การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ
The 36th National Thaksin University Conference
(TSUCON 2025)

ครั้งที่ 36
ประจำปี 2568

ภายใต้หัวข้อ

นวัตกรรมที่ยั่งยืนเพื่อทุกคน : การพลิกฟื้นในยุคแห่งการเปลี่ยนแปลง
Sustainable Innovation for All:
Resilience in a Disruptive Era

17-18 กรกฎาคม 2568
ณ หอเปรมดนตรี
มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตสงขลา
อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา

Proceedings book

ISBN 978-974-474-108-0

คำนำ

ด้วยสถาบันวิจัยและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยทักษิณ ร่วมกับกรมส่งเสริมวัฒนธรรม **การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 36 ประจำปี 2568 (The 36th National Thaksin University Conference (TSUCON 2025) ภายใต้หัวข้อ นวัตกรรมที่ยั่งยืนเพื่อทุกคน : การพลิกฟื้นในยุคแห่งการเปลี่ยนแปลง "Sustainable Innovation for All: Resilience in a Disruptive Era"** ในระหว่างวันที่ 17-18 กรกฎาคม 2568 ณ หอเปรมดนตรี มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตสงขลา อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นเวทีทางวิชาการให้กับนักวิจัยและนิสิต/นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาได้พบปะแลกเปลี่ยนเรียนรู้และประสบการณ์ด้านการวิจัย ในการประชุมวิชาการ ครั้งนี้ มีการบรรยายพิเศษจากวิทยากรระดับชาติและนานาชาติ และมีกิจกรรมการนำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยาย จำนวน 70 ผลงาน และภาคโปสเตอร์ จำนวน 51 ผลงาน

คณะผู้ดำเนินการจัดประชุมวิชาการ ใคร่ขอขอบพระคุณหน่วยงานเจ้าภาพร่วมที่ได้ให้การสนับสนุนและอำนวยความสะดวกในการจัดประชุม ขอขอบคุณผู้นำเสนอผลงานวิจัย ตลอดจนคณะทำงานจากสถาบันวิจัยและนวัตกรรม และคณะกรรมการจากหน่วยงานต่าง ๆ ในมหาวิทยาลัยทักษิณ ที่มีส่วนร่วมสำคัญในการจัดประชุมวิชาการครั้งนี้ ให้สำเร็จตามวัตถุประสงค์ทุกประการ

สถาบันวิจัยและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยทักษิณ

กรกฎาคม 2568

สารจากอธิการบดี

มหาวิทยาลัยทักษิณได้กำหนดยุทธศาสตร์และ “หมุดหมาย” (Milestones) การบริหารเพื่อขับเคลื่อนและมุ่งสู่การเป็นมหาวิทยาลัยนวัตกรรมสังคม โดยเน้นการสร้างผลงานวิจัยเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ตอบโจทย์การพัฒนาเชิงพื้นที่ และการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ และที่เชื่อมโยงกับนโยบายและยุทธศาสตร์การอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (อววน.) พ.ศ. 2563-2570 และแผนกลยุทธ์มหาวิทยาลัยทักษิณ ระยะ 5 ปี (พ.ศ. 2566-2570) เพื่อเป็นกรอบแนวทางในการขับเคลื่อนพัฒนามหาวิทยาลัยและขับเคลื่อนประเทศให้สอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) รวมถึงแผนยุทธศาสตร์ด้านวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม มหาวิทยาลัยทักษิณ 5 ปี (พ.ศ.2568-2572) ที่ได้เชื่อมโยงกับนโยบายและการปฏิรูประบบอุดมศึกษา ภายใต้โครงการพลิกโฉมมหาวิทยาลัย (Reinventing University) ของกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (อว.)

การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 36 ประจำปี 2568 The 36th National Thaksin University Conference (TSUCON 2025) ภายใต้หัวข้อ นวัตกรรมที่ยั่งยืนเพื่อทุกคน : การพลิกฟื้น ในยุคแห่งการเปลี่ยนแปลง “Sustainable Innovation for All: Resilience in a Disruptive Era” ในระหว่างวันที่ 17-18 กรกฎาคม 2568 ณ หอเปรมดนตรี มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตสงขลา อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา เป็นจุดสร้างเครือข่ายความร่วมมือระหว่างมหาวิทยาลัยทักษิณและสถาบันอุดมศึกษา องค์กร และเครือข่ายในระบบวิจัยทั่วประเทศ ที่จะนำเสนอผลงานวิจัยที่มีศักยภาพพร้อมใช้ประโยชน์เชิงวิชาการ เชิงสังคม และเชิงพาณิชย์ หรือต่อยอดเพื่อสร้างคุณค่าและมูลค่าขับเคลื่อนการพัฒนาชุมชน สังคมของประเทศไปสู่การแข่งขันในระดับนานาชาติ รวมถึงแสดงให้เห็นถึงความร่วมมือกับภาคพันธมิตร และถือเป็นพลังสร้างสรรค์สำคัญสำหรับการสร้างคน สร้างองค์ความรู้ และสร้างผลงานวิจัยและนวัตกรรม อีกทั้งเป็นกลไกส่งเสริมและถ่ายทอดความรู้และพลังปัญญาเพื่อพัฒนามหาวิทยาลัยสู่มาตรฐานระดับนานาชาติบนฐานท้องถิ่น (The University of Glocalization)

มหาวิทยาลัยทักษิณ ขอขอบคุณสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) หน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการพัฒนาระดับพื้นที่ (บพท.) หน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของประเทศ (บพข.) กรมส่งเสริมวัฒนธรรม และภาคีร่วมจัด และขอขอบคุณ ผู้ทรงคุณวุฒิ นักวิจัย ผู้นำเสนอผลงานวิจัย คณะกรรมการดำเนินการงานฯ เป็นต้น คาดหวังเป็นอย่างยิ่ง การจัดประชุมวิชาการในครั้งนี้ จะเป็นส่วนหนึ่งของการสร้างการวิจัย นวัตกรรมสังคมและการพลิกโฉมวิจัยและนวัตกรรมเพื่อขับเคลื่อนเศรษฐกิจสังคมไทยอย่างยั่งยืนสืบไป

(รองศาสตราจารย์ ดร.ณฐพงศ์ จิตรนิรัตน์)
อธิการบดีมหาวิทยาลัยทักษิณ

สารบัญ

คำนำ 3
สารจากอธิการบดี 5

การนำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยาย ORAL PRESENTATION

Session วิทยาศาสตร์ชีวภาพและเกษตรศาสตร์

O 1 การศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับสีโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต *(KMnO4)* โดยใช้เซลลูโลสที่ผลิตจากผักเบี้ยทะเลและผักตบชวา 17
สุธิดา มะสกุล

O 2 ผลของการเสริมซีลีเนียมต่อคุณภาพก่อนการเก็บเกี่ยวของต้นอ่อนกะหล่ำปลีแดง 25
Aye Darli Theint

O 3 การศึกษาองค์ประกอบพฤกษเคมีของสารสกัดจากโพทะเลดอกย้อย *(Thespesia populneoides (Roxb.) Kostel)* 35
พรไพบูลย์ กุลเคน

O 4 การศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของน้ำนึ่งปลาและน้ำมันปลาจากโรงงานปลาป่น ต่อการเจริญเติบโตของปลาซะโอน *(Ompok bimaculatus)* 43
ธนพล อยู่เย็น

O 5 การสกัดสารสำคัญจากเปลือกทุเรียน และการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ผงชงพร้อมดื่มรสข้าวโพดหวาน 51
ณัฐกมล ศรีราม

Session วิทยาศาสตร์เคมีและเภสัช

O 6 เส้นใยขุยมะพร้าว: สารตัวเติมที่มีประสิทธิภาพสำหรับปรับปรุงสมบัติของพลาสติกชีวภาพจากแป้ง 61
สายชล แท่นแก้ว

O 7 การพัฒนาตำรับแอนตี้แอคเน่เซรั่มบรรจุสารสกัดสมอพิเภกโดยการใช้ระบบไมโครอิมัลชัน 71
ประภาพร บุญมี

O 8 ชุดทดสอบตะกั่วด้วยสาร Alizarin Red S แบบพกพา พร้อมแถบสีเปรียบเทียบ 81
ธัญวรัตม์ ศรีรอด

Session ฟิสิกส์ วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์และคอมพิวเตอร์

O 9 การอนุรักษ์พลังงานสำหรับการเฝ้าติดตามค่าฝุ่น PM 2.5 ภายในอาคาร 91
ศุทกฤต เตชเอกสิทธิ์

O 10 แบบจำลองสำหรับประมาณค่ารังสีอาทิตย์รวมรายวันเฉลี่ยรายเดือนจากค่าความยาวนานแสงแดด : กรณีศึกษาจังหวัดสงขลา 103
อริศรา ทองดี

O 11 การตรวจจับเส้นริ้วรอยจากภาพใบหน้าด้านหน้าอย่างอัตโนมัติ 113
ไพจิตร กชกรจารุพงศ์

O 12 การประเมินผลของการใช้แผ่นรองเมาส์ต่อประสิทธิภาพการเคลื่อนที่และความแม่นยำตามกฎของฟิตส์ 121
ชิตณัช ธชีพันธ์

O 13 การประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากวัสดุธรรมชาติ เพื่อใช้เป็นสารดูดกลืนแสงในเซลล์แสงอาทิตย์ 129
กีรติ สุขกาย
O 14 ระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับบ้านอัจฉริยะ บนแพลตฟอร์ม IoT 137
ปฐมรัตน์ พงษ์พรม
O 15 การพัฒนากระบอกอัดถ่านอเนกประสงค์สำหรับวิสาหกิจชุมชนบ้านทอนอามาน 145
พงษ์พัฒน์ ชัชวาลย์
O 16 สมบัติทั่วไปของเกือบสามสิ่งอันดับพีทาโกรัส 153
ธิดารัตน์ พวงจันทร์

Session วิทยาศาสตร์สุขภาพ

O 17 การพัฒนาและการประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของไมโครแคปซูลสารสกัดพรมมิ 163
ศศิธร อุ่นสอน
O 18 การสำรวจและประเมินคุณสมบัติพรีไบโอติกในอะมาซาเกะที่หมักจากข้าวหอมมะลิไทย 175
รัญชน์ กิจค้างพลู

Session การศึกษา

O 19 การพัฒนาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบย่อยอาหาร โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งร่วมกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้สื่อประสมแบบมีปฏิสัมพันธ์ 185
นูรมา ปานนิตยพงศ์
O 20 การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับจักรวาลนฤมิต เรื่อง พลเมืองดิจิทัล ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 195
อาทิตยา ธรรมดี
O 21 การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมตามแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เพื่อส่งเสริมทักษะการรู้ดิจิทัลของนักเรียน หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 205
ศักดินนท์ วิเชียรรัตน์
O 22 การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับเกมมิฟิเคชันเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 217
สุดาวัลย์ ดำหนก
O 23 การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการระดมสมองเพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 227
นารีซะห์ อาแวกาจิ
O 24 การพัฒนามโนมติ เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมีโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสื่อมัลติมีเดีย 235
อัลวานี อีแต

Session มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

O 25 อาหารพื้นบ้าน: ภูมิปัญญาท้องถิ่นของเทศบาลตำบลบ้านหลวง อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ 245
ลัดดา ประสพสมบัติ
O 26 ผลของวัตถุที่จัดวางเรียงเป็นระเบียบในภาพต่อความจำของมนุษย์ 253
ณัฐธนนท์ หงส์วริทธิ์ธร
O 27 “จิบกาแฟ แลเล เขเรือ เขควาย” การท่องเที่ยววิถีวัฒนธรรมของชาวมุสลิมเกาะสุกร อำเภอปะเหลียน จังหวัดตรัง 265
จำเริญ จิตรหลัง

O 28 **ส่งเสริมการตระหนักรู้ถึงคุณค่า ความสำคัญ และนวัตกรรม“ประเพณีไหว้ผีโบ่” ในฐานะ “มรดกวัฒนธรรม” ในพื้นที่อำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูล** 273
เก็ตถวา บุญปราการ
O 29 **จารึกและรูปแบบพระแผงไม้ในจังหวัดแพร่** 289
ศิริศักดิ์ อภิศักดิ์มนตรี
O 30 **การวิเคราะห์ประติมากรรมภาพสลักขอบสระแก้ว โบราณสถานเมืองศรีมโหสถ เพื่อพัฒนาลายผ้าประจำจังหวัดปราจีนบุรี** 301
ภควัต กิตติธาดาปกรณ์
O 31 **การพัฒนามาตรการทางกฎหมายในการส่งเสริม รักษา มรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรม เพื่อสร้างความตระหนักรู้สู่การสนับสนุนวัตกรรมอย่างยั่งยืน** 309
เกวลิน ต่อปัญญาชาญ

Session ผลงานสร้างสรรค์

O 32 **โครงการออกแบบโคมไฟปรับเปลี่ยนรูปแบบได้สำหรับคนวัยทำงาน** 319
ศศินันท์ คิรินทร์รัตนะ

Session นวัตกรรมสังคม

O 33 **ระบบให้อาหารสัตว์ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT)** 329
พิฆนนท์ สุทธิพันธุ์
O 34 **แนวทางการออกแบบอุปกรณ์ปอกเปลือกมังคุด** 337
ศศินันท์ คิรินทร์รัตนะ
O 35 **การพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม ร่วมกับบทเรียนสตอรี่ไลน์ เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง** 345
ซัลไลลา แวมะยิ

การนำเสนอผลงานวิจัยภาคโปสเตอร์ POSTER PRESENTATION

Session วิทยาศาสตร์ชีวภาพและเกษตรศาสตร์

P 1 **การศึกษาการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลาย *(Hermetia illucens)* ด้วยวัตถุดิบอาหารต่างกัน** 359
ภาสกร ศิริพิพัฒน์
P 2 **โครงสร้างทางจุลกายวิภาคและเนื้อเยื่อเคมีของตับและตับอ่อนของปลากระสง** 375
อัคนี ผิวหอม
P 3 **จุลกายวิภาคและเนื้อเยื่อเคมีของเหงือกปลาสลาด *Notopterus notopterus* (Pallas, 1780)** 383
อัคนี ผิวหอม
P 4 **สารสกัดแอนโทไซยานินและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ผลิตได้จากวัสดุเศษเหลือในข้าวทับทิมชุมแพ เพื่อเป็นแหล่งสารสีธรรมชาติ** 391
อุไรวรรณ วัฒนกุล
P 5 **ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารฟีนอลิกโดยรวมจากข้าวซีบูกันตัง ข้าวหอมกระดังงาและข้าวสังข์หยด** 399
สุภาภรณ์ ภิรมย์ทอง
P 6 **ฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ต่อแบคทีเรียก่อโรคและยีสต์ที่สร้างฟิล์มโดยแบคทีเรียกรดแลคติกที่แยกได้จากผักดองและฤทธิ์การย่อยสลายเม็ดเลือดแดงของไอโซเลทที่มีประสิทธิภาพ** 409
มูฮัมหมัดอาลี แก่นเพชร
P 7 **ศักยภาพของสารสกัดใบพลู *(Piper betle)* ในการยับยั้งแบคทีเรียดื้อยา : กรณีศึกษาแบคทีเรียจากน้ำทิ้งฟาร์มสุกร** 417

พีรวัส เรืองณรงค์
P 8 ผลของการเสริมสไปรูลิน่าและไขมันในอาหารสำเร็จรูปต่อการพัฒนารังไข่ และคุณภาพตัวอ่อนปูทะเล (*Scylla paramamosain, Estampador,* 1949) 427
ภาสกร ศิริพิพัฒน์

Session วิทยาศาสตร์เคมีและเภสัช

P 9 การศึกษาเปรียบเทียบสมบัติของเม็ดอัลจิเนตผสมวุ้นจากสาหร่ายและเปลือกไข่เหลือทิ้ง 443
อุดมศักดิ์ ศรีพลับ
P 10 การทำนายเส้นทางการกระตุ้นอะพอพโทซิสโดยสารสกัดเปลือกมะค่าแต้ ผ่านการวิเคราะห์ชีวสารสนเทศ 451
สุจิตรา บุดดา

Session ฟิสิกส์ วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์และคอมพิวเตอร์

P 11 การพัฒนาโปรแกรมควบคุมโดรนตรวจจับวัตถุด้วยโครงข่ายประสานส่วนลึกแบบเรียลไทม์ 465
ศิริชัย ลาภาสระน้อย
P 12 การศึกษาเชิงทดลองการนำความร้อนตามแนวยาวในทองเหลืองและสแตนเลส โดยใช้ชุดเครื่องมือ TH 310 HEAT CONDUCTION 479
ชามีม สุภาวินิต
P 13 การศึกษาเชิงทดลองการนำความร้อนในแนวรัศมีของแท่งทองเหลืองทรงกระบอกตัน โดยใช้ชุดเครื่องมือ TH 310 HEAT CONDUCTION 487
ธนายุต มะลิสุวรรณ
P 14 การศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติการลดทอนรังสีแกมมาของโฟมคอมโพสิต จากยางธรรมชาติผสมกับแบเรียมซัลเฟตและผงเปลือกไข่ 495
สุทธิษา ก้อนเรือง

