออนไลน์ซึ่งประกอบไปด้วย 7 ขั้นตอน คือ 1. ขั้นการวิเคราะห์

จุดประสงค์การเรียนรู้ 2. ขั้นการวิเคราะห์เนื้อหา 3. ขั้นการออกแบบบทเรียน 4. ขั้นการพัฒนาบทเรียน 5. ขั้นการนำบทเรียนเข้าสู่ระบบ 6. ขั้นการประเมินประสิทธิภาพ 7. ขั้นการนำไปใช้

ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วลีรัตน์ เกิดวิชัย (2552, บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาบทเรียนออนไลน์ เรื่องคอมพิวเตอร์กับเทคโนโลยีสารสนเทศ ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของบทเรียนออนไลน์มีมีค่า 81.43/80.89 และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05และงานวิจัยของ อุดมลักษ์ อนันต์ (2549, หน้า 97) ซึ่งได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาบทเรียนออนไลน์เอ็ดดูเทนเมนต์โดยใช้แอนิเมชั่น ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนออนไลน์ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 87.58/86.41 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 85/85 นอกจากนั้นยังมีงานวิจัยของกนกวรรณ เฟื่องวิจารณ์ (2549, บทคัดย่อ) ซึ่งได้ทำการวิจัยเรื่อง การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องอินเทอร์เน็ตเบื้องต้น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ระหว่างการ

จัดการเรียนการสอนด้วยบทเรียนออนไลน์ กับการเรียนการสอนแบบปกติ ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของบทเรียนออนไลน์มีค่าเท่ากับ 80.20/87.85 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80

2. ผลเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ด้วยบทเรียนออนไลน์ วิชาวิทยาการคำนวณ 3 ตามแนวคิด *GPAS 5 steps* สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องสมมติฐานข้อที่ 2 ทั้งนี้เนื่องจากบทเรียนออนไลน์ มีความสอดคล้องระหว่างวิธีการจัดการเรียนรู้ของแบบฝึกหัด แบบทดสอบ แบบฝึกกิจกรรม มีรูปภาพที่ดึงดูดกระตุ้นความสนใจของนักเรียน เนื้อหาของบทเรียนมีความถูกต้องชัดเจน สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองจึงไม่จำเป็นต้องเรียนในชั้นเรียน และทบทวนได้ทุกที ทุกเวลา จึงทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย วลีรัตน์ เกิดวิชัย (2552, บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเรื่องการพัฒนาบทเรียนออนไลน์ เรื่องคอมพิวเตอร์กับเทคโนโลยีสารสนเทศ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนออนไลน์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ อุมาพร ต้อยแก้ว (2554, บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการพัฒนาบทเรียนออนไลน์โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานเพื่อพัฒนาทักษะการคิดวิเคราห์วิชาการเขียนโปรแกรมภาษาซี นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัย พบว่า 1) ประสิทธิภาพของบทเรียนออนไลน์โดยใช้ เทคนิคการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานมีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.53/81.50 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อบทเรียนออนไลน์ในระดับมาก

3. ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยบทเรียนออนไลน์ วิชาวิทยาการคำนวณ 3 ตามแนวคิด *GPAS 5 steps* สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณารายข้อเป็นรายด้านพบว่าอยู่ในระดับมาก ซึ่งสอดคล้องกับสมมุติฐานข้อที่ 3 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีทัศนคติที่ดีต่อการเรียนรู้เรียนผ่านสื่อบทเรียนออนไลน์และมีความพึงพอใจในด้านต่างๆ เช่น ท่านเห็นความสำคัญของการนำอินเทอร์เน็ตมาใช้เพื่อการศึกษาเรียนรู้มากขึ้น ซึ่งมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด รองลงมาได้แก่ บทเรียนออนไลน์มีการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกันและบทเรียนออนไลน์สามารถนำไปทบทวนนอกห้องเรียนได้ง่าย ทั้งนี้เนื่องมาจากบทเรียนออนไลน์ได้ตอบสนองต่อผู้เรียนได้ดี มีการแบ่งเนื้อหาเป็นหน่วยการเรียนรู้ย่อยแต่ละหน่วยการเรียนรู้มีเป้าหมายและจุดประสงค์ไว้อย่างชัดเจน มีภาพประกอบที่สอดคล้องกับเนื้อหา เป็นสื่อที่แสดงผลได้ทันทีต่างจากการอ่านหนังสือตำราต่างๆ ซึ่งสามารถแสดงผลและดาวน์โหลดลงเครื่องได้ทันที อีกทั้งยังทบทวนได้ตลอดเวลา ทุกสถานที่ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอุมาพร ต้อยแก้ว (2554, หน้า 89) ได้ศึกษาเรื่องการพัฒนาบทเรียนออนไลน์โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานเพื่อพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ วิชาการเขียนโปรแกรมภาษาซี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อบทเรียนออนไลน์ที่พัฒนาขึ้นอยู่ในระดับมาก ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของเมตตา คงคากูล (2553, บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเรื่องการพัฒนาบทเรียนออนไลน์ เรื่อง ระบบคอมพิวเตอร์ ผลการศึกษาพบว่า ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อบทเรียน อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก และ

ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ อชิรญาณ์เกษสุวรรณ์ (2554, บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเรื่องการพัฒนาบทเรียนออนไลน์ผ่านระบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน รายวิชาโปรแกรมนำเสนอข้อมูล ผลการศึกษาพบว่า ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อบทเรียน อยู่ในระดับมาก

วิจารณ์ผล

จากผลของการศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะอาจเป็นประโยชน์ในการจัดการศึกษา การทำผลงานทางวิชาการ หรือการศึกษางานวิจัยต่อไป ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 เนื่องจากบทเรียนออนไลน์มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อใช้งานผ่านระบบอินเทอร์เน็ต ดังนั้นนักเรียนจึงจำเป็นมีความรู้พื้นฐานด้านระบบอินเทอร์เน็ตคอมพิวเตอร์มาก่อน

1.2 การจัดการเรียนรู้ด้วยบทเรียนออนไลน์ วิชาวิทยาการคำนวณ 3 ตามแนวคิด GPAS 5 steps สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่าเนื้อหาบทเรียน ที่ใช้ในการนำเสนอแก่นักเรียน มีการแบ่งเนื้อหาเป็นหน่วยการเรียนรู้ย่อยแต่ละหน่วยการเรียนรู้มีเป้าหมายและจุดประสงค์ไว้อย่างชัดเจน มีภาพประกอบที่สอดคล้องกับเนื้อหา เป็นสื่อที่แสดงผลได้ทันทีต่างจากการอ่านหนังสือตำราต่างๆ ซึ่งสามารถแสดงผลและดาวน์โหลดลงเครื่องได้ทันทีอีกทั้งยังทบทวนได้ตลอดเวลา ทุกสถานที่

1.3 ผู้สอนควรศึกษาบทเรียนและจัดบรรยากาศในชั้นเรียนให้เอื้อต่อการเรียนรู้ของนักเรียน ส่งเสริมและให้กำลังใจกับนักเรียน และดูแลช่วยเหลือให้คำแนะนำเกี่ยวกับแหล่งค้นคว้าเพิ่มเติม รวมถึงเสริมแรงกับนักเรียนที่เรียนรู้ช้า

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการพัฒนาบทเรียนออนไลน์ในหลากหลายวิชา เพื่อเป็นสื่อการเรียนการสอนในกรณีใช้สอนแทนครูเพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนครู

2.2 ควรมีการพัฒนาบทเรียนออนไลน์หรือมีการบูรณาการ กับกลุ่มสาระการเรียนรู้อื่นๆ

สรุปผล

การวิจัยครั้งนี้สามารถสรุปผลการวิจัย ได้ดังนี้คือ

1. ผลการสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนออนไลน์ วิชาวิทยาการคำนวณ 3 ตามแนวคิด GPAS 5 steps สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีประสิทธิภาพของบทเรียนอยู่ที่ 83.33 / 83.79 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ 80/80

2. ผลเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ด้วยบทเรียนออนไลน์ วิชาวิทยาการคำนวณ 3 ตามแนวคิด GPAS 5 steps สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยบทเรียนออนไลน์ วิชาวิทยาการคำนวณ 3 ตามแนวคิด GPAS 5 steps สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านอย่างสูงยิ่งที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์และสละเวลาตรวจความเที่ยงตรงของเครื่องมือวิจัย รวมทั้งแสดงความคิดเห็นและแก้ไขข้อบกพร่องให้ดีขึ้น ทั้งข้อเสนออันเป็นประโยชน์ในการทำวิจัยเป็นอย่างยิ่ง

อนึ่ง ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้อำนวยการโรงเรียนนิยมศิลป์อนุสรณ์ตลอดจน คณะครู อาจารย์ โรงเรียนนิยมศิลป์อนุสรณ์ ที่ได้ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในเก็บรวบรวมข้อมูลและทดลองเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยสุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอน้อมรำลึกพระคุณบิดา-มารดา บูรพาจารย์ และครอบครัวที่ให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยในการทำรายงานจนสำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

เขมณัฏฐ์ มิ่งศิริธรรม. (2559). การออกแบบสื่อการศึกษาสร้างสรรค์ (Creative education media design). กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จารุวรรณ กาฬภักดี. (2559). การพัฒนาระบบนาทางอัจฉริยะโดยใช้เทคโนโลยีความจริงเสมือนแบบโลเคชันเบสผ่านอุปกรณ์ เคลื่อนที่แบบพกพา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

จำปา วัฒนศิรินทรเทพ. (2550). การพัฒนาแผนการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนแบบโครงงานวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบนิเวศชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพปีที่ 3. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2556). การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน. วารสารศิลปากรศึกษาศาสตร์วิจัย, 5(1), 7-19.

Horton, W. (2012). E-Learning by Design. (2nd ed.). San Francisco: WILEY.

Kaukab, A., & Nayab, I. (2018). Effectiveness of google classroom: Teachers' perceptions. Prizren Social Science Journal, 2(2), 52.

Yang, C. C., Cheng, L. Y., & Yang, C. W. (2007). A study of implementing balanced scorecard (BSC) in non-profit organizations: A case study of private hospital. Human Systems Management, 24, 285-300.

การพัฒนาชุดฝึกเพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และการคิดเชิงคำนวณ รายวิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในงานควบคุมไฟฟ้า หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

Development of a Training Kit to Promote Computer Programming and Computational Thinking Skills in the Computer Programming for Electrical Control Course, Higher Diploma Program B.E. 2567

วชิราวัฒน์ ภีมศิริวัฒนา [1*]

Wachirawat Pheemsiriwattana [1*]

[1]วิทยาลัยเทคนิคอุดรธานี เลขที่ 3 ถ.วัฒนานุวงศ์ ต.หมากแข้ง อ.เมือง จ.อุดรธานี 41000

[1]Udonthani Technical College 3 Watthananuwong Road, Mak Khaeng Subdistrict, Mueang District, Udon Thani 41000

*Corresponding author E-mail: apikh2005@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาและหาประสิทธิภาพของชุดฝึกเพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และการคิดเชิงคำนวณ ตามเกณฑ์ 80/80 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนก่อนและหลังเรียนด้วยชุดฝึก 3) ศึกษาทักษะปฏิบัติและทักษะการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน และ 4) ศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดฝึก กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง จำนวน 16 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ชุดฝึกทักษะที่พัฒนาขึ้นโดยใช้รูปแบบการสอน MIAP (Motivation, Information, Application, Progress) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning) ในขั้นตอนการปฏิบัติ เพื่อบูรณาการทักษะปฏิบัติและการคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking) ให้ผู้เรียนสามารถออกแบบและแก้ไขปัญหาการเขียนโปรแกรมได้อย่างเป็นระบบ นอกจากนี้ยังมีแผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบประเมินทักษะ และแบบสอบถามความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน($S.D.$) และการทดสอบค่าที (t-test Dependent Samples) ผลการวิจัยพบว่า1. คุณภาพของชุดฝึกทักษะตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.58, $S.D.$ = 0.49) และคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$= 4.71, $S.D.$= 0.48) 2. ประสิทธิภาพของชุดฝึกทักษะ (E_1/E_2) มีค่าเท่ากับ 84.44/87.00 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ 3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังเรียน ($\overline{X}$= 43.50) สูงกว่าก่อนเรียน ($\overline{X}$= 17.93) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 4. ทักษะปฏิบัติและทักษะการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน ในภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก ($\overline{X}$ = 19.50, $S.D.$= 1.05) จำแนกเป็นทักษะปฏิบัติอยู่ในระดับ

ดีมาก ($\overline{X}$= 10.75) และทักษะการคิดเชิงคำนวณอยู่ในระดับดีมาก ($\overline{X}$= 8.75) 5. ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกทักษะ ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$= 4.65, S.D. = 0.49)

คำสำคัญ: ชุดฝึกทักษะ, การคิดเชิงคำนวณ, รูปแบบการสอน MIAP, การเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน

Abstract

The aims of this research were 1) to create and assess the efficacy of a training kit designed to enhance computer programming and computational thinking skills according to the 80/80 criterion; 2) to evaluate students' academic performance prior to and following the utilization of the training kit; 3) to examine students' practical abilities and computational thinking skills; and 4) to analyze students' satisfaction with the instructional management employing the training kit. The sample group comprised 16 High Vocational Certificate students in Electrical Power, chosen through purposive sampling. The research tools comprised a training kit created utilizing the MIAP teaching model (Motivation, Information, Application, Progress) in conjunction with Project-Based Learning (PjBL) during the application phase to amalgamate practical skills and Computational Thinking (CT), empowering learners to systematically design and resolve programming challenges. 2) A plan for the lesson; 3) An assessment of how well the students did; 4) A form for evaluating their skills; and 5) A survey to find out how happy they were. The data were analyzed using mean ($\overline{X}$), standard deviation (S.D.), and t-test for dependent samples. The research results were as follows: 1. Experts evaluated the quality of the training kit as exemplary ($\overline{X}$= 4.58, S.D. = 0.49), and the quality of the lesson plans was similarly rated as exemplary ($\overline{X}$= 4.71, S.D.= 0.48). The training kit's efficiency (E1/E2) was 84.44/87.00, surpassing the established requirement of 80/80. The students' post-learning achievement ($\overline{X}$= 43.50) was substantially greater than the pre-learning achievement ($\overline{X}$= 17.93) at the .05 significance level. The pupils exhibited commendable practical skills and computational thinking abilities, with a mean score of 19.50 and a standard deviation of 1.05. Specifically, practical skills were at a very acceptable level ($\overline{X}$= 10.75), and computational thinking skills were at a very acceptable level ($\overline{X}$= 8.75). The students' satisfaction with the learning management utilizing the training kit was predominantly at the highest level ($\overline{X}$= 4.65, S.D.= 0.49).

Keywords: Training Kit, Computational Thinking, MIAP Model, Project-Based Learning, ESP32

บทนำ

การพัฒนาบุคลากรสายอาชีวศึกษาให้มีสมรรถนะสูงเป็นวาระสำคัญของชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งภายใต้บริบทของอุตสาหกรรม 4.0 ที่ต้องการกำลังคนที่มีทักษะในการควบคุมระบบอัตโนมัติ และการเชื่อมต่อทางดิจิทัล (กระทรวงศึกษาธิการ, 2567) หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 จึงได้มุ่งเน้นการพัฒนาคุณภาพผู้สำเร็จการศึกษาให้สอดคล้องกับ กรอบคุณวุฒิอาชีวศึกษาแห่งชาติ และ มาตรฐานคุณวุฒิวิชาชีพ ในกลุ่มอาชีพไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งกำหนดให้ผู้เรียนต้องมีความสามารถในการออกแบบ ติดตั้ง และเขียนโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าในงานอุตสาหกรรมได้ อย่างไรก็ตาม ในการเรียนการสอนรายวิชา การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในงานควบคุมไฟฟ้า (30104-2008) พบว่าปัญหาหลักที่ยังคงเป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียนคือ การจัดการเรียนการสอนที่เน้นการบรรยายและจำกัดอยู่เพียงการสอนไวยากรณ์ของภาษาโปรแกรม ทำให้ผู้เรียนขาด ทักษะการคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking: CT) ในการวิเคราะห์และแตกปัญหาที่ซับซ้อน ออกเป็นขั้นตอนที่ชัดเจน (Wing, 2006) ส่งผลให้เมื่อต้องเผชิญกับโจทย์โครงงานจริง ผู้เรียนมักจะสับสน ไม่สามารถสร้างตรรกะในการควบคุมที่ถูกต้องได้ และไม่บรรลุสมรรถนะตามที่มาตรฐานคุณวุฒิวิชาชีพกำหนดไว้

เพื่อลดช่องว่างระหว่างความรู้เชิงทฤษฎีและการปฏิบัติเชิงระบบ ผู้วิจัยจึงได้พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการบูรณาการหลักการสำคัญเข้าด้วยกัน ได้แก่ 1) ชุดฝึกทักษะ ที่ออกแบบให้ผู้เรียนได้ทดลองกับอุปกรณ์มาตรฐานอุตสาหกรรม เช่น Modbus RTU, RS485 2) รูปแบบการสอน MIAP ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning: PjBL) และ 3) แนวคิดเชิงคำนวณ โดยมีรายละเอียดดังนี้ รูปแบบการสอน MIAP (Motivation, Information, Application, Progress) ซึ่งมีรากฐานมาจากทฤษฎีการเรียนรู้จากประสบการณ์ (ทิศนา แขมมณี (2560) จะช่วยจัดกระบวนการเรียนรู้ให้เป็นระบบ เริ่มจากการกระตุ้นความสนใจไปจนถึงการปฏิบัติและสะท้อนผลอย่างต่อเนื่อง ประการสำคัญคือการใช้การจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน เป็นกลไกหลักในขั้นการประยุกต์ใช้และขั้นการสรุปผล เพื่อให้ผู้เรียนได้ลงมือทำจริง สร้างสรรค์ชิ้นงานที่เป็นรูปธรรม ในหน่วยสุดท้าย ชุดฝึกทักษะถูกออกแบบมาเพื่อเป็นเครื่องมือในการส่งเสริมทักษะพิสัย โดยเน้นการปฏิบัติที่ซับซ้อน และการบูรณาการการคิดเชิงคำนวณ เข้าไปในทุกกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดเชิงนามธรรม และสามารถออกแบบขั้นตอนวิธี ที่ถูกต้องก่อนการเขียนโค้ดเสมอ การผนวกแนวคิดเหล่านี้เข้าด้วยกันจะช่วยให้ผู้เรียนไม่เพียงแต่มีความรู้ในเชิงปฏิบัติเท่านั้น แต่ยังมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นทักษะหลักของสมรรถนะวิชาชีพในศตวรรษที่ 21

จากปัญหาและความจำเป็นดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพของชุดฝึกเพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และการคิดเชิงคำนวณ รายวิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในงานควบคุมไฟฟ้า

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดฝึกเพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และการคิดเชิงคำนวณ รายวิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในงานควบคุมไฟฟ้า ตามเกณฑ์ 80/80
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนก่อนและหลังเรียนด้วยชุดฝึกเพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และการคิดเชิงคำนวณ
3. เพื่อศึกษาทักษะปฏิบัติและทักษะการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกเพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และการคิดเชิงคำนวณ
4. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกเพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และการคิดเชิงคำนวณ

สมมติฐานของการวิจัย

1. ชุดฝึกเพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และการคิดเชิงคำนวณ รายวิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในงานควบคุมไฟฟ้า มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80
2. ผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกเพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และการคิดเชิงคำนวณ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
3. ผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกเพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และการคิดเชิงคำนวณ มีทักษะปฏิบัติและทักษะการคิดเชิงคำนวณ อยู่ในระดับดีขึ้นไป
4. ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกเพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และการคิดเชิงคำนวณ อยู่ในระดับมาก

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาชุดฝึกเพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และการคิดเชิงคำนวณ รายวิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในงานควบคุมไฟฟ้า หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 กำหนดขอบเขตการวิจัย ดังนี้

ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคอุดรธานีที่ ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในงานควบคุมไฟฟ้า ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 3 ห้องเรียน รวมทั้งสิ้น 53 คน

2. กลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคอุดรธานี จำนวน 16 คน ซึ่งได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