Session วิทยาศาสตร์สุขภาพ

P 15 ผลลัพธ์อาการทางระบบประสาทดีขึ้นในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองตีบเฉียบพลันที่ไม่ได้รับยาละลายลิ่มเลือดทางหลอดเลือดดำ ในโรงพยาบาลตติยภูมิเขตภาคใต้ของประเทศไทย 507
จอม สุวรรณโณ
P 16 ผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อนหลังการเรียนรู้แบบเชิงรุกในรายวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม กลุ่มนิสิตอาชีวอนามัยและความปลอดภัย ปี 2 ประจำปีการศึกษา 1/2567 มหาวิทยาลัยทักษิณ 517
โสมศิริ เดชารัตน์
P 17 ผลกระทบทางสุขภาพจากการรับสัมผัสสารเคมีของเกษตรกรในสวนทุเรียน จังหวัดตรัง 523
โสมศิริ เดชารัตน์

Session การศึกษา

P 18 ศึกษาความสัมพันธ์และความสอดคล้องระหว่างเป้าหมายการศึกษาต่อกับประสบการณ์การฝึกงาน โดยใช้โปรแกรมแนะแนวในการพัฒนาทักษะทางการศึกษาในยุคดิจิทัล 535
วาทิต หมันแหละ
P 19 การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะปฏิบัติการทางชีวเคมี และความพึงพอใจของนิสิต โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับการทดลองเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส ในรายวิชาชีวเคมีของนิสิตระดับปริญญาตรี 543
เนตรนภา ชะนะ
P 20 การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมด้วยการเรียนรู้แบบผสมผสาน เรื่องการทดสอบวัสดุ สำหรับช่างอุตสาหกรรม ในจังหวัดสงขลา 553
พิชิต เพ็งสุวรรณ

P 21 **ออกแบบชุดกิจกรรมสำนวน สุภาษิต และคำพังเพยเพื่อใช้เป็นสื่อการสอน สำหรับช่วงวัยประถมศึกษาตอนปลายกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย** 561
สุกัญญา สมกานดา

Session มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

P 22 **การพัฒนาคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุในพื้นที่ชุมชนเขตองค์การบริหารส่วนตำบลเกาะแต้ว อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา** 571
พรวดี เพ็งสุวรรณ

P 23 **องค์ประกอบจังหวะของโนราโรงครูภาคใต้** 579
อภินันท์ รักนิ่ม

Session บริหารธุรกิจและเศรษฐศาสตร์

P 24 **การศึกษาพฤติกรรมการใช้สารสนเทศของผู้ประกอบการ OTOP จังหวัดสงขลา** 587
ภัทราภรณ์ แก้วกนิษฐารักษ์

Session ผลงานสร้างสรรค์

P 25 **การสร้างสรรค์ผลงานจิตรกรรม ความสัมพันธ์ในพืชพันธุ์พื้นถิ่นภาคใต้** 597
สาโรจน์ มีพวกมาก

P 26 **ออกแบบอัตลักษณ์องค์กรพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา สถาบันทักษิณคดีศึกษา มหาวิทยาลัยทักษิณ** 605
อลิสา บือเฮง

P 27 **การออกแบบ และพัฒนาอัตลักษณ์องค์กรมูลนิธิบ้านหมายิ้ม อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา** 615
ณัฏฐาภรณ์ ชาวกล้า

P 28 **ออกแบบชุดกิจกรรมจากยางพาราสำหรับส่งเสริมพัฒนาการเด็กปฐมวัย** 625
ศศิธร สุขถนอม

ภาคผนวก 633

การนำเสนอผลงานวิจัย

ภาคบรรยาย

Oral Presentation

Session

วิทยาศาสตร์ชีวภาพ และเกษตรศาสตร์

การศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับสีโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$) โดยใช้เซลลูโลสที่ผลิตจากผักเบี้ยทะเลและผักตบชวา

สุธิดา มะสกุล[1] ฟาฮาน่า นวลประเสริฐสุข[1] และจินตนา สและน้อย[1*]

บทคัดย่อ

การปนเปื้อนของสารเคมีและสีในแหล่งน้ำเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศ งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการเพิ่มมูลค่าวัชพืช โดยใช้ผักตบชวา (*Eichhornia crassipes*) ซึ่งเป็นวัชพืชในที่แพร่กระจายอย่างรวดเร็วก่อให้เกิดปัญหาในแหล่งน้ำ และผักเบี้ยทะเล (*Sesuvium portulacastrum*) ซึ่งเป็นวัชพืชป่าชายเลนที่ทนเค็มและเจริญเติบโตได้ในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย มาผลิตเป็นเซลลูโลสและพัฒนาเป็นวัสดุดูดซับชีวภาพสำหรับการบำบัดน้ำเสียจากสีโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$) ผลการศึกษาพบว่า ผักเบี้ยทะเลให้ผลผลิตเซลลูโลสเฉลี่ย 15.96% ขณะที่ผักตบชวาให้ผลผลิตเฉลี่ย 32.44% โดยเซลลูโลสที่ได้มีลักษณะเป็นเส้นใยสีเหลืองอ่อน สภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับ พบว่า เวลาเข้าสู่สมดุลที่ 12 ชั่วโมง ปริมาณวัสดุดูดซับ 1.0 กรัม ที่ pH7 ซึ่งให้ประสิทธิภาพการดูดซับสูงถึง 99% ความเข้มข้นของสารละลายมีผลต่อการดูดซับอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิและความเค็มไม่มีผลต่อการดูดซับอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) การดูดซับสอดคล้องกับไอโซเทอร์มแบบ Langmuir แสดงพฤติกรรมการดูดซับแบบชั้นเดียว ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของวัชพืชทั้งสองชนิดในการพัฒนาเป็นวัสดุดูดซับจากชีวภาพที่มีประสิทธิภาพ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และสามารถประยุกต์ใช้ในสภาพแวดล้อมที่หลากหลายได้

คำสำคัญ: การดูดซับ โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต เซลลูโลส ไอโซเทอร์ม

[1]ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร, ไทย. 10900.

[1]Department of Marine Science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok, Thailand 10900.

[*] Corresponding Author: E-mail: ffisjid@ku.ac.th

Evaluation of Potassium Permanganate ($KMnO_4$) Adsorption Efficiency Using Cellulose Derived from Sea Purslane and Water Hyacinth

Sutida Masakul[1], Fahana Nualprasertsuk[1], and Jintana Salaenoi[1]*

Abstract

Chemical and dye contamination in water sources is a serious issue that affects environmental quality and ecosystems. This research aims to add value to invasive weeds by using water hyacinth (*Eichhornia crassipes*), a rapidly spreading aquatic plant that causes problems in freshwater sources, and sea purslane (*Sesuvium portulacastrum*), a salt-tolerant mangrove plant that thrives in diverse environments. Cellulose was extracted from both species and developed into a biosorbent for the treatment of potassium permanganate ($KMnO_4$) dye in synthetic wastewater. The study found that sea purslane yielded an average of 15.96% cellulose, while water hyacinth yielded 32.44%. The extracted cellulose appeared as fine pale yellow fibers. The optimal adsorption conditions were an equilibrium time of 12 hours, an adsorbent dosage of 1.0 g, and a pH of 7, achieving up to 99% adsorption efficiency. The dye concentration significantly influenced the adsorption, whereas temperature and salinity showed no significant effects ($p>0.05$). The adsorption process followed the Langmuir isotherm, indicating monolayer adsorption behavior. These findings demonstrate the potential of both plant species to be developed into efficient, eco-friendly biosorbents suitable for application in a variety of environmental conditions.

Keywords: Adsorption, Potassium permanganate, Cellulose, Isotherm

บทนำ

ปัญหามลพิษทางน้ำเป็นหนึ่งในประเด็นสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์อย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะน้ำเสียที่เกิดจากอุตสาหกรรมซึ่งมีสารเคมีและสีต่าง ๆ ปะปนอยู่ เช่น สีจากสารโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$) ที่ถูกนำมาใช้ในหลายกระบวนการทางเคมีและอุตสาหกรรม เช่น การฟอกสี การฆ่าเชื้อ และการวิเคราะห์ทางเคมี (Tchobanoglous, Burton, & Stensel, 2003) อย่างไรก็ตาม สารดังกล่าวหากถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำโดยไม่ผ่านกระบวนการบำบัดที่เหมาะสม อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศน้ำ รวมถึงสิ่งมีชีวิตในน้ำและผู้ใช้น้ำโดยตรง

ในปัจจุบัน การดูดซับ (adsorption) ถือเป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพ ต้นทุนไม่สูง และสามารถประยุกต์ใช้กับวัสดุธรรมชาติได้หลากหลายชนิด วัสดุดูดซับจากธรรมชาติที่ได้รับความสนใจ ได้แก่ พืชน้ำและพืชชายฝั่งทะเล เนื่องจากมีโครงสร้างเซลลูโลส ลิกนิน และเฮมิเซลลูโลส ซึ่งมีศักยภาพในการจับยึดสารมลพิษได้ดี (Babel & Kurniawan, 2003) ผักเบี้ยทะเล (*Sesuvium portulacastrum*) จัดเป็นพืชชายเลนที่พบได้ทั่วไปในพื้นที่ชายฝั่ง มีความสามารถในการทนเค็มและเติบโตได้ดีในสภาวะแวดล้อมที่หลากหลาย มีองค์ประกอบทางชีวภาพที่เหมาะสมต่อการพัฒนาเป็นวัสดุดูดซับ (Lokhande et al., 2011) ในขณะที่ผักตบชวา (*Eichhornia crassipes*) เป็นวัชพืชน้ำที่พบได้ทั่วไปในแหล่งน้ำจืด เจริญเติบโตเร็ว และมักสร้างปัญหาในระบบนิเวศน้ำ แต่ทั้งสองพืชนี้สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการพัฒนาเป็นวัสดุดูดซับธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเซลลูโลสที่เตรียมจากผักเบี้ยทะเลและผักตบชวาในการดูดซับ $KMnO_4$ จากน้ำเสียสังเคราะห์ โดยจะพิจารณาอิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ เช่น เวลาที่ใช้ในการดูดซับ ปริมาณวัสดุดูดซับ ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ ความเค็ม และความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลาย รวมถึงศึกษาพฤติกรรมการดูดซับผ่านสมการไอโซเทอร์ม เพื่อประเมินความเหมาะสมของวัสดุดูดซับเหล่านี้ในการนำไปใช้พัฒนาเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมวัชพืชและการผลิตเซลลูโลส

เก็บรวบรวมตัวอย่างผักเบี้ยทะเลและผักตบชวา จากนั้นนำไปทำความสะอาด ตัดตัวอย่างให้มีขนาดเล็ก ทำให้แห้งโดยอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C นาน 24 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น ส่วนการผลิตเซลลูโลสดำเนินการตามวิธีของ Salaenoi et al. (2024) ซึ่งประกอบไปด้วยการสกัดองค์ประกอบบางชนิดออกจากตัวอย่างได้แก่ สารสี ไขมัน โปรตีน และมีการฟอกสีของตัวอย่าง จากนั้นอบเซลลูโลสที่ผลิตได้ที่อุณหภูมิ 60 °C จนแห้ง แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์ผลผลิต (yield) ที่ได้

2. การเตรียมสารละลายมาตรฐาน $KMnO_4$

เตรียมสารละลาย $KMnO_4$ เข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อทำเป็น stock solution จากนั้นทำการเจือจางสารละลาย $KMnO_4$ ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ เพื่อใช้สำหรับการทำกราฟมาตรฐาน

3. การศึกษาปัจจัยการดูดซับ $KMnO_4$ ด้วยเซลลูโลส

ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ ได้แก่ ปริมาณวัสดุดูดซับ (0.1-1.0 กรัม) pH ของการดูดซับ (pH 3-9) อุณหภูมิที่ใช้ในการดูดซับ (20-50 °C) ความเค็มที่ใช้ในการดูดซับ (0-35 ppt) และความเข้มข้นเริ่มต้นของ $KMnO_4$ (10 - 500 มิลลิกรัมต่อลิตร) โดยเริ่มต้นนำเซลลูโลสน้ำหนัก 0.1 กรัม ใส่ในหลอดทดลอง เติมสารละลาย $KMnO_4$ ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 50 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็ว 120 รอบต่อนาที เก็บตัวอย่างสารละลาย $KMnO_4$ ในช่วงเวลา 30 นาที - 12 ชั่วโมง จากนั้นวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารละลาย $KMnO_4$ ที่เหลืออยู่ในสารละลายด้วยเครื่อง UV-VIS spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 525 นาโนเมตร นำผลการทดลองที่ได้มาคำนวณหาร้อยละการดูดซับ (สมการที่ (1)) และความสามารถในการดูดซับ $KMnO_4$ (สมการที่ (2)) จากนั้นจึงศึกษาปัจจัยต่างๆ ตามที่ได้ระบุไว้

$$\%Adsorption = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100 \quad \text{... (1)}$$

$$q_e = \frac{C_0 - C_e}{W} \times V \quad \text{... (2)}$$

โดยที่ C_0 = ความเข้มข้นเริ่มต้นของ $KMnO_4$ (มิลลิกรัมต่อลิตร), C_e = ความเข้มข้นสมดุลของ $KMnO_4$ (มิลลิกรัมต่อลิตร), q_e = ความสามารถในการดูดซับ $KMnO_4$ ที่สภาวะสมดุล (มิลลิกรัมต่อกรัม), V = ปริมาณของ $KMnO_4$ (ลิตร) และ W = ปริมาณของวัสดุดูดซับ (กรัม)

4. การศึกษาไอโซเทอร์มการดูดซับ

การศึกษาไอโซเทอร์มการดูดซับ เพื่ออธิบายพฤติกรรมในกระบวนการดูดซับ $KMnO_4$ โดยใช้แบบจำลอง Langmuir isotherm หากการดูดซับเป็นแบบ mono layer บนพื้นผิวตัวดูดซับที่เป็นเนื้อเดียว และ Freundlish isotherm หากเป็นการดูดซับที่พื้นผิวของตัวดูดซับที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน ตามวิธีการของ Mkilima, et al., (2024) ซึ่งแสดงดังสมการที่ (3) และ (4) ตามลำดับ

$$q_e = \frac{q_{max} \times K_L \times C_e}{1 + K_L \times C_e} \quad \text{... (3)}$$

$$q_e = K_F \times C_e^{\,1/n} \quad \text{... (4)}$$

โดยที่ q_e = ปริมาณของ $KMnO_4$ ที่ถูกดูดซับต่อหน่วยมวลของตัวดูดซับที่สมดุล, q_{max} = ความสามารถในการดูดซับสูงสุด C_e = ความเข้มข้นของ $KMnO_4$ ในสารละลายที่สมดุล, K_L = ค่าคงที่สมดุลการดูดซับของ Langmuir K_F = ค่าคงที่ของ Freundlich ที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการดูดซับ และ n = ค่าคงที่ของ Freundlich ที่เกี่ยวข้องกับความเข้มข้นของการดูดซับ

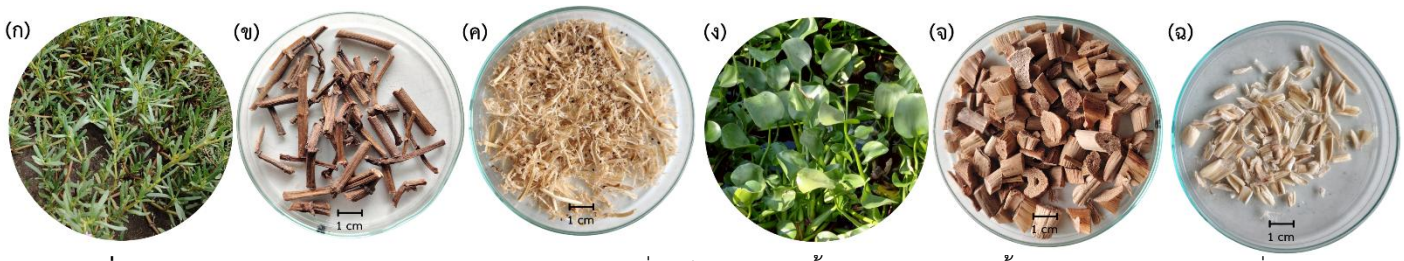
5. การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติในการศึกษานี้มีการใช้โปรแกรม Microsoft Excel และ PSPP (perfect statistics professionally presented) เพื่อกำหนดความแตกต่างที่นัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p<0.05$) โดยใช้การทดสอบแบบ ANOVA

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. การผลิตเซลลูโลสจากผักเบี้ยทะเลและผักตบชวา

ผลการศึกษาการผลิตเซลลูโลส พบว่า เซลลูโลสที่ผลิตได้มีสีเหลืองอ่อน มีความเหนียวมากกว่าวัตถุดิบตั้งต้น (ภาพที่ 1) ผลผลิต (yield) ของเซลลูโลสจากผักเบี้ยทะเลและจากผักตบชวา มีค่าเท่ากับ 15.69±0.50 และ 32.44±0.55% ของน้ำหนักแห้งเริ่มต้น ตามลำดับ



ภาพที่ 1 ลักษณะของตัวอย่างสด ตัวอย่างแห้ง และเซลลูโลสที่ผลิตได้; (ก) ผักเบี้ยทะเลสด (ข) ผักเบี้ยทะเลแห้ง (ค) เซลลูโลสที่ผลิตจากผักเบี้ยทะเล (ง) ผักตบชวาสด (จ) ผักตบชวาแห้ง และ(ฉ) เซลลูโลสที่ผลิตจากผักตบชวา

เซลลูโลสที่ผลิตจากผักเบี้ยทะเลและผักตบชวามีลักษณะที่คล้ายคลึงกันในหลายด้าน เช่น โครงสร้างพื้นฐานของเซลลูโลสที่ประกอบด้วยพันธะ β-1,4-glycosidic (Wulandari, Rochliadi, & Arcana, 2022) สีหลังการฟอกที่มักเป็นสีขาวหรือเหลืองอ่อนหากใช้กระบวนการสกัดที่คล้ายกัน (Rodríguez, Meneses, & León, 2023) รวมถึงสมบัติการพองตัวของเส้นใยเซลลูโลสในน้ำ และลักษณะพันธะเคมีพื้นฐานที่คล้ายกัน (Saleh, Riaz, Ahmed, & Khan, 2019) อย่างไรก็ตาม เซลลูโลสที่ได้จากพืชทั้งสองชนิดมีความแตกต่างกันในด้าน ความหนาแน่น และ ขนาดเส้นใย โดยเส้นใยจากผักเบี้ยทะเลมักหนากว่าเล็กน้อยเนื่องจากเป็นพืชทนเค็ม (Rahman, Chowdhury, & Kabir, 2021) ปริมาณแร่ธาตุตกค้าง เช่น Na^+ และ Cl^- ในผักเบี้ยทะเลจะมากกว่าจากผักตบชวาซึ่งเป็นพืชน้ำจืด และความเหมาะสมในการใช้งาน ที่อาจต่างกันตามสภาพแวดล้อมโดยผักตบชวาเหมาะสำหรับน้ำจืด ขณะที่ผักเบี้ยทะเลเหมาะสำหรับระบบที่มีความเค็มสูง

2. ประสิทธิภาพการดูดซับของเซลลูโลสภายใต้เงื่อนไขที่แตกต่างกัน

การศึกษาระยะเวลาที่มีต่อการดูดซับ $KMnO_4$ พบว่า การดูดซับสีเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตั้งแต่ระยะแรกจนเข้าสู่สมดุลที่เวลา 12 ชั่งโมง ซึ่งมีร้อยละการดูดซับสูงที่สุด โดยเซลลูโลสจากผักเบี้ยทะเลมีร้อยละการดูดซับมากกว่าเซลลูโลสจากผักตบชวา โดยมีค่า 67.23% และ 55.87% ตามลำดับ (ภาพที่ 2 (ก)) ดังนั้นจึงเลือกเวลาในการดูดซับที่ 12 ชั่วโมง เป็นเวลาที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการศึกษาภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ ต่อไป

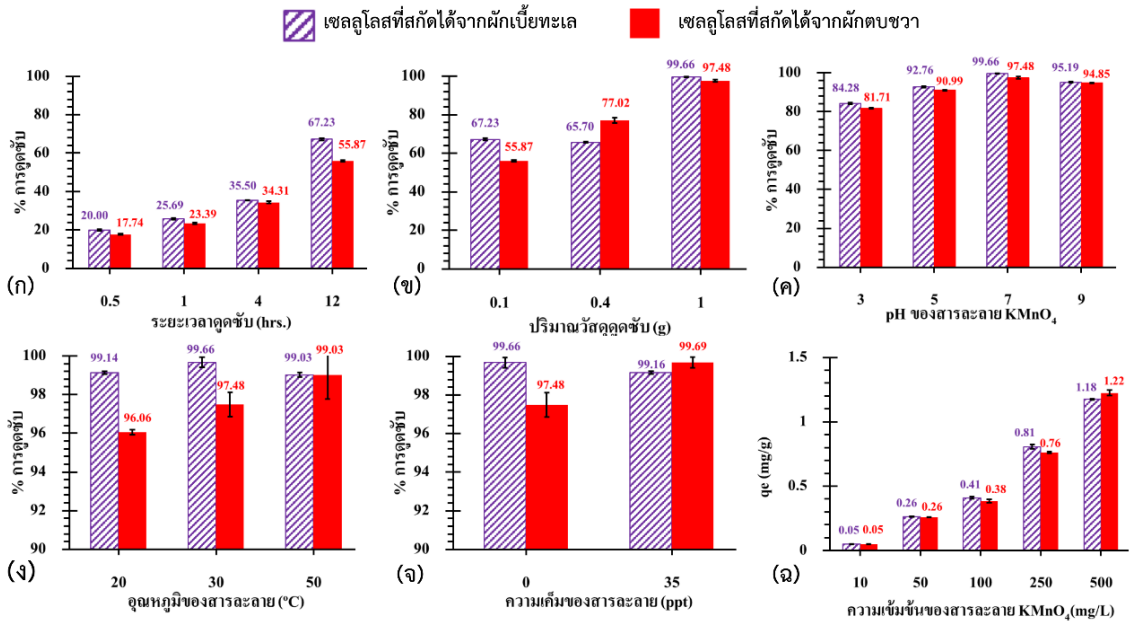
การศึกษาปริมาณวัสดุดูดซับต่อการดูดซับ พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณวัสดุดูดซับจาก 0.1 กรัม เป็น 1.0 กรัม ร้อยละการดูดซับของเซลลูโลสจากผักเบี้ยทะเลมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 67.23% เป็น 99.66% ในขณะที่เซลลูโลสจากผักตบชวามีค่าเพิ่มขึ้นจาก 55.87% เป็น 97.48% (ภาพที่ 2 (ข)) ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มปริมาณวัสดุดูดซับ จะทำให้มีพื้นผิวในการดูดซับเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงเลือกปริมาณวัสดุดูดซับที่ 1.0 กรัม ใช้ในการศึกษาภายใต้เงื่อนไขต่างๆต่อไป

การศึกษาผลของค่า pH ต่อประสิทธิภาพการดูดซับ พบว่า ร้อยละการดูดซับของเซลลูโลสทั้งสองชนิดมีแนวโน้มสูงที่สุดในช่วงค่า pH เป็นกลาง (pH 6–7) และลดลงอย่างชัดเจนเมื่อค่า pH สูงหรือต่ำเกินไป (ภาพที่ 2 (ค)) เนื่องจากการเปลี่ยนแปลง

ของสถานะประจุของกลุ่มฟังก์ชันบนพื้นผิวเซลลูโลส เช่น กลุ่ม –OH และ –COOH ที่มีผลต่อความสามารถในการจับไอออน MnO_4^- (Chen, Li, & Wang, 2011) ดังนั้นในการศึกษาถัดไปจึงเลือกใช้ค่า pH ที่ 7 ซึ่งอยู่ในช่วงที่มีร้อยละการดูดซับสูงที่สุด

การศึกษาผลของอุณหภูมิต่อประสิทธิภาพการดูดซับ พบว่า การดูดซับที่อุณหภูมิ 20, 30, และ 50°C ไม่ส่งผลต่อร้อยละการดูดซับของวัสดุดูดซับทั้งสองชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ภาพที่ 2 (ง)) แสดงให้เห็นว่ากระบวนการดูดซับอาจไม่ไวต่ออุณหภูมิ ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของการดูดซับทางกายภาพ (Ho & McKay, 1999)

การศึกษาผลของความเค็มต่อประสิทธิภาพการดูดซับ พบว่า เมื่อเปลี่ยนแปลงความเค็ม จะไม่ส่งผลต่อร้อยละการดูดซับของวัสดุดูดซับทั้งสองชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ภาพที่ 2 (จ)) แสดงให้เห็นว่ากระบวนการดูดซับอาจจะไม่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงของไอออนในสารละลาย เช่น Na^+ หรือ Cl^- ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของการดูดซับทางกายภาพ เช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ



ภาพที่ 2 ร้อยละการดูดซับ $KMnO_4$ ด้วยเซลลูโซสที่ผลิตจากผักเบี้ยทะเลและผักตบชวาภายใต้เงื่อนไข (ก) ระยะเวลา (ข) ปริมาณวัสดุดูดซับ (ค) ค่า pH (ง) อุณหภูมิ (จ) ความเค็ม (ฉ) ความจุของการดูดซับต่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลาย

การศึกษาผลของความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลาย $KMnO_4$ ที่ระดับต่างๆ พบว่า เมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลาย $KMnO_4$ เพิ่มขึ้น ค่าการดูดซับที่สมดุล (q_e, mg/g) ของทั้งเซลลูโลสจากผักเบี้ยทะเลและผักตบชวามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารละลายที่เพิ่มขึ้น จะเห็นได้ว่าในช่วงความเข้มข้นต่ำค่าการดูดซับของวัสดุทั้งสองชนิดมีค่าเท่ากันหรือใกล้เคียงกันมาก อย่างไรก็ตาม เมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเซลลูโลสทั้งสองชนิดมีค่าการดูดซับสูงขึ้นโดยที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร เซลลูโลสจากผักตบชวาและเซลลูโลสจากผักเบี้ยทะเลให้ค่า q_e สูงสุดที่ 1.22 และ 1.18 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ (ภาพที่ 2 (ฉ))

3. แบบจำลองสมการไอโซเทอร์ม

ผลการศึกษาไอโซเทอร์มการดูดซับ $KMnO_4$ แบบแลงเมียร์และแบบฟรุนดิช โดยใช้เซลลูโลสที่ผลิตจากผักเบี้ยทะเลและผักตบชวา สามารถคำนวณค่าคงที่ต่างๆ ได้ดังตารางที่ 1 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) มีค่าเข้าใกล้ 1 พบว่า ผลการดูดซับของเซลลูโลสจากวัสดุทั้งสองชนิดสอดคล้องกับไอโซเทอมร์การดูดซับแบบแลงเมียร์มากกว่าแบบฟรุนดิช โดยมีความจุในการดูดซับสูงสุด (q_{max}) ของเซลลูโลสจากผักเบี้ยทะเลและเซลลูโลสจากผักตบชวาอยู่ที่ประมาณ 16.0 และ 5.77 มิลลิกรัมต่อกรัมต่อกรัม และค่าคงที่แลงเมียร์ (K_L) มีค่าเท่ากับ 7.946 และ 5.037 ลิตรต่อมิลลิกรัม ซึ่งอธิบายได้ว่า การดูดซับสี $KMnO_4$ ด้วยวัสดุดูดซับทั้งสองชนิดเป็นการดูดซับแบบชั้นเดียว (Monolayer) ที่มีความสม่ำเสมอ (Homogenous) มีตำแหน่งในการดูดซับมีปริมาตรที่แน่นอน โดยที่โมเลกุลที่ถูกดูดซับไม่เกิดการซ้อนทับกัน (Sukadjasakul , 2012)

ตารางที่ 1 ไอโซเทอมร์การดูดซับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$) ของเซลลูโลสจากผักเบี้ยทะเลและเซลลูโลสจากผักตบชวา

ชนิดของวัสดุดูดซับ	Langmuir isotherm			Freundlich isotherm		
	q_{max} (mg/g)	K_L (L/mg)	R^2	K_F (mg/g)	1/n	R^2
เซลลูโลสที่ผลิตจากผักเบี้ยทะเล	16.00	7.946	0.8585	2.044	0.3044	0.8203
เซลลูโลสที่ผลิตจากผักตบชวา	5.767	5.037	0.9917	1.465	0.3735	0.9465

สรุปผลการวิจัย

เซลลูโลสที่เตรียมจากผักเบี้ยทะเลและผักตบชวามีศักยภาพในการดูดซับ $KMnO_4$ จากน้ำเสียสังเคราะห์ และมีแนวโน้มที่จะนำไปใช้เป็นวัสดุดูดซับชีวภาพได้ดี ปัจจัยที่เหมาะสมในการดูดซับ ได้แก่ เวลาในการดูดซับ 12 ชั่วโมง ปริมาณวัสดุดูดซับ 1.0 กรัม การดูดซับที่ pH เป็นกลาง และความเข้มข้นของสารละลายเริ่มต้นมีผลต่อการดูดซับ ในขณะที่อุณหภูมิและความเค็มไม่มีผลต่อการดูดซับอย่างมีนัยสำคัญ การดูดซับสอดคล้องกับแบบจำลอง Langmuir ซึ่งแสดงถึงการดูดซับแบบชั้นเดียว งานวิจัยนี้ยืนยันว่าเซลลูโลสจากพืชน้ำทั้งสองชนิดสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นวัสดุดูดซับได้ในหลากหลายสภาพแวดล้อม ซึ่งสะท้อนถึงศักยภาพในการใช้งานในทางอุตสาหกรรมและสิ่งแวดล้อม

อ้างอิง

Babel, S., & Kurniawan, T. A. (2003). Low-cost adsorbents for heavy metals uptake from contaminated water: a review. *Journal of Hazardous Materials, 97*(1-3), 219-243. Retrieved from https://doi.org/10.1016/S0304-3894(02)00263-7

Chen, W., Li, D., & Wang, T. (2011). AAdsorption behavior of methylene blue onto bamboo-based activated carbon in aqueous solution. *Desalination, 268*(1-3), 253-258. Retrieved from https://doi.org/10.1016/j.desal.2010.10.007

Ho, Y. S., & McKay, G. (1999). Pseudo-second order model for sorption processes. *Process Biochemistry, 34*(5), 451-465.

Lokhande, V. H., Nikam, T. D., Suprasanna, P., Patade, V. Y., & Ahire, M. L. (2011). Effects of optimal and supra-optimal salinity stress on antioxidative defence, osmolytes and in vitro growth responses in Sesuvium portulacastrum L. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC), 104*, 41-49.

Mkilima, T., Saspugayeva, G., Dakieva, K., Tussupova, Z., Zhaken, A., Kumarbekuly, S., . . . Khussainov, M. (2024). Enhancing slaughterhouse wastewater treatment through the integration of microbial fuel cell and Electro-Fenton systems: A comprehensive comparative analysis. *Journal of Water Process Engineering*(57). doi:104743

Rahman, M. M., Chowdhury, M. A., & Kabir, M. M. (2021). Comprehensive characterization of sea purslane (Sesuvium portulacastrum) fiber and the effect of surface modifications on physical, mechanical, and thermal properties. *Journal of Natural Fibers, 18*(12), 1758-1773. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/350482000

Rodríguez, M., Meneses, R. I., & León, O. M. (2023). Steam-assisted extraction of nanocellulose from Eichhornia crassipes. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management, 19*. Retrieved from https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666934X25000029

Salaenoi, J., Jurejan, N., Yokthongwattana, C., Pluempanupat, W., & 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). doi:100975

Saleh, B., Riaz, M., Ahmed, M., & Khan, M. A. (2019). Chemical characterization of Sesuvium portulacastrum using FTIR under salinity stress. *South African Journal of Botany, 125*, 456-462. Retrieved from https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215017X19302668

Sukadjasakul , A. (2012). *Dyea Removal from Doi Tung Development Project Textile Wastewater Utilizing Adsorbent from Water Hyacinth and Cyperus corymbosus Rottb [MSc thesis].* Kasetsart University, Bangkok.

Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Stensel, H. D. (2003). *Wastewater Engineering* (Vol. 4). Boston: McGraw-Hill.