ขอบเขตด้านเนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นเนื้อหาตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาไฟฟ้า รหัสวิชา 30104-2008 รายวิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในงานควบคุมไฟฟ้า โดยผู้วิจัยได้จัดทำเป็นชุดฝึกเพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และการคิดเชิงคำนวณและแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 5 หน่วยการเรียนรู้ รวมเวลาเรียน 75 ชั่วโมง ได้แก่

หน่วยที่ 1: สถาปัตยกรรมและองค์ประกอบของระบบคอมพิวเตอร์

หน่วยที่ 2: การปฏิสัมพันธ์ระหว่างฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์

หน่วยที่ 3: การเขียนโปรแกรมเบื้องต้น

หน่วยที่ 4: การประยุกต์ใช้โปรแกรมในงานควบคุมไฟฟ้า

หน่วยที่ 5: โครงงานประยุกต์ด้านการควบคุมไฟฟ้า

ขอบเขตด้านตัวแปร

1 ตัวแปรต้น ได้แก่ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดฝึกเพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และการคิดเชิงคำนวณ ด้วยรูปแบบการสอน MIAP ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน ในขั้นตอนการปฏิบัติบูรณาการทักษะปฏิบัติและการคิดเชิงคำนวณ

2 ตัวแปรตาม ได้แก่

1. ประสิทธิภาพของชุดฝึก (E1/E2)
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
3. ทักษะปฏิบัติและทักษะการคิดเชิงคำนวณ
4. ความพึงพอใจของผู้เรียน

ขอบเขตด้านเวลา

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัยคือภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 รวมระยะเวลาการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล จำนวน 75 ชั่วโมง

นิยามศัพท์เฉพาะ

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดนิยามศัพท์เฉพาะไว้ดังนี้

1. ชุดฝึก หมายถึง สื่อการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนในรายวิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในงานควบคุมไฟฟ้า (30104-2008) ประกอบด้วย บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (ESP32), อุปกรณ์อินพุต-เอาต์พุตทางไฟฟ้า, คู่มือการใช้งาน, ใบความรู้ และใบงานปฏิบัติ ครอบคลุมเนื้อหา 5 หน่วยการเรียนรู้ ได้แก่ 1) สถาปัตยกรรมและองค์ประกอบของระบบคอมพิวเตอร์ 2) การปฏิสัมพันธ์ระหว่าง

ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ 3) การเขียนโปรแกรมเบื้องต้น 4) การประยุกต์ใช้โปรแกรมกับงานควบคุมไฟฟ้า และ 5) โครงงานประยุกต์ด้านการควบคุมไฟฟ้า

2. การจัดการเรียนรู้แบบ MIAP หมายถึง กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นสมรรถนะอาชีวศึกษา ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก ที่ผู้วิจัยนำมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับชุดฝึก ได้แก่

2.1 ขั้นสนใจปัญหา (Motivation - M) หมายถึง การกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนด้วยสถานการณ์ปัญหาหรือตัวอย่างงานจริง

2.2 ขั้นศึกษาข้อมูล (Information - I) หมายถึง การให้เนื้อหาความรู้ ทฤษฎี และหลักการเขียนโปรแกรมผ่านใบความรู้และสื่อสาธิต

2.3 ขั้นพยายามหรือขั้นปฏิบัติ (Application - A) หมายถึง การให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติฝึกทักษะด้วยตนเองผ่านใบงานและโครงงาน (Project-Based)

2.4 ขั้นสำเร็จผล (Progress - P) หมายถึง การตรวจสอบผลงาน การวัดประเมินผล และการสรุปองค์ความรู้

3. การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning: PjBL) หมายถึง วิธีการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยบูรณาการไว้ในขั้นปฏิบัติ ของรูปแบบ MIAP โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้นำความรู้เรื่องการเขียนโปรแกรมและการควบคุมไฟฟ้ามาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาหรือสร้างชิ้นงานจริงเป็นทีมเพื่อส่งเสริมทักษะการทำงานร่วมกันและความคิดสร้างสรรค์

4. การคิดเชิงคำนวณ หมายถึง กระบวนการคิดวิเคราะห์เพื่อแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบที่ผู้วิจัยมุ่งเน้นพัฒนาให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนในขณะฝึกปฏิบัติการเขียนโปรแกรม ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การแตกปัญหาใหญ่เป็นปัญหาย่อย (Decomposition) 2) การจดจำรูปแบบ (Pattern Recognition) 3) การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) และ 4) การออกแบบอัลกอริทึม (Algorithm Design) วัดได้จากแบบประเมินทักษะที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

5. ประสิทธิภาพของชุดฝึก (E_1/E_2) หมายถึง คุณภาพของชุดฝึกทักษะตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80

E_1 (ประสิทธิภาพของกระบวนการ) หมายถึง คะแนนเฉลี่ยร้อยละของผู้เรียนที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดและใบงานปฏิบัติระหว่างเรียน

E_2 (ประสิทธิภาพของผลลัพธ์) หมายถึง คะแนนเฉลี่ยร้อยละของผู้เรียนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน

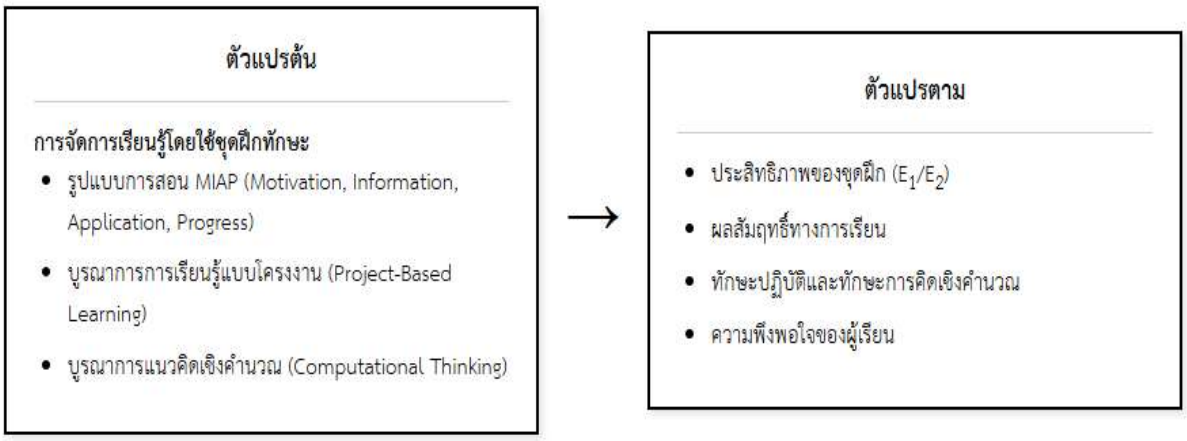
6. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้ความสามารถของผู้เรียนในรายวิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในงานควบคุมไฟฟ้า ซึ่งวัดได้จากคะแนนการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ

7. ทักษะปฏิบัติ หมายถึง ความสามารถในการเลือกใช้อุปกรณ์ การต่อวงจรไฟฟ้า การเขียนโปรแกรมควบคุม และการทดสอบระบบการทำงานที่ถูกต้องและปลอดภัย วัดได้จากแบบประเมินทักษะปฏิบัติโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริคส์

8. ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกชอบ พอใจ หรือประทับใจของผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดฝึกทักษะ ครอบคลุมด้านเนื้อหา ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านสื่ออุปกรณ์ ด้านการวัดผล และด้านประโยชน์ที่ได้รับ วัดได้จากแบบสอบถามความพึงพอใจชนิดมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ

9. ผู้เรียน หมายถึง นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคอุดรธานี ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในงานควบคุมไฟฟ้า ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดการวิจัย โดยมุ่งเน้นการพัฒนาทักษะของผู้เรียนผ่านนวัตกรรมทางการศึกษา ซึ่งมีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตาม ดังนี้

1. ตัวแปรต้น คือการจัดการเรียนรู้โดยใช้ ชุดฝึกเพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และการคิดเชิงคำนวณ รายวิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในงานควบคุมไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ คือ

1. สื่อการเรียนรู้: ชุดฝึกทักษะที่ใช้อุปกรณ์ควบคุมสมองกลฝังตัว (ESP32)
2. กระบวนการสอน: รูปแบบการสอนแบบ MIAP
3. เทคนิคการบูรณาการ: การเรียนรู้แบบโครงงานร่วมกับแนวคิดเชิงคำนวณ

2. ตัวแปรตาม คือผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน ประกอบด้วย

1. ประสิทธิภาพของชุดฝึก (E1/E2)
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ก่อนเรียนและหลังเรียน)
3. ทักษะปฏิบัติและทักษะการคิดเชิงคำนวณ
4. ความพึงพอใจของผู้เรียน

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดฝึกเพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และการคิดเชิงคำนวณรายวิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในงานควบคุมไฟฟ้า หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 เป็นการวิจัยและพัฒนาซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัยเพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1 รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการโดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) โดยมุ่งเน้นการสร้างและพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษา คือ ชุดฝึกเพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และการคิดเชิงคำนวณ เพื่อนำมาแก้ปัญหาและพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน

สำหรับการดำเนินการทดลองเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยได้ใช้แบบแผนการทดลองแบบ กลุ่มเดียวทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (One-Group Pretest-Posttest Design) ซึ่งมีลักษณะดังภาพที่ 2

การทดสอบก่อนเรียน (Pre-test)	การทดลอง (Treatment)	การทดสอบหลังเรียน (Post-test)
O_1	X	O_2

ภาพที่ 2 แบบแผนการทดลองแบบ One-Group Pretest-Posttest Design

กำหนดให้

O_1 แทน การทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน (Pre-test)

X แทน การจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดฝึกเพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และการคิดเชิงคำนวณ

O_2 แทน การทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน (Post-test)

2.ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

2.1 ประชากร ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคอุดรธานี ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในงานควบคุมไฟฟ้า (รหัสวิชา 30104-2008) ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 3 ห้องเรียน รวมทั้งสิ้น 53 คน

2.2 กลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคอุดรธานี ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาดังกล่าว ในภาคเรียนที่ 2 ปี

การศึกษา 2568 จำนวน 16 คน ซึ่งได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เนื่องจากเป็นกลุ่มผู้เรียนที่ผู้วิจัยได้รับมอบหมายให้ปฏิบัติหน้าที่การสอนโดยตรง

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เพื่อให้การดำเนินการวิจัยเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและครอบคลุมตัวแปรที่ศึกษา ผู้วิจัยได้สร้างและพัฒนาเครื่องมือสำหรับการวิจัย แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

3.1. เครื่องมือด้านนวัตกรรมและสื่อการสอน ได้แก่ ชุดฝึกเพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งใช้บอร์ดควบคุมสมองกลฝังตัวและอุปกรณ์อินพุต-เอาต์พุตทางไฟฟ้า จำนวน 5 หน่วยการเรียนรู้ พร้อมด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการสอน MIAP บูรณาการการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานและแนวคิดเชิงคำนวณ รวม 75 ชั่วโมง

3.2. เครื่องมือด้านการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก หน่วยละ 10 ข้อรวมทั้งสิ้นจำนวน 50 ข้อ ครอบคลุมเนื้อหาทั้ง 5 หน่วยการเรียนรู้

3.3. เครื่องมือด้านการประเมินทักษะและความพึงพอใจ ได้แก่ แบบประเมินทักษะปฏิบัติและทักษะการคิดเชิงคำนวณชนิดรูบริคส์ และแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนชนิดมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ

4.การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือแต่ละชนิด ตามขั้นตอนดังนี้

4.1 การสร้างชุดฝึกทักษะและแผนการจัดการเรียนรู้

1) ศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 คำอธิบายรายวิชา และจุดประสงค์รายวิชา เพื่อวิเคราะห์เนื้อหาและกำหนดผลลัพธ์การเรียนรู้

2) ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการสอน MIAP, การเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน และแนวคิดเชิงคำนวณเพื่อนำมาเป็นแนวทางในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้

3) ดำเนินการสร้างชุดฝึกทักษะและเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ให้ครบทั้ง 5 หน่วยการเรียนรู้

4) นำชุดฝึกทักษะและแผนการจัดการเรียนรู้เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมโดยใช้แบบประเมินคุณภาพ

5) นำผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$) และปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

6) นำไปทดลองใช้กับกลุ่มที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดฝึก (E_1/E_2) ตามเกณฑ์ 80/80

4.2.การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1) วิเคราะห์จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมและเนื้อหา เพื่อจัดทำตารางวิเคราะห์ข้อสอบ

2) สร้างแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก หน่วยการเรียนละ 30 ข้อ แบ่งเป็นแบบทดสอบก่อนเรียน 15 ข้อและแบบทดสอบหลังเรียน 15 ข้อ(ต้องการใช้จริงหน่วยละ 10 ข้อ)

3) นำแบบทดสอบเสนอผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) คัดเลือกเฉพาะข้อที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป

4) นำแบบทดสอบไปทดลองสอบกับนักศึกษาที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อวิเคราะห์รายข้อหาค่าความยากง่าย (p) ให้อยู่ระหว่าง 0.20 - 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป

5) วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับโดยใช้สูตร KR-20 หรือสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์ด้วยตนเองกับกลุ่มตัวอย่าง ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 โดยมีลำดับขั้นตอนที่เป็นระบบตามแบบแผนการวิจัยที่กำหนดไว้ ดังนี้

1) **ขั้นเตรียมการ** ผู้วิจัยได้ชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการจัดการเรียนรู้ รวมถึงเกณฑ์การวัดและประเมินผลให้กลุ่มตัวอย่างทราบอย่างชัดเจน จากนั้นจึงดำเนินการทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2)**ขั้นดำเนินการสอน** ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ชุดฝึกทักษะ ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ตลอดระยะเวลา 15 สัปดาห์ จำนวน 75 ชั่วโมงซึ่งในระหว่างการเรียนการสอนนั้น ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมคะแนนจากการปฏิบัติใบงาน แบบฝึกหัด และการประเมินทักษะอย่างต่อเนื่อง และเมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้จึงเข้าสู่ขั้นหลังการสอน

3)**ขั้นหลังการสอน** ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบหลังเรียน (Post-test) ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเมื่อสิ้นสุดการสอนครบทุกหน่วยการเรียนรู้ผู้เรียนได้ตอบแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนสุดท้าย หลังจากนั้นผู้วิจัยได้วิเคราะห์ประสิทธิภาพ (E1/E2) โดยนำคะแนนทั้งหมดที่เก็บรวบรวมได้ในขั้นดำเนินการสอน (คะแนนระหว่างเรียน) มาคำนวณหาค่าประสิทธิภาพด้านกระบวนการ (E1) และนำคะแนนจากแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) มาคำนวณหาค่าประสิทธิภาพด้านผลลัพธ์ (E2) เพื่อสรุปและตรวจสอบว่าชุดฝึกทักษะมีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้หรือไม่ ก่อนที่จะนำไปสู่การวิเคราะห์ผลในเชิงสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐานการวิจัยต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

เมื่อได้ข้อมูลจากการเก็บรวบรวมแล้ว ผู้วิจัยได้นำข้อมูลมาตรวจสอบความสมบูรณ์และวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติ ดังนี้

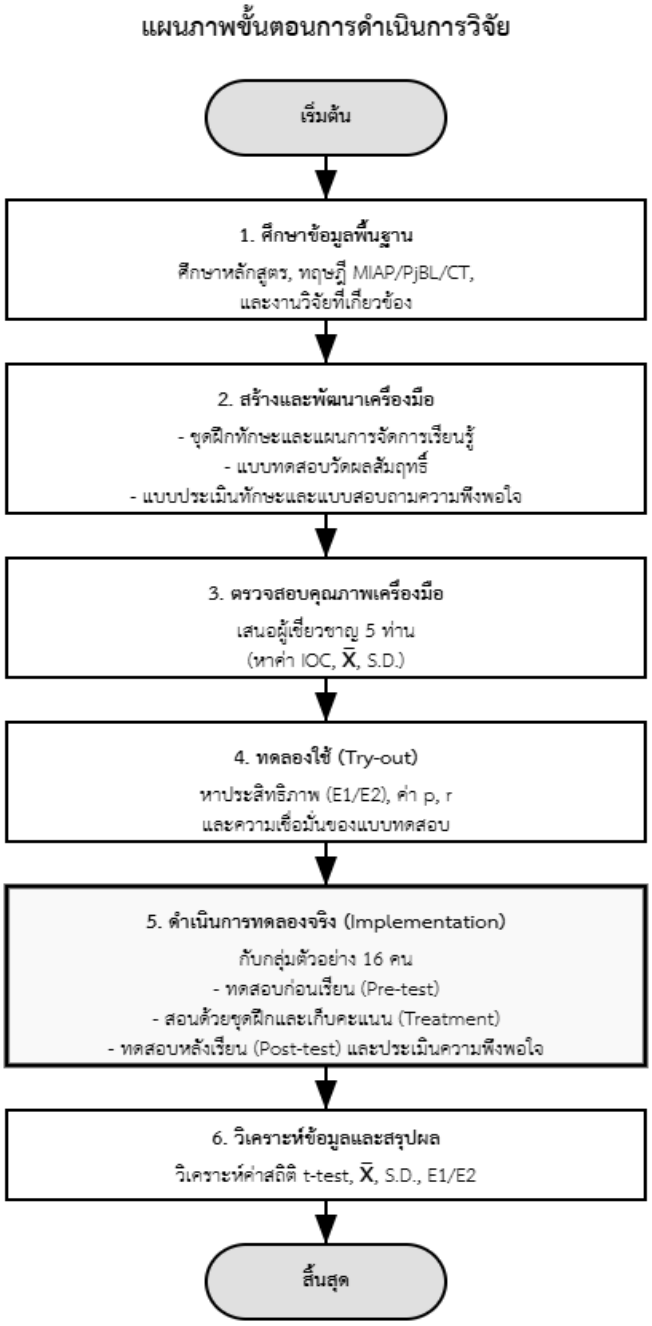
1) การวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือ: หาค่าความเที่ยงตรง (IOC), ค่าความยากง่าย (p), ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น

2) การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดฝึก: หาค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) โดยใช้สูตร E_1/E_2

3) การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน: เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติ t-test แบบ Dependent Samples เพื่อทดสอบสมมติฐานทางสถิติ

4) การวิเคราะห์ทักษะปฏิบัติ ทักษะการคิดเชิงคำนวณ และความพึงพอใจ: วิเคราะห์โดยการหา

ค่าเฉลี่ย (Mean: $\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S. D.) แล้วนำไปเทียบกับเกณฑ์การแปลความหมายที่กำหนดไว้



ภาพที่3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาชุดฝึกเพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และการคิดเชิงคำนวณรายวิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในงานควบคุมไฟฟ้า หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างและหาประสิทธิภาพของชุดฝึกทักษะ 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3) ศึกษาทักษะปฏิบัติและทักษะการคิดเชิงคำนวณ และ 4) ศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียน โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง จำนวน 16 คน เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ ชุดฝึกทักษะ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ แบบประเมินทักษะ และแบบสอบถามความพึงพอใจ ซึ่งผู้วิจัยขอสรุปผลการวิจัย ดังนี้

1. ด้านคุณภาพและประสิทธิภาพของเครื่องมือ

ชุดฝึกเพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และการคิดเชิงคำนวณ มีคุณภาพตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ในภาพรวมอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\overline{X}$= 4.58, S.D. = 0.49) และแผนการจัดการเรียนรู้ มีคุณภาพอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\overline{X}$= 4.71, S.D. = 0.48) สำหรับประสิทธิภาพของชุดฝึก (E_1/E_2) มีค่าเท่ากับ 84.44/87.00 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์และสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้

2. ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกเพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และการคิดเชิงคำนวณ มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ($\overline{X}$= 43.50) สูงกว่าก่อนเรียน ($\overline{X}$= 17.93) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ด้านทักษะปฏิบัติและทักษะการคิดเชิงคำนวณ

ผู้เรียนมีทักษะปฏิบัติและทักษะการคิดเชิงคำนวณ ในภาพรวมอยู่ในระดับ ดีมาก ($\overline{X}$ = 19.50, S.D. = 1.05) เมื่อพิจารณาจำแนกรายด้านพบว่าด้านทักษะปฏิบัติอยู่ในระดับดีมาก ($\overline{X}$ = 10.75) และด้านทักษะการคิดเชิงคำนวณอยู่ในระดับดีมาก ($\overline{X}$= 8.75)