Wulandari, W. T., Rochliadi, A., & Arcana, I. M. (2022). Isolation of cellulose from water hyacinth using chemical treatment. *Cellulose Chemistry and Technology, 56*(3-4), 345-353. Retrieved from https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9778230/

ผลของการเสริมซีลีเนียมต่อคุณภาพก่อนการเก็บเกี่ยวของต้นอ่อนกะหล่ำปลีแดง

Aye Darli Theint[1] ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ[2,3] เฉลิมชัย วงษ์อารี[2,3] พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย[2,3] และ วาริช ศรีละออง[2,3*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริมซีลีเนียม (Se) ต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในไมโครกรีนกะหล่ำปลีแดง โดยปลูกไมโครกรีนเป็นระยะเวลา 14 วันภายใต้สภาพควบคุม (อุณหภูมิ 23 ± 1°C; ความชื้นสัมพัทธ์ 86 ± 5%; ช่วงการให้แสงสีขาว 16 ชั่วโมงกลางวัน/8 ชั่วโมงกลางคืน; ความเข้มแสง 60 µmol $m^{-2}s^{-1}$) และให้ซีลีเนียมความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) และ 10 มก./ลิตร ทำการประเมินความยาวของลำต้น สี และองค์ประกอบทางเคมีทุกๆ สองวันในช่วงก่อนเก็บเกี่ยว ในขณะที่ปริมาณ Se และน้ำหนักทำการประเมินในวันเก็บเกี่ยว ผลการทดลองพบว่าการให้ Se ส่งผลให้ความยาวของลำต้นและน้ำหนักสดของไมโครกรีนเพิ่มขึ้น ปริมาณ Se ในไมโครกรีนที่ได้รับการเสริม Se มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญมากกว่าชุดควบคุม (6.12 มก./กก.) นอกจากนี้ไมโครกรีนที่ได้รับการเสริม Se ความเข้มข้น 10 มก./ลิตร มีสารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ กรดแอสคอร์บิก และแอนโทไซยานิน รวมถึงฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าการใช้ Se ช่วยเพิ่มปริมาณ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระได้โดยไม่ส่งผลเสียต่อคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของไมโครกรีนกะหล่ำปลีแดง

คำสำคัญ: ซีลีเนียม กะหล่ำปลีแดง สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ สารต้านอนุมูลอิสระ

[1] นักศึกษา, สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

[2] รองศาสตราจารย์, สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

[3] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กองส่งเสริมและประสานเพื่อประโยชน์ทางวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม สำนักงานปลัดกระทรวงกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม 10400

[1] Student, Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi 10140

[2] Assoc. Prof., Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi 10140

[3]Postharvest Technology Innovation Center, Science, Research and Innovation Promotion and Utilization Division, Office of the Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation 10400

* Corresponding Author: E-mail: varit.sri@kmutt.ac.th, Tel: 02-470-7726

The Effect of Selenium (Se) Supplementation on the Bioactive Compounds and Antioxidant Activity in Red Cabbage Microgreens

Aye Darli Theint[1], Nutthachai Pongprasert[2,3], Chalermchai Wongs-Aree[2,3], Panida Boonyaritthongchai[2,3] and Varit Srilaong[2,3*]

Abstract

This study aimed to evaluate the effect of selenium (Se) supplementation on the bioactive compounds and antioxidant activity in red cabbage microgreens. The microgreens were cultivated for 14 days under controlled conditions (23 ± 1°C; 86 ± 5% relative humidity; 16-hour light/8-hour dark photoperiod; light intensity of 60 µmol $m^{-2}s^{-1}$ using white light) with or without selenium (0 (control) and 10 mg/L as sodium selenate). Hypocotyl length, color, and chemical parameters were evaluated every two days during the preharvest period, while selenium content and biomass yield were assessed on the harvest day. Selenium treatment promoted hypocotyl elongation of the microgreens. Selenium content significantly increased in the treated microgreens (6.12 mg/kg) compared with the control treatment. Notably, microgreens treated with selenium showed significant increases in phenolic compounds, flavonoids, ascorbic acid, and anthocyanins, along with enhanced antioxidant activity. These findings suggest that selenium supplementation can enhance the nutritional quality and antioxidant potential of red cabbage microgreens without adversely affecting their physical or chemical properties.

Keywords: selenium, red cabbage, bioactive compounds, antioxidants

Introduction

Microgreens are young plants harvested 1–3 weeks after sprouting, when they reach just a few centimeters in height and develop their first true leaves. They are nutrient-rich with intense flavors, high concentrations of vitamins, and potent antioxidants, making them ideal for salads, garnishes, and small-scale cultivation. Their short growth cycle, minimal space requirements, and higher micronutrient content compared to mature plants make them well-suited for urban farming and home use (Tan et al., 2020). For example, red cabbage microgreens contain approximately 260-fold more β-carotene, 70-fold more phylloquinone, and six times more vitamin C, as well as higher glucosinolate levels than mature red cabbage. However, microgreens typically contain only limited amounts of certain micronutrients, such as selenium (Choe et al., 2018).

Selenium (Se) is an essential trace element involved in the formation of selenoamino acids such as selenocysteine and selenomethionine, which serve as cofactors for antioxidant enzymes. It supports immune function, enhance antioxidant defense, and has reported anti-cancer and anti-viral properties (Ullah et al., 2019). A high content of bioactive compounds has been observed in wheat microgreens biofortified with selenium (Islam et al., 2020). Similarly, significant increases in total phenol content and yield have been reported in coriander and tatsoi microgreens following selenium biofortification (Pannico et al., 2020). Therefore, the combination of Se with phytochemicals and bioactive compounds in microgreens is regarded as a novel approach in the development of functional foods (Islam et al., 2020; Pannico et al., 2020).

This study aims to investigate whether selenium supplementation can enhance selenium accumulation and significantly increase the content of bioactive compounds and antioxidant activity in red cabbage microgreens.

Materials and Method

Red cabbage microgreen seeds, imported from Japan, were sown on sponge sheets (6.4 × 6.2 cm) placed in plastic cups (8.3 × 8.3 × 9.4 cm), which were arranged in trays holding 18 cups each. The microgreens were grown under controlled conditions (23 ± 1°C; 86 ± 5% relative humidity), considering a photoperiod of 16 h day/8 h night with a light intensity of 60 µmol $m^{-2}s^{-1}$.Then, sodium selenate (Na_2SeO_4) through a nutrient solution containing 0 (control), 10, 20, or 30 mgL^{-1} of Se was applied by spraying for 5 ml per pot every evening starting from Day 6. The range of pH and conductivity value of the solutions used was 5.5-6.5 and 1500 μScm^{-1}, respectively. The experiment was carried out using a completely randomized design (CRD) with five replications.

Microgreens from each treatment were harvested every two days starting from Day 6. After harvesting, hypocotyl length of the samples from each treatment was measured and the color variation of the microgreens was analyzed by using a chroma meter CR-400 (Konica Minolta, Japan). The samples were then chopped and immediately frozen in liquid nitrogen for further chemical analysis. On the harvesting day (Day 14), fresh weight (FW) and dry weight (DW) of microgreens from each treatment were determined. For dry weight measurement, chopped microgreens were placed in moisture cans and dried in an oven at 105 °C for approximately 24 hours until a constant weight was achieved. Selenium content was evaluated

using in-house method T9154, based on AOAC (2023) 986.15 in Day 14 samples. Additionally, chemical parameters including ascorbic acid content (Roe et al., 1948), anthocyanin content (Giusti & Wrolstad, 2001), total phenolic content (Singleton & Rossi, 1965), total flavonoid content (Lin & Tang, 2007), and DPPH radical scavenging activity (Shimada et al., 1992) were analyzed with slight modifications from their original protocols. Statistical analysis was conducted using one-way ANOVA, with Duncan's Multiple Range Test employed for comparison of means and determination of least significant differences ($p < 0.05$) using Statistical Analysis Software.

Results and Discussion

Microgreens' Hypocotyl Length, Fresh Yield (FW) and Dry Weight (DW)

Selenium supplementation did not significantly affect the dry weight or fresh weight of red cabbage microgreens compared to the control (Figures 1.A and 1.B). The result was consistent with previous reports that low doses of Se can be beneficial or neutral for plant growth without inducing toxicity (Hartikainen et al., 2000).Therefore, 10 mg/L Se supplementation of the present study maintained biomass accumulation and water status without causing detrimental effects.

In contrast, hypocotyl length was significantly enhanced by Se treatment until the harvesting day (Figure 1.C). Microgreens treated with Se consistently exhibited longer hypocotyls from day 6 to day 14 compared to untreated controls, indicating that selenium may promote cell elongation or delay developmental constraints during growth. Similar findings have been reported where selenium application stimulated vegetative growth and stress tolerance in young plants (Feng et al., 2013).

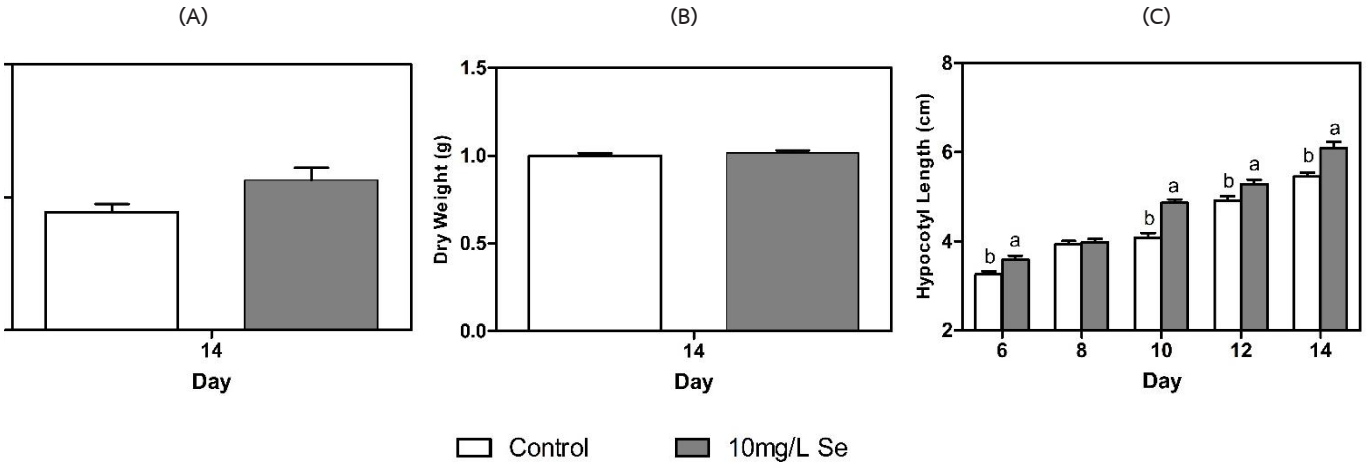


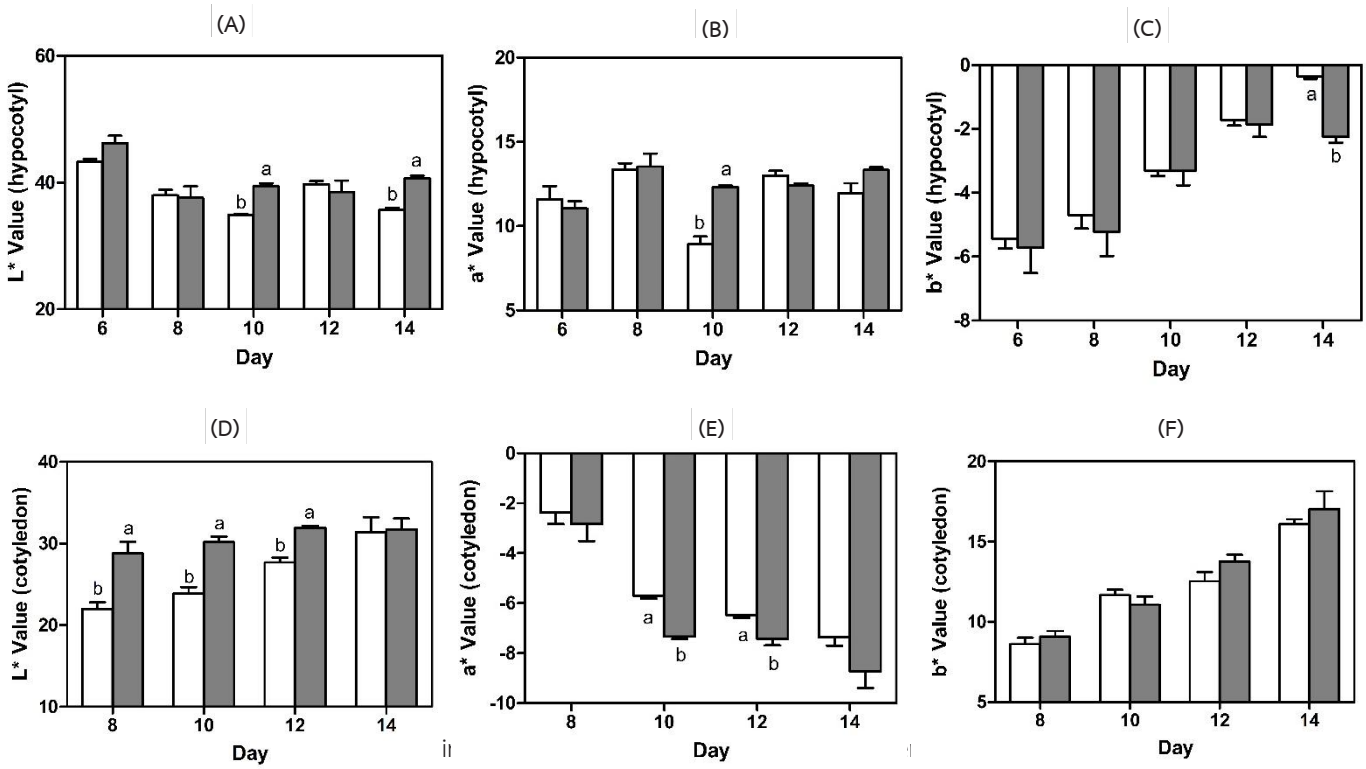
Figure 1. Fresh Weight (A), Dry Weight (B), and Hypocotyl Length (C) of red cabbage microgreens under different selenium concentrations. The vertical bars indicated standard errors, n=50 (hypocotyl length); n=3 (FW and DW). Different lowercase letters above the bars indicated significant differences between treatments by Duncan's multiple range test at a level of 0.05.

Color Changes of Hypocotyls and Cotyledons

The color analysis of hypocotyls and cotyledons are described in figures 2 (A-F). Selenium supplementation significantly influenced the color development of hypocotyls and cotyledons in red cabbage microgreens. The L* values were higher in Se-treated microgreens compared to the control, indicating more lightness. The a* values of cotyledons in Se-treated microgreens were significantly lower (indicating higher greenness) at days 10 and 12, possibly because of chlorophyll preservation under Se supplementation. Meanwhile, the b* values of hypocotyls in both treatments remained negative throughout the growing period, with a significantly lower b* value observed in Se-treated hypocotyls compared to the control on Day 14 ($p < 0.05$). According to our findings, Se supplementation delayed color deterioration in hypocotyls, likely due to its antioxidant effects that protect pigments from oxidative damage. Our study confirmed the role of selenium maintaining the visual appearance in horticultural products as reported in previous studies (Hawrylak-Nowak et al., 2015).

Selenium Content

The major plant species that act as selenium hyperaccumulators belong to the families Brassicaceae, Fabaceae, and Asteraceae (Hariharan & Dharmaraj, 2020). This study confirmed selenium treated red cabbage microgreens as selenium hyper accumulator with a notable increase in Se accumulation (6.12 mg kg^{-1}) compared to the control (0.05 mg kg^{-1}) (Figure 3.A). Similarly, the significant increase of selenium in Se biofortified microgreens have been reported by previous studies (Islam et al., 2020; Viltres-Portales et al., 2024). Due to its chemical similarity to sulfur, selenium undergoes comparable uptake, translocation, and metabolism, resulting in the formation of selenium analogs and enhanced selenium accumulation.



value(hypocotyl) (A), a* value(hypocotyl) (B), b* value(hypocotyl) (C), L* value(cotyledon) (D), a* value(cotyledon) (E), b* value(cotyledon) (F). The vertical bars indicated standard errors, n=3. Different lowercase letters above the bars indicated significant differences between treatments by Duncan's multiple range test at a level of 0.05.

Bioactive Compounds and Antioxidant Activity

Selenium (Se) treatment at 10 mg/L significantly enhanced the retention of key bioactive compounds. Anthocyanin content declined progressively in both control and Se-treated microgreens from day 8 onward; however, selenium supplementation significantly maintained the higher level of anthocyanin than the control, exhibiting higher anthocyanin levels (~180 mg CGE/100 g) compared to the control (~150 mg CGE/100 g) on day 14 (Fig.3.B). Total phenol content (TPC) similarly decreased over the growing period but remained significantly higher in Se-treated microgreens on days 6 and 14 ($p < 0.05$) (Fig.3.C). Total flavonoid content (TFC) showed an increasing trend until day 10, followed by a decline, with Se treatment resulting in significantly higher TFC levels on days 8, 10, and 12 (Fig.3.D). The highest TFC was recorded on day 10 in Se-treated samples (~70 mg QCE/100 g) compared to controls (~50 mg QCE/100 g).

Ascorbic acid content was significantly higher in Se-treated samples from days 6 to 12 (Fig.3. E), indicating that Se may mitigate oxidative degradation of vitamin C during the growing period. Although DPPH radical scavenging activity remained relatively stable over time, Se-treated samples showed a notable increase on day 10 compared to the control, reflecting enhanced antioxidant capacity (Fig.3.F).Other studies have also demonstrated the significant increase of bioactive compounds and antioxidant activity in selenium biofortified broccoli and wheat microgreens (Gao et al., 2021; Islam et al., 2020).