4. ด้านความพึงพอใจของผู้เรียน

ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกเพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และการคิดเชิงคำนวณ ในภาพรวมอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\overline{X}$= 4.65, S.D. = 0.49)

อภิปรายผล

จากการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลการพัฒนาชุดฝึกเพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และการคิดเชิงคำนวณ รายวิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในงานควบคุมไฟฟ้า หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ผู้วิจัยขออภิปรายผลตามลำดับวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. ประสิทธิภาพของชุดฝึกทักษะ

ผลการวิจัยพบว่า ชุดฝึกทักษะมีประสิทธิภาพเท่ากับ 84.44/87.00 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ และผลการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับมากที่สุด ทั้งนี้เป็นเพราะชุดฝึกทักษะได้ผ่านกระบวนการสร้างและพัฒนาอย่างเป็นระบบ เริ่มตั้งแต่การวิเคราะห์หลักสูตร การออกแบบที่คำนึงถึงธรรมชาติของผู้เรียนอาชีวศึกษา และการนำรูปแบบการสอน MIAP มาใช้ในการจัดลำดับเนื้อหา ซึ่งประกอบด้วย ขั้นสนใจปัญหา (Motivation) ขั้นศึกษาข้อมูล (Information) ขั้นพยายาม (Application) และขั้นสำเร็จผล (Progress) ทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เป็นขั้นตอน จากง่ายไปยาก สอดคล้องกับหลักการเรียนรู้ทักษะปฏิบัติที่ต้องอาศัยการฝึกฝน

ตามลำดับขั้น นอกจากนี้ การใช้อุปกรณ์ควบคุมสมองกลฝังตัวที่ทันสมัยและใช้งานแพร่หลายในอุตสาหกรรมจริง ยังช่วยกระตุ้นความสนใจและสร้างแรงจูงใจให้ผู้เรียนอยากเรียนรู้มากยิ่งขึ้น

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ การที่ผลสัมฤทธิ์สูงขึ้นเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการ แนวคิดเชิงคำนวณเข้าไปในกระบวนการเขียนโปรแกรม โดยเฉพาะขั้นตอนการแตกปัญหา และการออกแบบอัลกอริทึม ช่วยให้ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์โจทย์การควบคุมไฟฟ้าที่ซับซ้อนให้กลายเป็นส่วนย่อยๆ และลำดับขั้นตอนการทำงานได้ชัดเจนก่อนลงมือเขียนโค้ด จึงช่วยลดความผิดพลาดและความสับสนในการเขียนโปรแกรม ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจที่คงทนและทำแบบทดสอบได้ดีขึ้น

3. ทักษะปฏิบัติและทักษะการคิดเชิงคำนวณ

ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนมีทักษะปฏิบัติและทักษะการคิดเชิงคำนวณอยู่ในระดับดีมาก ทั้งนี้เนื่องมาจากการใช้การจัดการเรียนรู้แบบ โครงงานเป็นฐาน ในขั้นการปฏิบัติของรูปแบบ MIAP ซึ่งเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือแก้ปัญหาจริง สร้างชิ้นงานจริง และทำงานเป็นทีม การได้ฝึกปฏิบัติซ้ำๆ ผ่านโจทย์โครงงานที่ท้าทาย ทำให้ผู้เรียนเกิดความชำนาญในการใช้อุปกรณ์ (ทักษะปฏิบัติ) ควบคู่ไปกับการฝึกกระบวนการคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ สอดคล้องกับแนวคิดทฤษฎีการเรียนรู้จากประสบการณ์ ที่เชื่อว่าการเรียนรู้ที่ดีที่สุดเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนได้สร้างสิ่งที่มีความหมายด้วยตนเอง

4. ความพึงพอใจของผู้เรียน

ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับมากที่สุด เนื่องจากการใช้ชุดฝึกทักษะช่วยเปลี่ยนเรื่องนามธรรม (การเขียนโค้ด) ให้เป็นรูปธรรม (การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าจริง) ทำให้ผู้เรียนเห็นผลลัพธ์การทำงานทันที ซึ่งสร้างความตื่นเต้นและท้าทาย นอกจากนี้ บรรยากาศการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ และการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สร้างสรรค์ผลงานของตนเองผ่านโครงงาน ทำให้ผู้เรียนรู้สึกภาคภูมิใจในความสำเร็จและมีความมั่นใจในตนเองมากขึ้น

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยเรื่อง การพัฒนาชุดฝึกเพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และการคิดเชิงคำนวณ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเพื่อเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอนและการวิจัยในอนาคต ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 การเตรียมความพร้อมของอุปกรณ์: เนื่องจากชุดฝึกทักษะมีการบูรณาการระหว่างฮาร์ดแวร์ (วงจรไฟฟ้า) และซอฟต์แวร์ (การเขียนโปรแกรม) ผู้สอนควรตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ การติดตั้งโปรแกรม Driver และ Library ของบอร์ดสมองกลฝังตัวให้พร้อมใช้งานก่อนเริ่มการเรียนการสอน เพื่อลดปัญหาทางเทคนิคและทำให้กิจกรรมการเรียนรู้ดำเนินไปอย่างราบรื่น

1.2 บทบาทของผู้สอนในฐานะโค้ช: ในขั้นตอนการปฏิบัติ ตามรูปแบบ MIAP และการทำโครงงาน ผู้สอนควรปรับบทบาทจากการเป็นผู้บรรยาย มาเป็นผู้ให้คำปรึกษาและอำนวยความสะดวกคอยกระตุ้นให้ผู้เรียนใช้กระบวนการคิดเชิงคำนวณ เช่น การเขียนผังงานหรือการแตกปัญหาเป็นส่วนย่อย ก่อนลงมือเขียนโค้ด เพื่อสร้างนิสัยการทำงานที่เป็นระบบ

1.3 การยืดหยุ่นเวลาเรียนรู้: การเรียนรู้ทักษะปฏิบัติและการแก้ปัญหาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ผู้เรียนแต่ละคนอาจใช้เวลาในการทำความเข้าใจแตกต่างกัน ผู้สอนควรมีความยืดหยุ่นในเรื่องเวลา หรือจัดสรรช่วงเวลานอกเวลาเรียนปกติ เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนและสร้างสรรค์ผลงานโครงงานได้อย่างเต็มศักยภาพ

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 การขยายผลสู่รายวิชาอื่น: ควรมีการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ MIAP บูรณาการแนวคิดเชิงคำนวณ ไปประยุกต์ใช้กับรายวิชาชีพอื่นๆ ในหลักสูตรสาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง เช่น วิชาการควบคุมระบบอัตโนมัติ (PLC) หรือวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อยืนยันประสิทธิภาพของรูปแบบการสอนในบริบทเนื้อหาที่แตกต่างกัน

2.2 การเปรียบเทียบรูปแบบการสอน: ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการแก้ปัญหาระหว่างการสอนด้วยชุดฝึกทักษะร่วมกับรูปแบบ MIAP กับรูปแบบการสอนสมัยใหม่อื่นๆ เช่น การจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านหรือการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

2.3 การพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยี: ควรพัฒนาชุดฝึกทักษะให้รองรับเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) ขั้นสูง หรือพัฒนาแพลตฟอร์มการเรียนรู้ออนไลน์ควบคู่กับชุดฝึก เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงบทเรียนและฝึกทักษะได้ทุกที่ทุกเวลา

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาชุดฝึกเพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และการคิดเชิงคำนวณรายวิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในงานควบคุมไฟฟ้า หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีด้วยความสนับสนุนและความกรุณาจากบุคลากรหลายฝ่าย ผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณอย่างสูงต่อผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน ที่กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าในการตรวจสอบคุณภาพและความเที่ยงตรงทางวิชาการของชุดฝึกทักษะ แผนการจัดการเรียนรู้ และเครื่องมือวัดผลประเมินผลแบบทดสอบและแบบประเมินทักษะ ตลอดจนให้ข้อเสนอแนะเชิงวิพากษ์อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการปรับปรุงแก้ไขนวัตกรรมให้มีความสมบูรณ์ถูกต้องตามระเบียบวิธีวิจัย ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคอุดรธานี ที่อนุญาตและให้ดำเนินการวิจัย รวมถึง คณะครูอาจารย์สาขาวิชาไฟฟ้ากำลังทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการอำนวยความสะดวกด้านสถานที่และช่วงเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์ขอขอบใจนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง กลุ่มตัวอย่างทุกราย ที่ให้ความร่วมมืออย่างดียิ่งในการเข้าร่วมกิจกรรมการทดลองใช้ชุดฝึกทักษะ และให้ข้อมูลการประเมินผลการเรียนรู้ด้วยความซื่อสัตย์ ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ทำให้การวิจัยบรรลุผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ คุณค่าและประโยชน์อันพึงมี

จากงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอน้อมอุทิศและมอบเป็นกตัญญูบูชาคุณแด่บิดา มารดา ครูอาจารย์ และผู้มีอุปการคุณทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และเป็นแรงสนับสนุนอันสำคัญยิ่งตลอดมา

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2567). *ประกาศกระทรวงศึกษาธิการ เรื่อง กรอบคุณวุฒิอาชีวศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2567*. สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2556). การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน. *วารสารศิลปากรศึกษาศาสตร์วิจัย, 5*(1), 7-20.

ทิศนา แขมมณี. (2560). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ* (พิมพ์ครั้งที่ 21). สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธีรวัฒน์ ประกอบผล. (2562). *คู่มือการใช้งาน ESP32 เบื้องต้นและการประยุกต์ใช้งาน IoT*. ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ไพฑูรย์ ศรีฟ้า. (2556). *การคิดเชิงคำนวณ: ทักษะพื้นฐานสำหรับการแก้ปัญหาในศตวรรษที่ 21*. ไทยรมย์.

ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. (2538). *เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 5). สุวีริยาสาส์น.

มนูญ ชูช่วย. (2560). *การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกวิชานิวแมติกส์และไฮดรอลิกส์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. (2567). *หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาไฟฟ้า*. หน่วยศึกษานิเทศก์.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2560). *แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579*. พริกหวานกราฟฟิค.

สุคนธ์ แซ่เลี่ยง และ ภินันท์ ชัชวัฒน์. (2567). รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานผ่านปัญญาประดิษฐ์เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมสำหรับนักเรียนอาชีวศึกษา. *International Education Studies, 18*(3), 1-10. https://doi.org/10.5539/ies.v18n3p1

Best, J. W. (1977). *Research in Education* (3rd ed.). Prentice Hall.