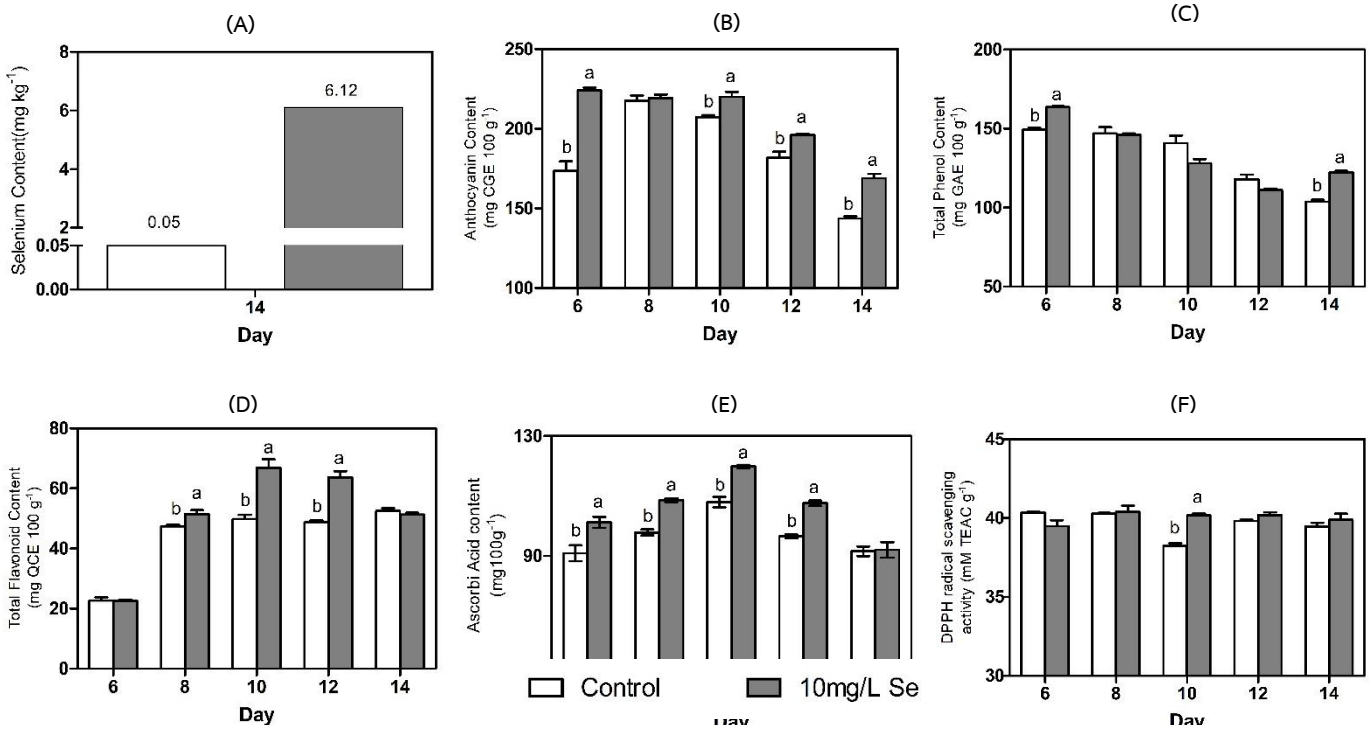


Figure 3. Content of selenium and bioactive compounds in red cabbage microgreens under different selenium concentrations. Selenium content (A), Anthocyanin Content (B), Total Phenol Content (C), Total Flavonoid Content (D), Ascorbic Acid Content (E) and DPPH radical scavenging activity (F). The vertical bars indicated standard errors, n=3. Different lowercase letters above the bars indicated significant differences between treatments by Duncan's multiple range test at a level of 0.05.

The improved retention of bioactive compounds and antioxidant profiles in Se-treated red cabbage microgreens supports the role of Se in enhancing antioxidant defense mechanisms, as previously reported in strawberries and tomatoes (D'Amato et al., 2020; Zhu et al., 2009).The Se-mediated enhancement of TPC and TFC could be attributed to stimulation of the phenylpropanoid pathway and activation of key enzymes such as phenylalanine ammonia-lyase (PAL) (Hasanuzzaman et al., 2011; Hawrylak-Nowak et al., 2015). Se-treated samples consistently maintained higher levels of antioxidant compounds, suggesting that Se supplementation can delay senescence and oxidative deterioration.

Conclusion

In conclusion, the present study demonstrates that selenium (Se) biofortification enhances the nutritional composition and antioxidant potential of red cabbage microgreens. Treatment with low concentrations of sodium selenate significantly promoted the accumulation of key bioactive compounds, including phenolics, flavonoids, ascorbic acid, and anthocyanins, while improving overall antioxidant activity. Remarkably, these enhancements were achieved without compromising essential morphological parameters such as hypocotyl length, coloration, and biomass yield. These findings highlight the potential of Se-enriched red cabbage microgreens as a functional food source with added health benefits. Future research should focus on optimizing Se application strategies, elucidating the bioavailability and metabolic impacts of selenium in humans, and evaluating the long-term safety and agronomic sustainability of Se-biofortified microgreen production systems.

Acknowledgement

I am incredibly grateful to the German Academic Exchange Service (DAAD) which provided the financial support. I would like to express my sincere appreciation to my advisor, Assoc. Prof. Dr. Varit Srilaong, and my co-advisor, Assoc. Prof. Dr. Nutthachai Pongprasert for their valuable guidance and continuous support throughout the course of this research. Our sincere thanks go to the United Graduate School of Agricultural Sciences (UGSAS), Gifu University, Japan, for their support of research facilities.

Reference

Choe, U., Yu, L. L., & Wang, T. T. (2018). The science behind microgreens as an exciting new food for the 21st century. *Journal of agricultural and food chemistry*, *66*(44), 11519-11530.

D'Amato, R., Regni, L., Falcinelli, B., Mattioli, S., Benincasa, P., Dal Bosco, A., Pacheco, P., Proietti, P., Troni, E., & Santi, C. (2020). Current knowledge on selenium biofortification to improve the nutraceutical profile of food: A comprehensive review. *Journal of agricultural and food chemistry*, *68*(14), 4075-4097.

Gao, M., He, R., Shi, R., Li, Y., Song, S., Zhang, Y., Su, W., & Liu, H. (2021). Combination of selenium and UVA radiation affects growth and phytochemicals of broccoli microgreens. *Molecules*, *26*(15), 4646.

Giusti, M. M., & Wrolstad, R. E. (2001). Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. *Current protocols in food analytical chemistry*(1), F1. 2.1-F1. 2.13.

Hariharan, S., & Dharmaraj, S. (2020). Selenium and selenoproteins: It's role in regulation of inflammation. *Inflammopharmacology*, *28*, 667-695.

Hartikainen, H., Xue, T., & Piironen, V. (2000). Selenium as an anti-oxidant and pro-oxidant in ryegrass. *Plant and soil*, *225*, 193-200.

Hasanuzzaman, M., Hossain, M. A., & Fujita, M. (2011). Selenium-induced up-regulation of the antioxidant defense and methylglyoxal detoxification system reduces salinity-induced damage in rapeseed seedlings. *Biological Trace Element Research*, *143*, 1704-1721.

Hawrylak-Nowak, B., Matraszek, R., & Pogorzelec, M. (2015). The dual effects of two inorganic selenium forms on the growth, selected physiological parameters and macronutrients accumulation in cucumber plants. *Acta Physiologiae Plantarum*, *37*, 1-13.

Islam, M. Z., Park, B.-J., Kang, H.-M., & Lee, Y.-T. (2020). Influence of selenium biofortification on the bioactive compounds and antioxidant activity of wheat microgreen extract. *Food chemistry*, *309*, 125763.

Lin, J.-Y., & Tang, C.-Y. (2007). Determination of total phenolic and flavonoid contents in selected fruits and vegetables, as well as their stimulatory effects on mouse splenocyte proliferation. *Food chemistry*, *101*(1), 140-147.

Pannico, A., El-Nakhel, C., Graziani, G., Kyriacou, M. C., Giordano, M., Soteriou, G. A., Zarrelli, A., Ritieni, A., De Pascale, S., & Rouphael, Y. (2020). Selenium biofortification impacts the nutritive value, polyphenolic content, and bioactive constitution of variable microgreens genotypes. *Antioxidants*, *9*(4), 272.

Roe, J. H., Mills, M. B., Oesterling, M. J., & Damron, C. M. (1948). The determination of diketo l-gulonic acid, dehydro-l-ascorbic acid, and l-ascorbic acid in the same tissue extract by the 2, 4-dinitrophenylhydrazine method.

Shimada, K., Fujikawa, K., Yahara, K., & Nakamura, T. (1992). Antioxidative properties of xanthan on the autoxidation of soybean oil in cyclodextrin emulsion. *Journal of agricultural and food chemistry*, *40*(6), 945-948.

Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*, *16*(3), 144-158.

Tan, L., Nuffer, H., Feng, J., Kwan, S. H., Chen, H., Tong, X., & Kong, L. (2020). Antioxidant properties and sensory evaluation of microgreens from commercial and local farms. *Food Science and Human Wellness*, *9*(1), 45-51.

Ullah, H., Liu, G., Yousaf, B., Ali, M. U., Irshad, S., Abbas, Q., & Ahmad, R. (2019). A comprehensive review on environmental transformation of selenium: recent advances and research perspectives. *Environmental geochemistry and health*, *41*, 1003-1035.

Viltres-Portales, M., Sánchez-Martín, M.-J., Llugany, M., Boada, R., & Valiente, M. (2024). Selenium biofortification of microgreens: Influence on phytochemicals, pigments and nutrients. *Plant Physiology and Biochemistry*, *206*, 108283.

Zhu, Y.-G., Pilon-Smits, E. A., Zhao, F.-J., Williams, P. N., & Meharg, A. A. (2009). Selenium in higher plants: understanding mechanisms for biofortification and phytoremediation. *Trends in plant science*, *14*(8), 436-442.

การศึกษาองค์ประกอบพฤกษเคมีของสารสกัดจากโพทะเลดอกย้อย (*Thespesia populneoides* (Roxb.) Kostel)

พรไพบูลย์ กุลเคน[1] ปฐมาพร อำนาจอนันต์[2] และจินตนา สและน้อย[1*]

บทคัดย่อ

โพทะเลดอกย้อย (*Thespesia populneoides* (Roxb.) Kostel) เป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็ก พบได้ทั่วไปในเขตร้อนชายฝั่งทะเล และริมฝั่งแม่น้ำลำคลองที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำกร่อย การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาแนวทางในการเพิ่มมูลค่าของโพทะเลดอกย้อยซึ่งเป็นพืชที่ไม่ได้มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ โดยการศึกษาลักษณะทางกายวิภาค องค์ประกอบของสารอินทรีย์และสารพฤกษเคมี ผลการศึกษาพบว่าใบ กิ่ง และผลที่โตเต็มที่ของโพทะเลดอกย้อยเป็นช่วงที่มีการสะสมสารพฤกษเคมีสูงที่สุด เนื่องจากโครงสร้างเนื้อเยื่อมีความสมบูรณ์ ส่งผลให้สารสกัดมีคุณภาพสูง ปริมาณสารอินทรีย์ (เถ้า) ในใบ ผลสด ผลแห้ง และกิ่งของโพทะเลดอกย้อย มีค่าเท่ากับ 4.18±0.59, 1.15±0.17, 5.96±0.74 และ 3.48±0.49% ตามลำดับ แสดงถึงปริมาณที่อยู่ในเกณฑ์ในการที่จะสามารถนำไปพัฒนาการใช้ประโยชน์ในทางสมุนไพรได้ ผลการศึกษาประสิทธิภาพตัวทำละลายในการสกัดสารพฤกษเคมี พบว่าเอทานอลเป็นตัวทำละลายที่ให้ผลการสกัดได้ดีกว่าน้ำกลั่น และเฮกเซน โดยสามารถสกัดสารกลุ่ม อัลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ แอนทราควิโนน ซาโปนิน และแทนนิน ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการศึกษาครั้งนี้ชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของโพทะเลดอกย้อยในการพัฒนาเป็นพืชสมุนไพร ตลอดจนเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากพืชป่าชายเลนต่อไป

คำสำคัญ: โพทะเลดอกย้อย สารพฤกษเคมี พืชป่าชายเลน สมุนไพร

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร, ไทย. 10900.

[2] ภาควิชาเทคนิคการสัตวแพทย์, คณะเทคนิคการสัตวแพทย์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร, ไทย. 10900.

[1] Department of Marine Science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok, Thailand 10900

[2] Department of Veterinary Technology, Faculty of Veterinary Technology, Kasetsart University, Bangkok, Thailand 10900

* Corresponding Author: E-mail: ffisjid@ku.ac.th

Phytochemical Screening of *Thespesia populneoides* (Roxb.) Kostel

Pornpaiboon kulkhen[1], Patamaporn Umnahanant[2], and Jintana Salaenoi[1*]

Abstract

Thespesia populneoides (Roxb.) Kostel is a small tree commonly found in tropical coastal areas and along rivers and canals influenced by brackish water. The aim of this study was to find ways to increase the value of this non-economically valuable plant by studying its anatomical characteristics, inorganic constituents and phytochemicals. The results revealed that the leaves, branches and mature fruits of this tree showed the highest accumulation of phytochemicals because the tissue structure is complete, resulting in high quality extracts. The amounts of inorganic substances (ash) in the leaves, fresh fruits, dried fruits and branches were 4.18±0.59, 1.15±0.17, 5.96±0.74 and 3.48±0.49%, respectively, indicating that the amount is within the criteria for developing medicinal uses. The efficiency of solvents in extracting phytochemicals revealed that ethanol is a solvent that provides better extraction results than distilled water and hexane. It can extract alkaloids, flavonoids, anthraquinones, saponins and tannins efficiently. The study indicates the potential of *Thespesia populneoides* to be developed as a medicinal plant and provide basic information for further development of mangrove plant products.

Keywords: *Thespesia populneoides*, Phytochemical Screening, mangrove plants, herb

บทนำ

ป่าชายเลนนอกจากจะเป็นแหล่งที่มีความอุดมสมบูรณ์ทางชีวภาพสูงที่สุดแห่งหนึ่งแล้ว ยังเป็นแหล่งยาธรรมชาติและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีคุณสมบัติทางเภสัชวิทยาที่สามารถพบได้ในส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ราก ลำต้น กิ่งก้าน ใบ ดอก ผล และต้นอ่อน เป็นต้น สารเหล่านี้เกิดจากกระบวนการเมทาบอไลท์ของพืช ซึ่งสารพฤกษเคมีที่สำคัญ ได้แก่ แอนทราควิโนนไกลโคไซด์ (Anthraquinone glycoside) มีฤทธิ์เป็นยาระบาย (Sakulpanich & Gritsanapan, 2008) สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน (De Beer et al., 2002; Pourmorad et al., 2006) เพิ่มภูมิคุ้มกันให้กับร่างกาย (Ghasemzadeh et al., 2011) และแอลคาลอยด์ (alkaloids) มีฤทธิ์ต้านมะเร็ง และต้านการอักเสบ เป็นต้น มีรายงานการใช้สมุนไพรป่าชายเลนในตำราของหมอยาพื้นบ้าน เช่น ต้นโพทะเลดอกตั้ง (*Thespesia populnea*) ต้นเหงือกปลาหมอดอกขาว (*Acanthus inerme*) และต้นเหงือกปลาหมอดอกม่วง (*Acanthus ilicifolius* L.) เป็นต้น (บุญดิศย์ วงศ์ศักดิ์, 2561)

ต้นโพทะเลดอกย้อย (*Thespesia populneoides* (Roxb.) Kostel) จัดอยู่ในวงศ์ Malvaceae เช่นเดียวกับต้นโพทะเลดอกตั้ง พบตามบริเวณเขตชายฝั่งทะเล ที่ดอน และริมฝั่งแม่น้ำลำคลองที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำกร่อย ออกดอกและผลเป็นช่วง ๆ เกือบตลอดปี แต่พบการแพร่กระจายไม่กว้างขวางเหมือนโพทะเลดอกตั้ง เนื่องจากในปัจจุบันมีการศึกษาองค์ประกอบพฤกษเคมีของโพทะเลดอกย้อยอยู่อย่างจำกัด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ศึกษาองค์ประกอบทางพฤกษเคมี กายวิภาคศาสตร์ รวมถึงการศึกษาปริมาณสารสกัดและวิเคราะห์องค์ประกอบอนินทรีย์ของโพทะเลดอกย้อย เพื่อประเมินคุณค่าในการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เช่น เภสัชกรรม อุตสาหกรรมสมุนไพร ตลอดจนเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากพืชป่าชายเลนต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาองค์ประกอบภายในของส่วนต่างๆ ของโพทะเลดอกย้อย

รวบรวมตัวอย่างโพทะเลดอกย้อย (*Thespesia populneoides* (Roxb.) Kostel.) โดยแยกเก็บส่วนของใบ ผล และกิ่งจากบริเวณป่าชายเลน ตำบลบ้านแหลม อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี นำตัวอย่างใบสดอ่อน ใบสดที่เจริญเต็มที่ และกิ่งมาทำ cross section เพื่อศึกษาองค์ประกอบภายในโดยการส่องดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์

การวิเคราะห์องค์ประกอบสารอนินทรีย์ในโพทะเลดอกย้อย

วิเคราะห์ปริมาณความชื้น โดยนำตัวอย่างส่วนต่างๆ ของโพทะเล ได้แก่ ใบ ผล และกิ่ง มาอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4-6 ชั่วโมง เก็บใส่โถดูดความชื้นก่อนบันทึกน้ำหนัก และการวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า โดยนำตัวอย่างโพทะเลส่วน ใบ ผล และกิ่ง มาเผาด้วยเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เก็บใส่โถดูดความชื้นก่อนบันทึกน้ำหนัก จากนั้นนำไปคำนวณหาค่าตามวิธีมาตรฐานของ AOAC (Feldsine et al., 2002; Lehotay, 2000)

การศึกษาองค์ประกอบของสารพฤกษเคมี (Phytochemical screening)

ตรวจสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้น ทั้งหมด 7 กลุ่ม ได้แก่ อัลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ แอนทราควิโนน สเตียรอยด์ เทอร์พีนอยด์ ซาโปนิน และแทนนิน ตามวิธีการของ (Ayoola et al., 2008; Kodangala et al., 2010; Samejo et al., 2013) โดยการนำตัวอย่างแห้งของโพทะเลดอกย้อยมาสกัดด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด ได้แก เอธานอล น้ำกลั่น และเฮกเซน

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ลักษณะทั่วไปและลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์

โพทะเลดอกย้อยเป็นต้นไม้ที่มีเรือนยอดแผ่กว้าง ค่อนข้างแน่นทึบ ลำต้นคดงอ แตกกิ่งต่ำ มีใบเดี่ยว เรียงเวียนสลับ แผ่นใบรูปหัวใจ ขอบใบเรียบ ปลายใบแหลมถึงเรียวแหลม เส้นใบย่อยสานกันเป็นแบบร่างแห ผิวใบด้านบนเกลี้ยงสีเขียวหม่น เป็นมันวาว เนื้อใบบาง มีดอกเดี่ยว หรือออกเป็นคู่ตามง่ามใบ ที่ก้านดอกเรียว โน้มเอียงหรือย้อยลง ไม่มีริ้วประดับ มีผลรูปทรงกลมแป้นปลายมนหรือแบนเล็กน้อย เปลือกแยกออกได้เป็น 3 ชั้น เปลือกชั้นนอกเรียบ เมื่อแก่เต็มที่แตกออกเป็น 5 แฉก เปลือกชั้นกลางเป็นเส้นใยสานกันลักษณะคล้ายฟองน้ำ เปลือกชั้นในแข็ง ผลสดมียางสีเหลือง **(ภาพที่ 1A)**

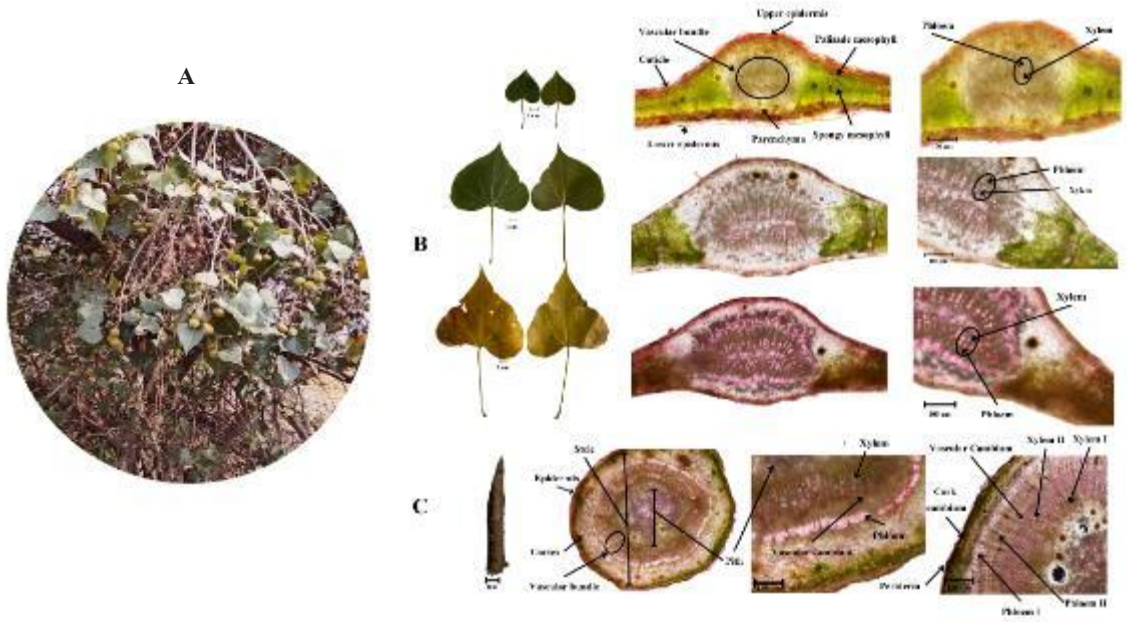
จากการศึกษาภาคตัดขวางของใบโพทะเลดอกย้อยในช่วงอายุต่างๆ กัน พบว่า ใบอ่อนมีโครงสร้างเนื้อเยื่อที่ยังไม่สมบูรณ์ ส่งผลให้การสะสมสารพฤกษศาสตร์ในระดับต่ำ ใบที่โตเต็มที่ (mature leaves) มีโครงสร้างที่คาดว่าจะมีการสะสมสารพฤกษศาสตร์เคมีสูงที่สุด โดยเฉพาะในชั้น parenchyma, mesophyll, และ vascular bundle ในส่วนของ palisade mesophyll, spongy mesophyll และบริเวณรอบมัดท่อลำเลียง (xylem และ phloem) **(ภาพที่ 1B)** ซึ่งมีรายงานว่าเป็นจุดสำคัญในการสะสมสารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และแทนนิน (Gupta et al., 2013; Harborne, 1993) ส่วนใบแก่พบการเสื่อมสภาพของเนื้อเยื่อ เช่น parenchyma ที่บางลงหรือเกิดจุดสีน้ำตาล ซึ่งอาจส่งผลให้การสะสมสารบางชนิดลดลงหรือถูกย่อยสลาย (Gupta et al., 2013)

ส่วนกิ่งอ่อน (young stems) มีโครงสร้างเนื้อเยื่อที่สำคัญ เช่น cortex และ cambium ยังพัฒนาไม่เต็มที่ จึงอาจจะมีสารพฤกษศาสตร์บางชนิด เช่น แทนนิน หรือฟีนอลิก สะสมในปริมาณที่น้อย (Bratt, 2000) เมื่อกิ่งเจริญเต็มที่ (mature stems) โครงสร้างเนื้อเยื่อจะสมบูรณ์ โดยเฉพาะในชั้นเปลือกไม้ (periderm) **(ภาพที่ 1C)** ซึ่งเป็นจุดสะสมสำคัญของสารฟลาโวนอยด์ แทนนิน ลิกนิน และสารเรซิน (Hofmann et al., 2009) ซึ่งกิ่งไม้แก่จัด (old stems) จะมีการสะสมลิกนินสูงทำให้โครงสร้างแข็งและประสิทธิภาพการสะสมสารลดลง ในส่วนของผล มีรายงานว่าแอนโทไซยานินซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระจะถูกสะสมในปริมาณสูงในผลพืชที่เจริญเต็มที่ (Tomás-Barberán & Espín, 2001) เพื่อช่วยให้ผลพืชมีสีที่จะดึงดูดสัตว์ให้เข้ามา และมีบทบาทสำคัญในการกระจายเมล็ด ทั้งนี้ในผลพืชที่ยังไม่สุกจะมีสารขมและฝาดสูง เช่น แทนนิน ซึ่งจะมีปริมาณลดลงเมื่อผลพืชแก่เต็มที่ และสารแอนโทไซยานินจะเพิ่มขึ้นในผลที่แก่เต็มที่ (Bratt, 2000)

การสะสมสารพฤกษศาสตร์เคมีในพืชมีความสัมพันธ์กับการพัฒนาโครงสร้างเนื้อเยื่อในแต่ละส่วนของพืช โดยเฉพาะใบและกิ่งที่เจริญเต็มที่จะมีการสะสมสารทุติยภูมิในปริมาณสูงที่สุด และโครงสร้างเนื้อเยื่อที่สมบูรณ์ที่สุด ดังนั้นใบที่โตเต็มที่ กิ่งไม้ที่เจริญเต็มที่ และผลที่แก่เต็มที่ เป็นช่วงอายุที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเก็บตัวอย่างพืช เพื่อนำมาศึกษาและสกัดสารพฤกษศาสตร์เคมี เนื่องจากเป็นช่วงที่มีการสะสมสารทุติยภูมิในระดับสูงและมีโครงสร้างเนื้อเยื่อที่สมบูรณ์ ซึ่งจะส่งผลให้สารที่ได้จากการสกัดมีประสิทธิภาพสูงสุด เหมาะสมในการนำไปใช้งานทางเภสัชวิทยาและอุตสาหกรรมต่างๆ

องค์ประกอบของสารอินทรีย์ในโพทะเลดอกย้อย

ตัวอย่างโพทะเลดอกย้อยที่นำมาศึกษา พบว่า ใบ ผลสด และผลแห้ง มีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 2.13±0.64, 11.36±2.59, 6.80±1.74 กรัม ตามลำดับ ความกว้าง 112.41±13.24, 31.75±3.01 และ 34.36±3.53 มิลลิเมตร ตามลำดับ และความยาว 108.19±14.95, 22.41±1.61 และ 24.27±3.03 มิลลิเมตร ตามลำดับ



ภาพที่ 1 ลักษณะกายวิภาคศาสตร์ด้านตัดขวางของโพทะเลดอกย้อย (*Thespesia populneoides* (Roxb.) Kostel.); A) ลักษณะต้นโพทะเลดอกย้อย B) กายวิภาคศาสตร์ส่วนใบ และ C) กายวิภาคศาสตร์ส่วนกิ่ง (กำลังขยาย 100x)

ความชื้นถือว่าเป็นตัวแปรที่มีความสำคัญ ถ้าหากมีน้ำแทรกในโมเลกุลปริมาณมากจะส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ หรือเกิดการสลายตัวของเส้นใยได้ สำหรับเถ้า พบว่าในตัวอย่างใบ ผลสด ผลแห้ง และกิ่งของโพทะเลดอกย้อย มีค่าเท่ากับ 4.18±0.59, 1.15±0.17, 5.96±0.74 และ 3.48±0.49% ตามลำดับ ซึ่งเถ้าเกี่ยวข้องกับแร่ธาตุ และสารอินทรีย์ในตัวอย่าง ถ้ามีปริมาณของเถ้าสูงแสดงถึงการปนเปื้อนของสารอินทรีย์และแร่ธาตุสูง ซึ่งจะมีผลต่อการสกัดสารให้บริสุทธิ์ (Atiwannapat et al., 2008) จากการวิเคราะห์พบว่าเถ้าของใบกับกิ่งมีปริมาณไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งปริมาณเถ้าในผลแห้งสูงกว่าในผลสดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แสดงถึงผลแห้งมีการสะสมของสารอินทรีย์สูงกว่าใบ กิ่ง และผลสด ทั้งนี้มีรายงานพบว่าโพทะเลดอกตั้งมีเถ้าร้อยละ 2.14 และเมื่อพิจารณาการใช้ประโยชน์ พบว่าปริมาณเถ้าในทุกส่วนยังอยู่ในระดับปลอดภัยตามเกณฑ์ไม่เกินร้อยละ 10 (Kathirselvam et al., 2019) แสดงว่าโพทะเลดอกย้อยสามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางสมุนไพรและอุตสาหกรรมได้อย่างเหมาะสม

องค์ประกอบของสารพฤกษเคมี

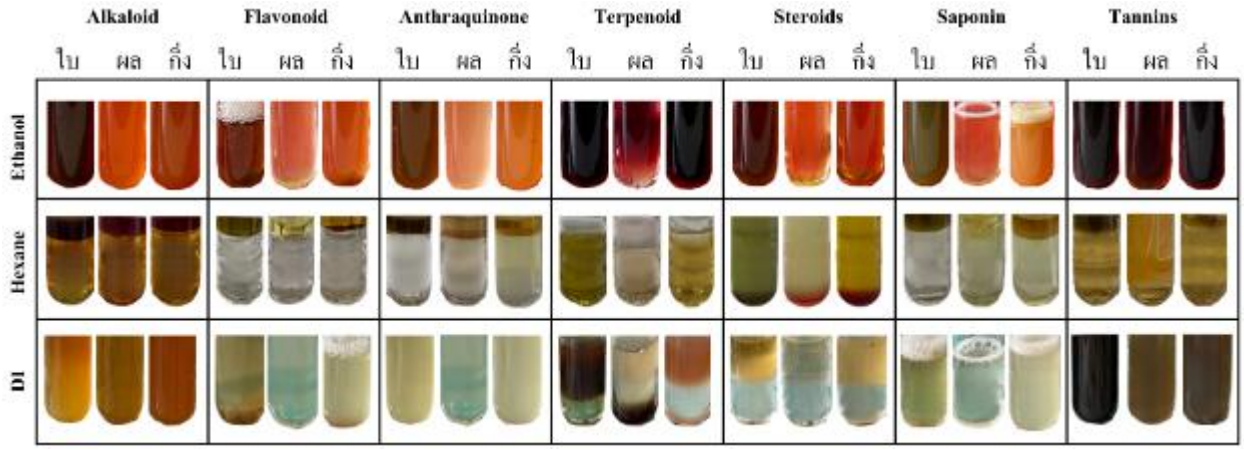
จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางพฤกษเคมี โดยใช้ตัวทำละลาย 3 ชนิดคือ เอธานอล น้ำกลั่น และเฮกเซน พบว่า การสกัดด้วยเอธานอล พบสารกลุ่มแอลคาลอยด์ และแทนนิน ในใบ สารแอลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ แอนทราควิโนน ซาโปนิน และ

แทนนิน ในผลแห้ง และสารแอลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ แอนทราควิโนน เทอร์พีนอยด์ ซาโปนิน และแทนนิน ในกิ่ง (ตารางที่1) และ (ภาพที่ 2) ผลการสกัดด้วยน้ำกลั่น พบสารกลุ่มแอลคาลอยด์ สเตียรอยด์ ซาโปนิน และแทนนิน ในใบ สารแอลคาลอยด์ สเตียรอยด์ ซาโปนิน และแทนนิน ในผลแห้ง และสารแอลคาลอยด์ ซาโปนิน และแทนนิน ในกิ่ง และผลการสกัดด้วยเฮกเซน พบสารกลุ่มแอลคาลอยด์ สเตียรอยด์ และแทนนิน ในใบ และแทนนินในผลแห้ง ส่วนในกิ่งไม่พบสารกลุ่มดังกล่าว

ตารางที่ 1 การตรวจสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้นจากใบ ผล และกิ่งของโพทะเลดอกย้อยที่สกัดได้จากตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ

Phytochemicals	Ethanol			Hexane			Distilled water		
	ใบ	ผล	กิ่ง	ใบ	ผล	กิ่ง	ใบ	ผล	กิ่ง
Alkaloids	+++	+++	+++	+	-	-	+++	+++	+++
Flavonoids	-	+++	+++	-	-	-	-	-	-
Anthraquinones	-	+++	+	-	-	-	-	-	-
Terpenoids	-	-	+++	-	-	-	-	-	-
Steroids	-	-	-	+++	-	-	+	+	-
Saponins	-	+++	+	-	-	-	+++	+++	+
Tannins	+++	+++	+++	+	+	-	+++	+++	+

หมายเหตุ : - หมายถึง ไม่พบกลุ่มสาร (Negative test), + หมายถึง พบกลุ่มสารมีปริมาณปานกลาง (Positive test), +++ หมายถึง พบกลุ่มสารปริมาณเยอะ (Very Positive test)



ภาพที่ 2 การตรวจสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้นในใบ ผลแห้ง และกิ่งของโพทะเลดอกย้อย โดยใช้ตัวทำละลายเอธานอล น้ำกลั่น และเฮกเซน โดยสังเกตได้จากการเปลี่ยนแปลงของสี ตะกอน หรือการเกิดฟองในหลอดทดลอง ซึ่งการทดสอบอัลคาลอยด์สังเกตการเกิดตะกอนสีส้มแดง การทดสอบฟลาโวนอยด์สังเกตดูการเปลี่ยนสีเหลืองเข้ม การทดสอบแอนทราควิโนนสังเกตการเกิดสีชมพูแดง การทดสอบเทอร์พีนอยด์ตรวจดูการเกิดวงแหวนสีน้ำตาลบริเวณรอยต่อระหว่างชั้น การทดสอบสเตียรอยด์ตรวจการเปลี่ยนสี

เป็นน้ำเงินหรือน้ำเงินเขียว การทดสอบซาโปนินสังเกตการเกิดฟองถาวรหลังการเขย่า และการทดสอบแทนนินสังเกตการเปลี่ยนเป็นสีเขียวดำหรือสีน้ำเงิน

จากผลการศึกษา พบว่าโพทะเลดอกย้อยมีองค์ประกอบของสารพฤกษเคมีหลากหลายกลุ่ม โดยเฉพาะแอลคาลอยด์และแทนนิน ซึ่งตรวจพบในทุกส่วนของพืชและในตัวทำละลายทุกชนิด และแสดงบทบาทสำคัญทางสรีรวิทยาหรือป้องกันศัตรูพืชตามธรรมชาติ (Harborne, 1998; Kolawole, 1994) ผลของโพทะเลดอกย้อยมีองค์ประกอบของสารพฤกษเคมีมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับใบและกิ่ง นอกจากนี้ยังพบว่าเอทานอลเป็นตัวทำละลายที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการสกัดสารพฤกษเคมีจากโพทะเลดอกย้อย รองลงมาคือน้ำกลั่น ขณะที่เฮกเซนซึ่งมีความเป็นขั้วน้อย ไม่สามารถสกัดสารกลุ่มที่มีขั้วได้ดีนัก จึงให้ผลการตรวจพบสารน้อยกว่าตัวทำละลายอื่น แสดงให้เห็นว่า การเลือกตัวทำละลายมีผลอย่างมากต่อประสิทธิภาพในการสกัดสารพฤกษเคมีจากโพทะเลดอกย้อย

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้สรุปได้ว่า องค์ประกอบของพฤกษเคมีในโพทะเลดอกย้อยในใบที่โตเต็มที่ กิ่งที่โตเต็มที่ และผลที่สุกเต็มที่ เป็นช่วงที่มีการสะสมสารพฤกษเคมีสูงที่สุดเนื่องจากโครงสร้างมีความสมบูรณ์ องค์ประกอบทางอนินทรีย์สารมีความเหมาะสม โพทะเลดอกย้อยจึงสามารถนำไปพัฒนาต่อเพื่อการใช้ประโยชน์ทางสมุนไพรและอุตสาหกรรมได้อย่างเหมาะสม ผลการศึกษาชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของผลโพทะเลดอกย้อยในการนำแหล่งวัตถุดิบทางธรรมชาติไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพ ยาสมุนไพร หรืองานทางด้านเภสัชกรรมได้ในอนาคต

อ้างอิง

Atiwannapat, P., Anapanuruk, W., Oonjittichai, W., & Karuhaputtana, B. (2008). Study on chemical constituents of Acacia crassicarpa. pp. 125-129. *In The 46th Kasetsart University annual conference*, 29 January - 1 February 2008, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

Ayoola, G., Coker, H., Adesegun, S., Adepoju-Bello, A., Obaweya, K., Ezennia, E. C., & Atangbayila, T. (2008). Phytochemical screening and antioxidant activities of some selected medicinal plants used for malaria therapy in Southwestern Nigeria. *Tropical journal of pharmaceutical research*, 7(3), 1019-1024.