Espressif Systems. (2023). *ESP32 Series Datasheet*. https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf

Meyer, G. (1988). *Productive instruction: a generated system for vocational training*. Verlag-Witzstrock.

Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books.

Rattanakha, R., & Chatwattana, P. (2023). The Problem-based Learning Model: PBL Model via Cloud Technology to Promote Programming Skills. *Higher Education Studies, 13*(4), 201-210. https://doi.org/10.5539/hes.v13n4p201

Saeliang, S., & Chatwattana, P. (2025). The Project-Based Learning Model via Generative Artificial Intelligence to Promote Programming Skills for Vocational Students. *International Education Studies, 18*(3), 1-10. https://doi.org/10.5539/ies.v18n3p1

Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM, 49*(3), 33-35. https://doi.org/10.1145/1118178.1118215

พฤติกรรมการใช้ AI ของบุคลากรที่ปฏิบัติงานด้านการประชาสัมพันธ์ของหน่วยงานต่าง ๆ ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

AI Usage Behavior of Public Relations Personnel in Various Departments of Phetchabun Rajabhat University

ชลธิชา ภูจุ้ย

Chonticha Pujuy

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ เลขที่ 83 หมู่ 11 ตำบลสะเดียง อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000

Phetchabun Rajabhat University

83 Moo 11, Sadiang Subdistrict, Mueang Phetchabun District,Phetchabun 67000, Thailand

บทคัดย่อ

การพัฒนาเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ โดยเฉพาะ Generative AI ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการสื่อสารองค์กรและงานประชาสัมพันธ์ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาพฤติกรรมการใช้ Generative AI ของบุคลากรด้านประชาสัมพันธ์ 2) วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้ AI และ 3) เสนอแนวทางส่งเสริมการประยุกต์ใช้ AI ในงานประชาสัมพันธ์ของมหาวิทยาลัย

การวิจัยเป็นแบบเชิงปริมาณ เก็บข้อมูลจากบุคลากรด้านประชาสัมพันธ์ จำนวน 30 คน โดยใช้แบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนาและสถิติเชิงอนุมาน

ผลการวิจัยพบว่า บุคลากรมีพฤติกรรมการใช้ Generative AI อยู่ในระดับมาก โดยนิยมใช้ในการเขียนข่าว โพสต์โซเชียลมีเดีย และออกแบบกราฟิก ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้ AI อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ได้แก่ ความรู้ความเข้าใจเทคโนโลยี การสนับสนุนจากองค์กร และทัศนคติต่อ AI อุปสรรคสำคัญคือความไม่มั่นใจในความถูกต้องของผลลัพธ์และข้อจำกัดด้านเวลา ข้อเสนอแนะคือควรจัดอบรมเชิงปฏิบัติการ พัฒนาแนวทางกำกับดูแลการใช้ AI และส่งเสริมโครงสร้างพื้นฐานด้านดิจิทัลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสื่อสารองค์กรอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ : Generative AI, พฤติกรรมการใช้, การประชาสัมพันธ์, การยอมรับเทคโนโลยี

Abstract

The advancement of artificial intelligence (AI) in the digital era—particularly Generative AI—has played a significant role in communication and public relations by enabling rapid, diverse, and audience-oriented content creation. However, the adoption of Generative AI in public relations within government agencies and educational institutions such as Phetchabun Rajabhat University is still in its early stages, with limited empirical evidence regarding usage behavior, attitudes, and acceptance among personnel.

The objectives of this research were: (1) to examine the usage behavior of Generative AI among public relations personnel at Phetchabun Rajabhat University, (2) to compare usage behavior based on personal factors, and (3) to analyze factors influencing Generative AI usage in public relations practices.

The findings revealed that personnel demonstrated a "high" level of Generative AI usage, particularly in drafting news articles, creating social media posts, and designing graphic materials. Overall attitudes were positive, with AI perceived as enhancing modernity, credibility, and audience engagement. Factors influencing AI adoption included technological literacy, ease of use, and organizational support, while key barriers were time constraints, limited resources, and uncertainty regarding outcomes. The findings suggest that promoting digital literacy, providing training, and improving technological infrastructure will significantly strengthen and sustain the effective integration of AI in the university's public relations practices.

Keywords : Generative AI, Usage Behavior, Public Relations, Phetchabun Rajabhat University

บทนำ

ในยุคดิจิทัลที่เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการดำเนินงานขององค์กรในหลากหลายมิติ โดยเฉพาะด้านการสื่อสารและการประชาสัมพันธ์ ซึ่งต้องเผชิญกับการแข่งขันด้านความรวดเร็ว ปริมาณข้อมูล และความคาดหวังของผู้รับสารที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา Generative AI ในฐานะเทคโนโลยีที่สามารถสร้างเนื้อหาใหม่ได้อัตโนมัติ เช่น ข้อความ ภาพ และสื่อดิจิทัลรูปแบบต่าง ๆ จึงถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือสนับสนุนการทำงานด้านประชาสัมพันธ์อย่างแพร่หลายมากขึ้น

อย่างไรก็ตาม การนำ Generative AI มาใช้ในหน่วยงานภาครัฐและสถาบันอุดมศึกษาในประเทศไทยยังอยู่ในระยะเริ่มต้น โดยเฉพาะในบริบทของมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาท้องถิ่น งานวิจัยเชิงประจักษ์เกี่ยวกับพฤติกรรมการใช้งาน ทัศนคติ และการยอมรับของบุคลากรด้านประชาสัมพันธ์จึงมีความจำเป็น เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการกำหนดแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีอย่างเหมาะสมและยั่งยืน

ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1.ศึกษาระดับพฤติกรรมการใช้ Generative AI ของบุคลากรด้านประชาสัมพันธ์
2.เปรียบเทียบพฤติกรรมการใช้ตามปัจจัยส่วนบุคคล
3.วิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการใช้ Generative AI
4.เสนอแนวทางเชิงนโยบายเพื่อส่งเสริมการประยุกต์ใช้ AI ในงานประชาสัมพันธ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

งานวิจัยนี้มุ่งหวังให้ผลการวิจัยเป็นองค์ความรู้ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนกลยุทธ์ด้านดิจิทัล และสนับสนุนการพัฒนาศักยภาพบุคลากรให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนผ่านสู่ยุคการสื่อสารแบบ Human–AI Collaboration อย่างเหมาะสมและมีความรับผิดชอบต่อสังคม

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) โดยใช้แบบสำรวจเชิงความสัมพันธ์ (Correlational Survey Research) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้ Generative AI และปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมดังกล่าวของบุคลากรด้านประชาสัมพันธ์

ประชากรกลุ่มตัวอย่าง

คือ บุคลากรที่ปฏิบัติงานด้านประชาสัมพันธ์ในหน่วยงานต่าง ๆ ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ จำนวน 30 คน ได้มาโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จากผู้ที่มีหน้าที่ผลิตข่าว สื่อประชาสัมพันธ์ และสื่อดิจิทัลโดยตรง

เครื่องมือและเทคนิคการเก็บข้อมูล

คือ แบบสอบถามที่พัฒนาขึ้นจากการทบทวนวรรณกรรมและกรอบแนวคิดการยอมรับเทคโนโลยี ประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่ (1) ข้อมูลทั่วไป (2) พฤติกรรมการใช้ Generative AI (3) ปัจจัยด้านความรู้และการสนับสนุนจากองค์กร และ (4) ทัศนคติต่อการใช้ AI ลักษณะคำถามเป็นมาตรประมาณค่า 5 ระดับ (Likert Scale) ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน และมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.91

การเก็บรวบรวมข้อมูลดำเนินการระหว่างเดือนพฤษภาคม–มิถุนายน พ.ศ. 2568 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ภายหลังการชี้แจงวัตถุประสงค์และขอความยินยอมจากผู้ตอบแบบสอบถาม โดยยึดหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

แผนการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยกำหนดให้ตัวแปรอิสระ ได้แก่ ความรู้ความเข้าใจด้าน AI การสนับสนุนจากองค์กร และทัศนคติต่อ AI ส่วนตัวแปรตาม คือ พฤติกรรมการใช้ Generative AI ในงานประชาสัมพันธ์

วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) และสถิติเชิงอนุมาน ได้แก่ การทดสอบ t-test และการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการใช้ กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

การดำเนินการวิจัยทั้งหมดอยู่ในช่วงกุมภาพันธ์–มิถุนายน พ.ศ. 2568 ครอบคลุมขั้นตอนการพัฒนาเครื่องมือ ทดลองใช้ เก็บข้อมูล และวิเคราะห์ผลอย่างเป็นระบบ

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีประสบการณ์ในการปฏิบัติงานด้านประชาสัมพันธ์ไม่เกิน 10 ปี และมีการใช้เครื่องมือปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ หรือ Generative Artificial Intelligence (GAI) ในการปฏิบัติงานจริงอย่างต่อเนื่อง โดยภาพรวมพฤติกรรมการใช้ GAI อยู่ในระดับมากอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า การใช้เพื่อผลิตข่าวและเนื้อหาสื่อสังคมออนไลน์มีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือการออกแบบข้อความประชาสัมพันธ์ และการวางโครงร่างเนื้อหา ทั้งนี้ รายละเอียดเชิงปริมาณปรากฏในตารางที่ 1

ปัจจัยส่วนบุคคล	ผลการศึกษาข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม เช่น เพศ อายุ ระดับการศึกษา ของบุคลากรที่ปฏิบัติงานด้านการประชาสัมพันธ์ของหน่วยงานต่าง ๆ ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์	
	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	17	7.56
หญิง	13	3.44
อายุ		
ต่ำกว่า ปี 30	1	3.3
ปี 40 -31	12	40
41 – 50 ปี	16	3.53
มากกว่า ปี 50	1	3.3
การศึกษา		
ปริญญาตรี	18	60
ปริญญาโท	10	3.33
ปริญญาเอก	2	7.6
อื่น ๆ	-	-
ตำแหน่ง		
นวก. คอมพิวเตอร์	1	3.3
นักประชาสัมพันธ์	4	3.13
นักวิชาการคอมพิวเตอร์	5	7.16
นักวิชาการช่างศิลป์	2	7.6
นักวิชาการวัฒนธรรม	1	3.3
นักวิชาการโสตทัศนศึกษา	5	7.16
นักเทคโนโลยีสารสนเทศ	1	3.3
พนักงานปฏิบัติการคอมพิวเตอร์	1	3.3
อาจารย์	5	7.16
เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป	5	7.16

ปัจจัยส่วนบุคคล	ผลการศึกษาข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม เช่น เพศ อายุ ระดับการศึกษา ของบุคลากรที่ปฏิบัติงานด้านการประชาสัมพันธ์ของหน่วยงานต่าง ๆ ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์	
	จำนวน (คน)	ร้อยละ
หน่วยงาน		
คณะครุศาสตร์	1	3.3
คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์	2	6.7
คณะวิทยาการจัดการ	3	10
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	3	10
คณะเทคโนโลยีการเกษตรฯ	4	13.3
คณะพยาบาลศาสตร์	-	-
สำนักงานอธิการบดี	7	23.3
สำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน	2	6.7
บัณฑิตวิทยาลัย	1	3.3
สำนักวิทยบริการฯ	3	10
สำนักศิลปะและวัฒนธรรม	2	6.7
สถาบันวิจัยและพัฒนา	1	3.3
สถาบันภาษา	1	3.3
การศึกษา		
ต่ำกว่าปริญญาตรี	18	60
ปริญญาโท	10	3.33
ปริญญาเอก	2	7.6
ประสบการณ์การทำงาน		
ต่ำกว่า ปี 1	3	10
ปี 3 – 1	4	3.13
ปี 6 – 4	5	7.16
ปี 10 – 7	3	10
มากกว่า ปี 10	15	50

ปัจจัยส่วนบุคคล	ผลการศึกษาข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม เช่น เพศ อายุ ระดับการศึกษา ของบุคลากรที่ปฏิบัติงานด้านการประชาสัมพันธ์ของหน่วยงานต่าง ๆ ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์	
	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เคยผ่ายการอบรมด้าน AI หรือไม่		
เคย	25	3.83
ไม่เคย	5	7.16

การเปรียบเทียบพฤติกรรมการใช้ GAI จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล พบว่า บุคลากรที่มีประสบการณ์การทำงานแตกต่างกันมีระดับการใช้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยกลุ่มที่มีประสบการณ์ต่ำกว่า 5 ปีมีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มอื่น สะท้อนแนวโน้มการยอมรับเทคโนโลยีที่สูงในกลุ่มบุคลากรรุ่นใหม่ ขณะที่ปัจจัยด้านเพศและระดับการศึกษาไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way Analysis of Variance: ANOVA) แสดงรายละเอียดในตารางที่ 2

พฤติกรรมการใช้ Generative AI	อายุ								t-test	Sig.
	ต่ำกว่า 30 ปี (N=1)		31–40 ปี (N=12)		41–50 ปี (N=16)		มากกว่า 50 ปี (N=1)			
	$\bar{x}$	S.D	$\bar{x}$	S.D	$\bar{x}$	S.D	$\bar{x}$	S.D		
1. คุณเคยใช้งาน Generative AI ในงานประชาสัมพันธ์	3.00	-	3.83	0.71	4.06	0.63	3.00	-	1.23	0.23
2. คุณใช้ AI เพื่อร่างข่าวหรือบทความประชาสัมพันธ์	3.00	-	3.75	0.80	4.00	0.70	3.00	-	1.15	0.25
3. คุณใช้ AI เพื่อออกแบบโปสเตอร์หรือภาพประกอบ	3.00	-	3.58	0.88	4.06	0.75	3.00	-	1.31	0.20
4. คุณใช้ AI อย่างน้อยสัปดาห์ละ 1 ครั้ง	3.00	-	3.83	0.83	4.00	0.82	3.00	-	1.18	0.24
5. คุณใช้ AI เพื่อช่วยสร้างวิดิโอหรือมัลติมีเดีย	3.00	-	3.58	0.88	3.94	0.81	3.00	-	1.10	0.27
6. คุณมีบัญชีใช้งาน AI มากกว่า 1 แพลตฟอร์ม	3.00	-	3.50	1.00	3.94	0.81	3.00	-	1.09	0.28
7. คุณใช้ AI เพื่อช่วยคิดหัวข้อข่าวหรือแนวทางเนื้อหาข่าว	3.00	-	3.75	0.87	4.00	0.70	3.00	-	1.22	0.22
8. คุณใช้ AI เพื่อแปลภาษาใน	3.00	-	3.58	0.88	4.00	0.70	3.00	-	1.20	0.23

งานประชาสัมพันธ์										
9. คุณเคยใช้ AI ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาก่อนเผยแพร่	3.00	-	3.75	0.87	4.00	0.70	3.00	-	1.18	0.24
10. คุณใช้AI ในการสร้างโพสต์หรือข้อความสำหรับโซเชียลมีเดีย	3.00	-	3.75	0.79	4.00	0.70	3.00	-	1.16	0.25
รวม	3.00	-	3.69	0.85	4.01	0.72	3.00	-	1.19	0.23

สำหรับการวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรอิสระต่อพฤติกรรมการใช้ GAI ด้วยการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) พบว่า ความรู้ความเข้าใจด้านเทคโนโลยี การสนับสนุนจากองค์กร และทัศนคติต่อ GAI มีอิทธิพลเชิงบวกต่อพฤติกรรมการใช้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยแบบจำลองสามารถอธิบายความแปรปรวนของพฤติกรรมการใช้ได้ร้อยละ 62 ($R^2 = .62$) แสดงให้เห็นถึงอำนาจในการพยากรณ์ของตัวแปรที่อยู่ในระดับค่อนข้างสูง รายละเอียดผลการวิเคราะห์ปรากฏในตารางที่ 3 ทั้งนี้ ไม่พบปัญหาความสัมพันธ์กันสูงระหว่างตัวแปรอิสระ (Multicollinearity) ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ทางสถิติที่ยอมรับได้

ปัจจัยด้านการสนับสนุนและทักษะการใช้ AI ของบุคลากรที่ปฏิบัติงานด้านการประชาสัมพันธ์ ของหน่วยงานต่าง ๆ ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์	**ระดับความคิดเห็น**		**แปลผล**
	$\bar{x}$	**S.D.**	
1. หน่วยงานของคุณส่งเสริมการใช้ Generative AI	3.5	1.088	มาก
2.คุณสามารถเข้าถึงเครื่องมือ AI ได้อย่างสะดวก	3.6	0.952	มาก
3.คุณสามารถใช้งาน AI ได้โดยไม่ต้องมีผู้ช่วยเหลือ	3.7	0.823	มาก
4.คุณเรียนรู้ AI ได้เองจากแหล่งออนไลน์	4.033	0.912	มาก
5.คุณมีคู่มือหรือแหล่งข้อมูลที่ช่วยให้ใช้ AI ได้มั่นใจ	3.367	0.948	ปานกลาง
6.คุณมีโอกาสทดลองใช้ AI กับงานจริงในหน่วยงาน	3.6	1.114	มาก
7.หน่วยงานของคุณมีเครื่องมือ AI ที่ติดตั้งพร้อมใช้งาน	2.667	1.164	ปานกลาง
8.คุณได้รับการสนับสนุนด้านเทคนิคเมื่อต้องการใช้งาน AI	3.0	1.065	ปานกลาง
9.คุณสามารถแบ่งปันประสบการณ์การใช้ AI กับเพื่อนร่วมงาน	3.633	0.912	มาก
10.คุณมีเวลาในการเรียนรู้หรือทดลองใช้ AI ระหว่างทำงาน	3.233	0.955	ปานกลาง
ผลรวมปัจจัยด้านการสนับสนุนและทักษะการใช้ AI ของบุคลากรที่ปฏิบัติงานด้านการประชาสัมพันธ์ ของหน่วยงานต่าง ๆ ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์	3.433	0.993	มาก

วิจารณ์ผล

ผลการวิจัยสะท้อนว่า พฤติกรรมการใช้ Generative Artificial Intelligence (GAI) ของบุคลากรด้านประชาสัมพันธ์อยู่ในระดับมาก และได้รับอิทธิพลจากความรู้ความเข้าใจด้านเทคโนโลยี การสนับสนุนจากองค์กร

และทัศนคติต่อ GAI อย่างมีนัยสำคัญ ผลดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดการยอมรับเทคโนโลยีของ Davis (1989) ที่อธิบายว่าการรับรู้ประโยชน์และความง่ายในการใช้งานมีผลต่อพฤติกรรมการใช้ และสอดคล้องกับ Venkatesh et al. (2003) ซึ่งเสนอว่าปัจจัยด้านสังคมและโครงสร้างสนับสนุนมีบทบาทสำคัญต่อความตั้งใจใช้เทคโนโลยี

อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยที่พบว่ากลุ่มบุคลากรที่มีประสบการณ์ทำงานน้อยมีระดับการใช้ GAI สูงกว่ากลุ่มที่มีประสบการณ์มาก อาจสะท้อนช่องว่างด้านทักษะดิจิทัล (Digital Skill Gap) ซึ่งเป็นประเด็นที่บางการศึกษาพบแตกต่างกัน เช่น งานของ สมชาย และ สมศักดิ์ (2555) ที่รายงานว่าอายุงานไม่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยี ข้อ ค้นพบที่แตกต่างดังกล่าวอาจเกิดจากบริบทองค์กรที่มีขนาดเล็กและมีโครงสร้างการทำงานแบบไม่เป็นทางการ ซึ่งเอื้อต่อการทดลองใช้เทคโนโลยีใหม่มากกว่าองค์กรขนาดใหญ่ นอกจากนี้ แม้แบบจำลองสามารถอธิบายความแปรปรวนของพฤติกรรมได้ในระดับสูง (R^2 = .62) แต่ยังคงมีปัจจัยอื่นที่ไม่ได้รวมอยู่ในการศึกษา เช่น วัฒนธรรมองค์กร หรือแรงจูงใจภายใน ซึ่งอาจส่งผลต่อพฤติกรรมการใช้เทคโนโลยี