Bratt, K. (2000). Secondary plant metabolites as defence against herbivores and oxidative stress Synthesis. *Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology,* 567

De Beer, D., Joubert, E., Gelderblom, W. C. A., & Manley, M. (2002). Phenolic compounds: A review of their possible role as in vivo antioxidants of wine. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 23(2), 48–61.

Feldsine, P., Abeyta, C., & Andrews, W. H. (2002). AOAC International methods committee guidelines for validation of qualitative and quantitative food microbiological official methods of analysis. *Journal of AOAC international*, 85(5), 1187-1200.

Ghasemzadeh, A., Jaafar, H. Z., & Rahmat, A. (2011). Effects of solvent type on phenolics and flavonoids content and antioxidant activities in two varieties of young ginger (Zingiber officinale Roscoe) extracts. *J Med Plants Res*, 5(7), 1147-1154.

Gupta, M., Yoshioka, H., Ohnishi, K., Mizumoto, H., Hikichi, Y., & Kiba, A. (2013). A translationally controlled tumor protein negatively regulates the hypersensitive response in Nicotiana benthamiana. *Plant and cell physiology*, 54(8), 1403-1414.

Harborne, J. B. (1998). Phytochemical methods: A guide to modern techniques of plant analysis (3rd ed.). *Dordrecht: Springer Science & Business Media.*

Harborne, J. (1993). Advances in chemical ecology. *Natural Product Reports*, 10(4), 327-348.

Hofmann, C., Niehl, A., Sambade, A., Steinmetz, A., & Heinlein, M. (2009). Inhibition of tobacco mosaic virus movement by expression of an actin-binding protein. *Plant physiology*, 149(4), 1810-1823.

Kathirselvam, M., Kumaravel, A., Arthanarieswaran, V., & Saravanakumar, S. (2019). Characterization of cellulose fibers in Thespesia populnea barks: Influence of alkali treatment. *Carbohydrate Polymers*, 217, 178-189.

Kodangala, C., Saha, S., & Kodangala, P. (2010). Phytochemical studies of aerial parts of the plant Leucas lavandulaefolia. *Der Pharma Chemica*, 2(5), 434-437.

KOLAWOLE, A. (1994). Phytochemical and pharmacological examination of Entandrophragma angolense and Cryptolepis sanguinolenta*. Doctoral dissertation, University of Ibadan.*

Lehotay, S. J. (2000). AOAC International collaborative study on the determination of pesticide residues in nonfatty foods by supercritical fluid extraction and gas chromatography/mass spectrometry. *Special Publications of the Royal Society of Chemistry*, 256, 89-99.

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.

Sakulpanich, A., & Gritsanapan, W. (2008). Extraction method for high content of anthraquinones from Cassia fistula pods. *J Health Res*, 22(4), 167-172.

Samejo, M. Q., Sumbul, A., Shah, S., Memon, S. B., & Chundrigar, S. (2013). Phytochemical screening of Tamarix dioica Roxb. ex Roch. *Journal of pharmacy research*, 7(2), 181-183.

Tomás-Barberán, F. A., & Espín, J. C. (2001). Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(9), 853-876.

บุญดิศย์ วงศ์ศักดิ์, ศศิภาวรรณ มาชะนา, จิราพร จรอนันต์, นภัสสร ฉันทธำรงศิริ, บัลลังก์ เนื่องแสง. (2561). การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและความเป็นพิษต่อเซลล์ องค์ประกอบทางเคมี และลายพิมพ์ดีเอ็นเอของพังกาดอกช่อ (Bruguiera hainesii) และหลุมพอทะเล (Intsia bijuga) ในพื้นที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าว คุ้งกระเบนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. มหาวิทยาลัยบูรพา.

การศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของน้ำนึ่งปลาและน้ำมันปลาจากโรงงานปลาป่นต่อการเจริญเติบโตของปลาชะโอน (*Ompok bimaculatus*)

ธนพล อยู่เย็น[1*] ทวีเดช ไชยนาพงษ์[2] และแจ่มจันทร์ เพชรศิริ[2]

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของการใช้ผลิตภัณฑ์พลอยได้จากโรงงานปลาป่น ได้แก่ น้ำนึ่งปลา (fish condensate) และน้ำมันปลา (fish oil) เป็นสารเสริมในสูตรอาหารสำหรับการเลี้ยงปลาชะโอน (*Ompok bimaculatus*) ภายใต้ระบบการเพาะเลี้ยงในถังพลาสติก การทดลองแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 1–3 ซึ่งมีการเสริมสารดังกล่าวในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน การทดลองดำเนินเป็นระยะเวลา 150 วัน โดยเก็บข้อมูลเกี่ยวกับน้ำหนักเฉลี่ยของปลา คุณภาพน้ำ อัตราการรอดชีวิต (Survival Rate) อัตราการเจริญเติบโตเฉพาะ (Specific Growth Rate: SGR) อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (Average Daily Gain: ADG) และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed Conversion Ratio: FCR) ผลการศึกษาแสดง ให้เห็นว่ากลุ่มปลาที่ได้รับอาหารผสมด้วยน้ำนึ่งปลาและน้ำมันปลามีอัตราการเจริญเติบโต น้ำหนักสุดท้าย ค่า SGR และ ADG สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยเฉพาะกลุ่ม T3 ซึ่งมีค่า ADG เท่ากับ 0.27 ± 0.014 กรัม/วัน และ SGR เท่ากับ 1.567 ± 0.039%/วัน ขณะที่ FCR ต่ำที่สุด (1.55 ± 0.03) ส่วนอัตราการรอดชีวิตไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มทดลอง ($P > 0.05$) การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของอาหารแสดงให้เห็นว่า การเสริมน้ำนึ่งปลาและน้ำมันปลาเพิ่มปริมาณโปรตีนและพลังงานในอาหาร โดยกลุ่ม T3 มีปริมาณโปรตีนสูงสุดที่ 26.23 กรัม/100 กรัม นอกจากนี้การควบคุมคุณภาพน้ำในระบบการเลี้ยงยังมีบทบาทสำคัญต่อการอยู่รอดของปลา จากข้อมูลทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่า การเสริมสารด้วยน้ำนึ่งปลาและน้ำมันปลาในอัตราส่วน 50:50% เป็นสัดส่วนที่เหมาะสมและมีศักยภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของปลาชะโอนภายใต้ระบบการเลี้ยงในถังพลาสติก

คำสำคัญ: น้ำนึ่งปลา น้ำมันปลา ปลาชะโอน การเจริญเติบโต FCR SGR

---

[1] คณะวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยทักษิณ จังหวัดพัทลุง 93210

[2] คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ จังหวัดพัทลุง 93210

[1] Faculty of Science and Digital Innovation, Thaksin University, Phatthalung Province, 93210

[2] Faculty of Technology and Community Development, Thaksin University, Phatthalung Province, 93210

* Corresponding Author: E-mail : thanapon@tsu.ac.th

Study on the appropriate proportion of fish condensate and fish oil from fishmeal factories for the growth of butter catfish (*Ompok bimaculatus*)

Thanapon Yooyen[1*], Thaweedet Chainapong[2] and Jamjun Pechsiri[2]

Abstract

This study aimed to evaluate the effects of incorporating fishmeal factory by-products specifically fish condensate and fish oil as dietary supplements in the feed formulation for butter catfish (*Ompok bimaculatus*) under a plastic tank aquaculture system. The experiment was divided into four groups: a control group and three treatment groups supplemented with different proportions of fish condensate and fish oil. The trial lasted 150 days, during which data were collected on average body weight, water quality parameters, survival rate, specific growth rate (SGR), average daily gain (ADG), and feed conversion ratio (FCR). The results demonstrated that fish fed diets supplemented with fish condensate and fish oil exhibited significantly higher growth rates, final body weight, SGR, and ADG compared to the control group ($P < 0.05$). Notably, the T3 group showed the best performance, with an ADG of 0.27 ± 0.014 g/day and an SGR of 1.567 ± 0.039%/day, while also recording the lowest FCR (1.55 ± 0.03). No statistically significant differences were observed in survival rates among groups ($P > 0.05$). Nutritional analysis of the diets indicated that the addition of fish condensate and fish oil increased the protein and energy content, with the T3 group showing the highest protein level (26.23 g/100g). Moreover, effective water quality management was identified as a crucial factor for fish survival. Overall, the findings suggest that supplementing diets with fish condensate and fish oil at a 50:50 ratio is optimal for promoting the growth performance of *O. bimaculatus* reared in plastic tanks.

Keywords: Fish condensate, fish oil, *Ompok bimaculatus*, growth performance, FCR, SGR

บทนำ

ปลาชะโอน (*Ompok bimaculatus*) เป็นปลาน้ำจืดเศรษฐกิจที่พบในแหล่งน้ำธรรมชาติหลายพื้นที่ของไทย โดยเฉพาะภาคใต้ มีเนื้อนุ่ม รสชาติดี เป็นที่นิยมบริโภคและมีความต้องการสูง อย่างไรก็ตาม ปริมาณในธรรมชาติลดลงจากการเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศและการจับเกินขนาด กรมประมงจึงส่งเสริมการเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์ โดยจังหวัดพัทลุง โดยเฉพาะตำบลแหลมโตนดได้พัฒนาเป็นแหล่งเลี้ยงปลาชะโอนที่สำคัญ ภายใต้โครงการระบบส่งเสริมเกษตรแบบแปลงใหญ่ ปัจจุบันการเลี้ยงยังขาดอาหารเฉพาะ ส่งผลต่อการเจริญเติบโต ขนาดไม่สม่ำเสมอ และเกิดพฤติกรรมกินกันเอง งานวิจัยก่อนหน้านี้เสนอการใช้สารสกัดจา ก หนอนแมลงวันลายแต่ยังมีข้อจำกัดด้านความต่อเนื่องของวัตถุดิบ ขณะเดียวกัน ผลพลอยได้จากโรงงานปลาป่น เช่น น้ำนึ่งปลาและน้ำมันปลา มีคุณค่าทางโภชนาการสูง จึงมีศักยภาพใช้เป็นวัตถุดิบอาหารปลากินเนื้ออย่างปลาชะโอน การศึกษานี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการ Pre-TSU Move for Industry 2566 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของการเสริมน้ำนึ่งปลาและน้ำมันปลาในสูตรอาหารต่อการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และอัตราการรอดตายของปลาชะโอน เพื่อพัฒนาอาหารต้นทุนต่ำ คุณภาพสูง และยั่งยืนในระดับชุมชน ในการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของน้ำนึ่งปลาและน้ำมันปลาจากโรงงานปลาป่นต่อการเจริญเติบโตของปลาชะโอน

วิธีดำเนินการวิจัย

ลูกปลาชะโอนจำนวน 2,000 ตัว ได้รับจากฟาร์มเกษตรกรในตำบลแหลมโตนด อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง นำมาเลี้ยงอนุบาลในถังพลาสติก IBC (ขนาด 1,000 ลิตร) โดยเติมอากาศและให้อาหารอาหารกบเล็ก 2 เวลา (8.00 และ 16.00 น.) เป็นเวลา 15 วัน ก่อนเข้าสู่กระบวนการทดลองเพื่อให้ปลาแข็งแรงและมีสภาพร่างกายพร้อมสำหรับการศึกษาวิจัย การทดลองใช้ระยะเวลา 150 วัน แบ่งปลาทั้งหมดออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 3 ซ้ำ รวม 12 ถัง ได้แก่

- กลุ่มควบคุม (C) ให้อาหารปลาดุกทั่วไปโดยไม่เสริมสารใด
- กลุ่มทดลอง 3 กลุ่ม ได้แก่ T1 (50:50), T2 (60:40), และ T3 (70:30) ซึ่งได้รับสารเสริมที่เป็นส่วนผสมของน้ำนึ่งปลาและน้ำมันปลาในอัตราส่วนต่างกันตามลำดับ โดยผสมในอาหารปลาดุกในอัตรา 10 กรัมต่ออาหารเม็ด 1 กิโลกรัม (% w/w) เดือนที่ 1–3 เปลี่ยนเป็นอาหารปลาดุกเล็กชนิดเม็ดลอยน้ำ (โปรตีนไม่น้อยกว่า 25% ไขมันไม่น้อยกว่า 3% กากไม่มากกว่า 8% ความชื้นไม่มากกว่า 12%) และเดือนที่ 4–5 เปลี่ยนเป็นอาหารปลาดุกกลาง ซึ่งมีคุณค่าโภชนาการใกล้เคียงกับอาหารปลาดุกเล็ก แต่เม็ดใหญ่ขึ้น เมื่อคลุกเคล้าสารเสริมกับเม็ดอาหารให้เกาะผิวอาหารดีแล้ว นำไปผึ่งลมให้แห้ง และเก็บอาหารในตู้เย็นเพื่อรักษาคุณภาพ

ตลอดระยะการศึกษา มีการให้อาหารวันละ 2 ครั้ง (เวลา 08.00 และ 16.00 น.) จนกว่าปลาจะอิ่ม มีการติดตามการเจริญเติบโตโดยสุ่มปลา 30% จากแต่ละถังทุก 30 วัน เพื่อนำมาชั่งน้ำหนักและคำนวณค่าทางชีวภาพ ได้แก่ อัตราการรอดชีวิต (% Survival Rate), อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed Conversion Ratio: FCR), อัตราการเจริญเติบโตเฉพาะ (Specific Growth Rate: SGR) และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (Average Daily Growth: ADG) มีการตรวจวัดคุณภาพน้ำทุก 30 วัน เพื่อประเมินความเหมาะสมของสภาพแวดล้อมการเลี้ยง โดยวัดค่าพารามิเตอร์หลัก ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนละลาย (DO), ความเป็นกรด-ด่าง (pH), ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) และปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมด (TDS) ด้วยเครื่องมือ YSI pro 1030 และ YSI 550A ข้อมูลที่ได้จากการทดลองวิเคราะห์โดยใช้สถิติแบบ One-way ANOVA เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง

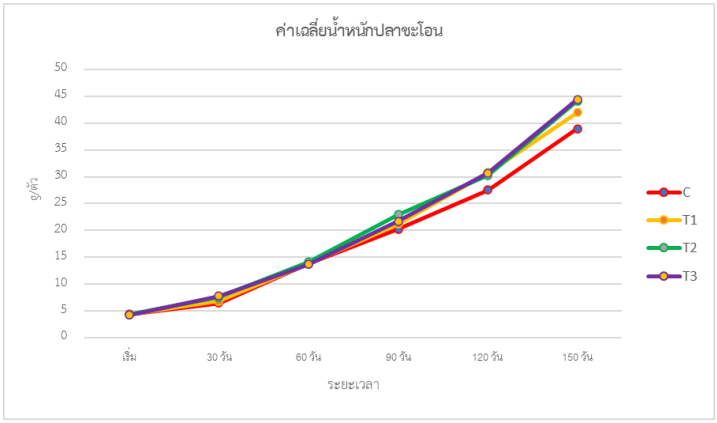
กลุ่ม และทดสอบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ เพื่อประเมินประสิทธิภาพของสูตรอาหารที่มีการเสริมสารต่างกันในการเลี้ยงปลาชะโอน