ในเชิงการนำไปใช้ประโยชน์ ผลการวิจัยเสนอให้มหาวิทยาลัยกำหนดแนวทางสนับสนุนการใช้ GAI อย่างเป็นระบบ ทั้งด้านการพัฒนาทักษะ การกำหนดมาตรฐานจริยธรรม และการสร้างกลไกกำกับดูแลการใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสม สำหรับการวิจัยในอนาคต ควรขยายขอบเขตกลุ่มตัวอย่างไปยังมหาวิทยาลัยหลายแห่งเพื่อเปรียบเทียบเชิงบริบท และอาจประยุกต์ใช้การวิเคราะห์สมการโครงสร้าง (Structural Equation Modeling: SEM) เพื่อทดสอบความสัมพันธ์เชิงสาเหตุอย่างลึกซึ้งยิ่งขึ้น รวมถึงศึกษาผลกระทบระยะยาวของการใช้ GAI ต่อคุณภาพงานประชาสัมพันธ์และภาพลักษณ์องค์กรในระดับสถาบัน

สรุปผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับพฤติกรรมการใช้ Generative Artificial Intelligence (GAI) เปรียบเทียบความแตกต่างตามปัจจัยส่วนบุคคล และวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการใช้ของบุคลากรด้านประชาสัมพันธ์ ผลการศึกษาพบว่า บุคลากรมีพฤติกรรมการใช้ GAI อยู่ในระดับมาก โดยเฉพาะในการผลิตเนื้อหาข่าวและสื่อดิจิทัล สะท้อนถึงความพร้อมในการปรับตัวสู่รูปแบบการทำงานแบบ Human–AI Collaboration

ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการใช้ ได้แก่ ความรู้ความเข้าใจด้านเทคโนโลยี การสนับสนุนจากองค์กร และทัศนคติต่อ GAI ซึ่งสามารถอธิบายความแปรปรวนของพฤติกรรมได้ในระดับสูง แสดงให้เห็นว่าการพัฒนาเชิงระบบทั้งด้านทักษะและโครงสร้างสนับสนุนภายในองค์กรเป็นกลไกสำคัญต่อความสำเร็จของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี

โดยสรุป การส่งเสริมการใช้ GAI ในงานประชาสัมพันธ์ควรดำเนินการควบคู่ระหว่างการพัฒนาศักยภาพบุคลากร การกำหนดกรอบจริยธรรม และการจัดสรรทรัพยากรด้านดิจิทัลอย่างเหมาะสม เพื่อให้การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเกิดประสิทธิภาพและความยั่งยืนในระดับองค์กร

ข้อจำกัดของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีข้อจำกัดบางประการ ได้แก่ ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่อยู่ภายในมหาวิทยาลัยแห่งเดียว ซึ่งอาจส่งผลต่อการอ้างอิงผลไปยังบริบทองค์กรอื่น นอกจากนี้ การใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือหลักอาจสะท้อนการรับรู้ของผู้ตอบมากกว่าพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจริง ดังนั้น การวิจัยในอนาคตควรขยายขอบเขตกลุ่มตัวอย่าง และประยุกต์ใช้วิธีวิจัยแบบผสมผสานเพื่อเพิ่มความลุ่มลึกของข้อมูล

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง “พฤติกรรมการใช้ AI ของบุคลากรที่ปฏิบัติงานด้านการประชาสัมพันธ์ของหน่วยงานต่าง ๆ ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์” สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณา ความร่วมมือ และการสนับสนุนจากหลายฝ่าย ผู้วิจัยตระหนักเป็นอย่างยิ่งว่า หากปราศจากการช่วยเหลือเหล่านั้น งานวิจัยฉบับนี้คงไม่สามารถสำเร็จสมบูรณ์ได้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นพิเศษต่อ รองศาสตราจารย์ ดร. สุมาลี พิมพันธุ์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ที่ได้กรุณาสละเวลาอันมีค่าในการให้คำปรึกษา ถ่ายทอดความรู้ และชี้แนะทิศทางการวิจัยอย่างใกล้ชิด พร้อมทั้งมอบข้อเสนอแนะและกำลังใจอันทรงคุณค่า ซึ่งมีส่วนสำคัญยิ่งในการทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์

ผู้วิจัยขอแสดงความสำนึกในพระคุณต่อเพื่อนร่วมงานทุกท่านที่ให้ข้อคิดเห็น คำแนะนำ และกำลังใจตลอดระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย รวมทั้งผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย ได้แก่ รองศาสตราจารย์ ดร. สุรเชษฐ เอี่ยมสำอาง และ รองศาสตราจารย์ ดร. สุมาลี พิมพันธุ์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาชีววิทยา ตลอดจน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุษยากร ตีระพฤติกุลชัย อาจารย์ประจำสาขาวิชานิเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจสอบ และเสนอข้อคิดเห็นอันทรงคุณค่า จนทำให้งานวิจัยครั้งนี้มีความถูกต้อง น่าเชื่อถือ และสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยขอน้อมรำลึกถึงพระคุณของทุกท่านด้วยความซาบซึ้งใจ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วยความเคารพอย่างสูง

เอกสารอ้างอิง

การประยุกต์ใช้ AI ในการผลิตวิดีโอ: การเพิ่มประสิทธิภาพและความสะดวกในการเข้าถึง. 2564. วารสารสื่อดิจิทัลและการสื่อสาร. 13(2): 55–70.

การประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการสร้างเนื้อหาและกราฟิก. 2565. วารสารสื่อดิจิทัลและการสื่อสาร. 15(2): 45–60.

ขวัญฤทัย สายประดิษฐ์. 2551. บทบาทนักประชาสัมพันธ์กับการประชาสัมพันธ์ในสื่อใหม่ ตอนที่ 1. วารสารพัฒนาเทคนิคศึกษา. 20(65): 42–51.

จุฑามาศ ทองคง. 2565. พฤติกรรมการใช้เทคโนโลยี Generative AI ของบุคลากรการศึกษาในระดับอุดมศึกษา. แหล่งข้อมูลออนไลน์. ค้นเมื่อ 1 มีนาคม 2568.

นภสร พงศ์วณิชกุล. 2563. การรับรู้และการยอมรับการใช้เทคโนโลยี AI ในหน่วยงานราชการ. แหล่งข้อมูลออนไลน์. ค้นเมื่อ 1 มีนาคม 2568.

แชทบอทขับเคลื่อนด้วย AI ในการศึกษาระดับอุดมศึกษา. 2564. วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศและการศึกษา. 12(3): 45–60.

วารสารสื่อดิจิทัลและการสื่อสาร. 2563. เครื่องมือ AI สำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของภาษา. 12(1): 45–58.

สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ. 2560. การประยุกต์ใช้ AI ในองค์กรภาครัฐ. สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

สำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล (องค์การมหาชน). 2560. รายงานประจำปี 2560. สำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล, กรุงเทพฯ.

อาภาภรณ์ สมศรี. 2565. บทบาทของแชทบอทในงานบริการภาครัฐ. แหล่งข้อมูลออนไลน์. ค้นเมื่อ 1 มีนาคม 2568.

Ajzen, I. 1991. The theory of planned behavior. Organizational Behavior and Human Decision Processes. 50(2): 179–211.

Bommasani, R., D. Hudson, E. Adeli, R. Altman, S. Arora, S. von Arx, and P. Liang. 2021. On the opportunities and risks of foundation models. arXiv preprint arXiv:2108.07258.

Brown, T., B. Mann, N. Ryder, M. Subbiah, J. Kaplan, P. Dhariwal, and D. Amodei. 2020. Language models are few-shot learners. Advances in Neural Information Processing Systems. 33: 1877–1901.

Chatterjee, S., N. P. Rana, and Y. K. Dwivedi. 2020. Adoption of AI in public sector communication. Government Information Quarterly. 37(1): 73–88.

Haenlein, M., and A. M. Kaplan. 2019. A brief history of artificial intelligence: On the past, present, and future of artificial intelligence. California Management Review. 61: 5–14.

Kaplan, A., and M. Haenlein. 2019. Siri, Siri in my hand: Who's the fairest in the land? Business Horizons. 62: 15–25.

Kietzmann, J., J. Paschen, and E. Treen. 2018. Artificial intelligence in advertising and personalized communication strategy. Journal of Advertising Research. 58: 263–267.

Liang, X., Y. Li, and H. Zhang. 2023. Generative AI and organizational communication strategy. Journal of Digital Communication. 12: 45–58.

Nguyen, T., L. Ngo, and H. Pham. 2022. Artificial intelligence for organizational communication content creation. Journal of Artificial Intelligence Research. 65: 65–78.

Poole, D., and A. Mackworth. 2010. Artificial Intelligence: Foundations of Computational Agents. Cambridge University Press, Cambridge.

Russell, S., and P. Norvig. 2016. Artificial Intelligence: A Modern Approach. Pearson Education, Harlow, UK.

Sheth, A., C. Thomas, and G. Mehta. 2021. Artificial intelligence and human-computer interaction: Applications in chatbots and intelligent assistants. Journal of Systems and Technology. 18: 45–63.

Venkatesh, V., and F. D. Davis. 2000. A theoretical extension of the technology acceptance model: Four longitudinal field studies. Management Science. 46: 186–204.

Venkatesh, V., M. G. Morris, G. B. Davis, and F. D. Davis. 2003. User acceptance of information technology: Toward a unified view. MIS Quarterly. 27: 425–478.

Venkatesh, V., J. Y. L. Thong, and X. Xu. 2012. Consumer acceptance and use of information technology: Extending the unified theory of acceptance and use of technology. MIS Quarterly. 36: 425–478.

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ

รองศาสตราจารย์ ดร.ธรรม์ณชาติ วันแต่ง	คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่ ร.ต.ดร.ศักดิ์ชัย ศรีสวัสดิ์	คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.การันต์ ผึ่งบรรหาร	คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชนิรัตน์ ผึ่งบรรหาร	คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์จีรพรรณ พรหมประเสริฐ	คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เสาวภา ชูมณี	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ รุจิรา คุ้มทรัพย์	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อาทิตย์ หู้เต็ม	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นฤมล จันทร์มา	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เจษฎาพร ปาคำวัง	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดวงจันทร์ สิงห์เรือง	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
อาจารย์ ดร. ชนากานต์ วิญญกุล	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
อาจารย์มงคล นราศรี	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
อาจารย์สุวัฒน์ ศิริแก่นทราย	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
อาจารย์ยุภา คำตะพล	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
อาจารย์วรรณภัสร์ ปราบพาลา	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

sci.pcru.ac.th

83 ม.11 ถ.สระบุรี-หล่มสัก ต.สะเดียง
อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ 67000
โทร.056-717122