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

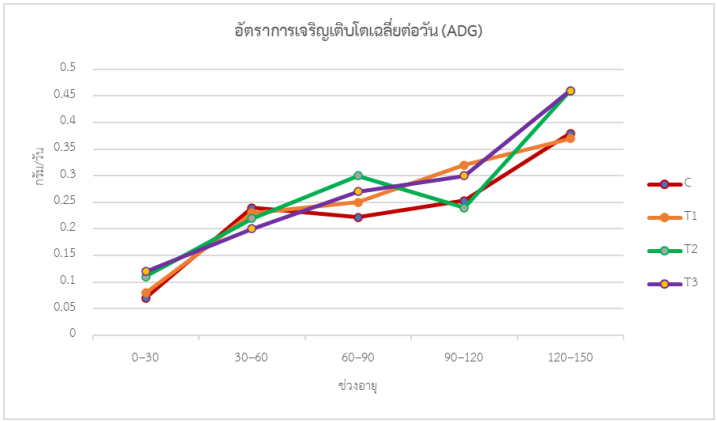
การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของการเสริมวัตถุดิบจากน้ำนึ่งปลาและน้ำมันปลาในสูตรอาหารต่อการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และอัตราการรอดของปลาชะโอนโดยทดลองเลี้ยงปลาเป็นระยะเวลา 150 วัน แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มควบคุม (C) และกลุ่มทดลองที่ได้รับอาหารเสริม 3 กลุ่ม (T1, T2 และ T3) ผลการทดลองพบว่าปลาทุกกลุ่มมีแนวโน้มการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการเลี้ยง โดยมีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ยใกล้เคียงกัน (4.23–4.43 กรัม/ตัว) แสดงถึงความสม่ำเสมอในการสุ่มตัวอย่างและความสอดคล้องของเงื่อนไขการทดลองในระยะเริ่มต้น กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริม โดยเฉพาะกลุ่ม T2 และ T3 แสดงการเจริญเติบโตที่โดดเด่นตั้งแต่ระยะต้นของการเลี้ยง โดยกลุ่ม T3 มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยสูงสุดในวันสิ้นสุดการทดลอง (44.40±2.07 กรัม) รองลงมาคือกลุ่ม T2 (44.10±1.48 กรัม) ขณะที่กลุ่มควบคุมมีน้ำหนักตัวต่ำที่สุด (38.97±1.47 กรัม) สะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพของการเสริมวัตถุดิบจากอุตสาหกรรมปลาป่นในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของปลา (ภาพที่ 1) เมื่อพิจารณาค่าดัชนีการเจริญเติบโต ได้แก่ อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (Average Daily Gain: ADG) และอัตราการเจริญเติบโตเฉพาะ (Specific Growth Rate: SGR) พบว่ากลุ่ม T2 และ T3 มีค่าดังกล่าวสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในช่วงกลางถึงปลายของการทดลอง (ระหว่างวันที่ 60–150) กลุ่ม T1 มีค่าการเจริญเติบโตเด่นชัดในช่วงต้น (0–60 วัน) อย่างไรก็ตาม กลุ่มควบคุมมีค่า ADG และ SGR ต่ำสุดในทุกช่วงเวลา แสดงถึงการตอบสนองต่อสูตรอาหารเสริมที่แตกต่างกันในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของปลา (ภาพที่ 2, 3) ในด้านอัตราการรอดชีวิต กลุ่ม T1 แสดงผลเด่นที่สุด (86.37±4.64%) รองลงมาคือกลุ่ม T2 (82.87±1.72%) และกลุ่ม T3 (82.07±1.00%) ในขณะที่กลุ่มควบคุมมีอัตราการรอดต่ำที่สุด (77.57±5.43%) ส่วนอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed Conversion Ratio: FCR) กลุ่ม T1 มีค่า FCR ต่ำที่สุด (1.51±0.10) บ่งชี้ถึงประสิทธิภาพการใช้อาหารที่ดี รองลงมาคือกลุ่ม T3 (1.55±0.03) และกลุ่ม T2 (1.60±0.16) กลุ่มควบคุมมีค่า FCR สูงที่สุด (1.90±0.14) แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนถึงประสิทธิภาพของสูตรอาหารเสริมในการส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากอาหารในปลาชะโอน (ตารางที่ 1) สำหรับคุณภาพน้ำในถังทดลอง พบว่าทุกตัวแปรสำคัญ ได้แก่ ค่าอุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) การนำไฟฟ้า (EC) และปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS) อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาน้ำจืด และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มทดลอง ($P > 0.05$) ดังนั้นสามารถกล่าวได้ว่าความแตกต่างของผลการเจริญเติบโตและอัตราการรอดในแต่ละกลุ่มไม่ได้เกิดจากปัจจัยด้านคุณภาพน้ำ (ตารางที่ 2)

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) ระบุว่า อัตราการรอดชีวิตระหว่างกลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) อย่างไรก็ตาม ค่า FCR พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยกลุ่มควบคุมมีค่า FCR สูงกว่ากลุ่มทดลองอย่างมีนัยสำคัญ จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ (LSD) พบว่ากลุ่มที่ได้รับการเสริมอาหารทุกกลุ่มมีค่า FCR ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างชัดเจน แสดงให้เห็นว่าการเสริมวัตถุดิบจากน้ำนึ่งปลาและน้ำมันปลาในสูตรอาหารสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตและการใช้ประโยชน์จากอาหารของปลาชะโอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น การเสริมวัตถุดิบจากอุตสาหกรรมปลาป่น ได้แก่ น้ำนึ่งปลาและน้ำมันปลาในสูตรอาหาร มีผลดีต่อการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และอัตราการรอดของปลาชะโอน โดยเฉพาะกลุ่ม T1 ซึ่งแสดงศักยภาพในด้านการรอดและประสิทธิภาพการใช้อาหาร ขณะที่กลุ่ม T2

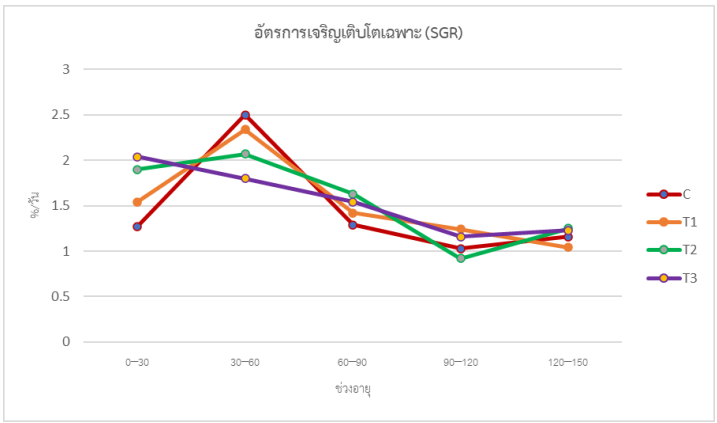
และ T3 มีผลดีอย่างชัดเจนในด้านการเพิ่มน้ำหนักตัว ทำให้การใช้วัตถุดิบเหล่านี้มีแนวโน้มเป็นทางเลือกที่น่าสนใจสำหรับพัฒนาอาหารเลี้ยงปลาชะโอนในระบบเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์



ภาพที่ 1 กราฟเส้นค่าเฉลี่ยน้ำหนักปลาในแต่ละช่วงอายุ



ภาพที่ 2 กราฟเส้นค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (ADG)



ภาพที่ 3 กราฟเส้นค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตเฉพาะ (SGR)

ตารางที่ 1 อัตราการรอดและการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ

กลุ่มทดลอง	อัตราการรอดเฉลี่ย (%)	น้ำหนักรวมปลาหลังการทดลอง (กรัม)	อาหารปลารวมที่ใช้ทั้งหมด (กรัม)	การเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเฉลี่ย
C	77.57±5.43	13,591.9	25,778.5	1.90±0.14
T1	86.37±4.64	16,305.9	24,614.9	1.51±0.10
T2	82.87±1.72	16,442.9	26,259.6	1.60±0.16
T3	82.07±1.00	16,433.2	25,393.5	1.55±0.03

ตารางที่ 2 คุณภาพน้ำเฉลี่ยในถังเลี้ยงปลาชะโอน

ถังเลี้ยง	DO (mg/L)	pH	conductivity (uS/cm)	TDS (mg/L)
C1	6.2±0.11	8.1±0.26	616.6±209.10	317.0±105.56
C2	5.8±0.48	8.1±0.19	545.5±112.70	262.0±52.65
C3	6.2±0.46	8.1±0.32	508.2±105.65	242.8±55.92
T1-1	5.7±0.37	8.4±0.27	535.9±136.29	249.5±64.30
T1-2	6.1±0.26	8.8±0.33	504.7±102.95	233.2±59.80
T1-3	5.6±0.62	8.1±0.17	581.3±131.52	238.8±75.62
T2-1	6.0±0.55	8.4±0.21	509.5±128.05	230.5±61.77
T2-2	5.9±0.42	8.2±0.26	573.9±119.97	256.3±52.35
T2-3	5.8±0.45	7.9±0.50	508.4±77.28	244.4±46.08
T3-1	6.0±0.43	8.3±0.28	523.4±78.42	260.2±44.32
T3-2	5.5±0.42	8.1±0.24	555.9±134.14	268.6±62.26
T3-3	5.7±0.43	8.1±0.28	565.7±126.52	266.3±50.19

ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า การเสริมน้ำนึ่งปลาและน้ำมันปลาจากโรงงานปลาป่นในอาหารมีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงปลาชะโอนอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในด้านอัตราการเจริญเติบโตเฉพาะ (SGR) อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (ADG) และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ซึ่งกลุ่มทดลองมีค่าต่ำกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยผลการเจริญเติบโตที่ดีขึ้นของปลาชะโอนในกลุ่มทดลอง อาจมาจากปัจจัยหลัก 2 ประการ คือ คุณค่าทางโภชนาการของน้ำนึ่งปลาและน้ำมันปลา และความสามารถในการย่อยและดูดซึมของปลาชะโอนที่มีต่อวัตถุดิบดังกล่าว น้ำนึ่งปลาเป็นแหล่งของกรดอะมิโนจำเป็น วิตามิน และแร่ธาตุต่าง ๆ ซึ่งมีความสามารถในการกระตุ้นความอยากอาหารและส่งเสริมระบบย่อยอาหารของปลา (Tacon and Metian, 2008; Ngoan et al., 2020) นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำนึ่งปลามีปริมาณเปปไทด์พันธะสั้นและกรดอะมิโน

อิสระ ซึ่งสามารถดูดซึมได้อย่างรวดเร็วและส่งผลเชิงบวกต่อการเจริญเติบโต (Refstie et al., 2004) สำหรับน้ำมันปลา เป็นแหล่งพลังงานเข้มข้นและอุดมไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่จำเป็น โดยเฉพาะ EPA (Eicosapentaenoic acid) และ DHA (Docosahexaenoic acid) ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาเซลล์ ระบบภูมิคุ้มกัน และสมดุลของฮอร์โมนในปลา (Tocher, 2010; Sargent et al., 2002) งานวิจัยของ Bell et al. (2001) และ Glencross (2009) แสดงให้เห็นว่า การเสริมกรดไขมันเหล่านี้ในอาหารปลาสามารถช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต ลดความเครียด และเพิ่มความต้านทานต่อโรคได้

การลดลงของ FCR ในกลุ่ม T1-T3 ที่เสริมด้วยน้ำนึ่งปลาและน้ำมันปลาแสดงถึงประสิทธิภาพของการเปลี่ยนอาหารให้เป็นมวลชีวภาพของปลาที่ดีขึ้น ซึ่งอาจเป็นผลจากความสมดุลทางโภชนาการของอาหารที่เติมวัตถุดิบจากโรงงานปลาป่น โดยเฉพาะการเสริมพลังงานจากไขมันที่เหมาะสม มีส่วนช่วยลดการสลายโปรตีนเพื่อใช้เป็นพลังงาน ทำให้โปรตีนสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น (NRC, 2011) ถึงแม้ว่าอัตราการรอดชีวิตจะไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่ม ($P > 0.05$) แต่ค่าเฉลี่ยในกลุ่มทดลองมีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มควบคุม แสดงถึงความปลอดภัยและความเหมาะสมของการใช้น้ำนึ่งปลาและน้ำมันปลาในการเสริมสารอาหาร อาจเป็นผลจากการที่ปลาสามารถใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบที่มีคุณภาพได้ดีขึ้น คุณภาพน้ำในทุกถังเลี้ยงในศึกษาอยู่ในช่วงเหมาะสมตามเกณฑ์ของ Boyd (1990) และไม่ได้แสดงความแตกต่างที่อาจมีผลต่อการเจริญเติบโตของปลาโดยตรง ซึ่งช่วยยืนยันว่า การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในตัวแปรด้านการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพอาหารเป็นผลมาจากสูตรอาหารที่แตกต่างกันเป็นหลัก

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของน้ำนึ่งปลาและน้ำมันปลาจากโรงงานปลาป่น มาเสริมในอาหารทดลองต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอดชีวิต และประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลาชะโอน (*Ompok bimaculatus*) โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง 3 กลุ่ม (T1-T3) ที่เสริมด้วยน้ำนึ่งปลาและน้ำมันปลาในสัดส่วนที่ต่างกัน ผลการศึกษาพบว่า น้ำหนักเฉลี่ยของปลาเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุกกลุ่ม โดยกลุ่มทดลองมีค่าน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างชัดเจน อัตราการเจริญเติบโตเฉพาะ (SGR) และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (ADG) ของปลากลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม โดยค่าเฉลี่ยของ SGR อยู่ในช่วง 1.519–1.567 %/วัน และ ADG อยู่ที่ 0.25–0.27 กรัม/วัน สำหรับอัตราการรอดชีวิต ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลอง ($P > 0.05$) ส่วนอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ของกลุ่มทดลองต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยกลุ่มที่มี FCR ต่ำที่สุดคือกลุ่ม T1 (1.51±0.10) สำหรับผลขององค์ประกอบทางเคมีของอาหาร แสดงให้เห็นว่าการเสริมน้ำนึ่งปลาและน้ำมันปลาทำให้ค่าโปรตีน ไขมัน และพลังงานในอาหารเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะกลุ่มที่มีการเติมน้ำมันปลา สำหรับคุณภาพน้ำในถังเลี้ยงปลาชะโอนทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปลา โดยไม่มีความแตกต่างที่อาจกระทบต่อผลการเจริญเติบโตของปลาชะโอน จากการเปรียบเทียบข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้จากการศึกษา ทีมวิจัยสรุปได้ว่าการเสริมด้วยน้ำนึ่งปลาและน้ำมันปลาในสัดส่วน 50:50 (T1) เป็นสัดส่วนที่เหมาะสมในการเสริมอาหารปลาดุกที่ใช้เลี้ยงปลาชะโอน

คำขอบคุณ

งานวิจัยครั้งนี้ ทีมวิจัยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยโครงการวิจัยเงินรายได้มหาวิทยาลัยทักษิณ กองทุนมหาวิทยาลัยทักษิณ ประเภททุนต่อยอดงานวิจัยและนวัตกรรมเชิงพาณิชย์ ประจำปีงบประมาณ 2567 และบริษัท มารีนสงขลาโปรดักส์ จำกัด ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

อ้างอิง

Bell, J. G., McEvoy, J., Tocher, D. R., McGhee, F., Campbell, P. J., & Sargent, J. R. (2001). Replacement of fish oil with rapeseed oil in diets of Atlantic salmon (Salmo salar) affects tissue lipid compositions and hepatocyte fatty acid metabolism. *The Journal of Nutrition*, *131*(5), 1535–1543. https://doi.org/10.1093/jn/131.5.1535

Boyd, C. E. (1990). *Water quality in ponds for aquaculture*. Auburn University, Alabama Agricultural Experiment Station.

Glencross, B. D. (2009). Exploring the nutritional demand for essential fatty acids by aquaculture species. *Reviews in Aquaculture*, *1*(2), 71–124. https://doi.org/10.1111/j.1753-5131.2009.01005.x

Ngoan, L. D., Hang, B. P., & Lindberg, J. E. (2020). Fish soluble extract as a protein supplement in diets for carnivorous and omnivorous freshwater fish. *Aquaculture Reports*, *16*, 100264. https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2019.100264

NRC (National Research Council). (2011). *Nutrient requirements of fish and shrimp*. The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/13039

Refstie, S., Storebakken, T., Baeverfjord, G., & Roem, A. J. (2004). Long-term protein and lipid growth performance of Atlantic salmon (Salmo salar) fed diets with fish protein concentrate as the major protein source. *Aquaculture*, *237*(1–4), 365–381. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.04.011

Sargent, J. R., Tocher, D. R., & Bell, J. G. (2002). The lipids. In J. E. Halver & R. W. Hardy (Eds.), *Fish nutrition* (3rd ed., pp. 181–257). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-012319652-1/50005-9

Tacon, A. G. J., & Metian, M. (2008). Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. *Aquaculture*, *285*(1–4), 146–158. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.08.015

Tocher, D. R. (2010). Fatty acid requirements in ontogeny of marine and freshwater fish. *Aquaculture Research*, *41*(5), 717–732. https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.02150.x

05

การสกัดสารสำคัญจากเปลือกทุเรียน และการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ผงชงพร้อมดื่มรสข้าวโพดหวาน

ชาลิสา เลิศวิสุทธิกุล[1]* และณัฐกมล ศรีราม[2]

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้สารสกัดจากเปลือกทุเรียนหมอนทองในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงชงพร้อมดื่มรสข้าวโพดหวาน พร้อมทั้งศึกษาคุณภาพทางเคมี กายภาพ และฤทธิ์ทางชีวภาพของผลิตภัณฑ์ดังกล่าว โดยใช้เปลือกทุเรียนจากผลอ่อน (อายุ 70–99 วัน) และผลแก่ (อายุ 100–120 วัน) ผ่านกระบวนการสกัดด้วยการต้มในหม้อแรงดันนาน 1 ชั่วโมง ปั่นหยาบ อบแห้งด้วยเครื่องอบแบบลูกกลิ้ง (Drum drier) แล้วบดด้วยเครื่องบดสแตนเลส และร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 80 สองครั้ง ผลการทดลองพบว่าได้ผงจากเปลือกทุเรียนอ่อน 235 กรัมจากเปลือกสด 6,000 กรัม (3.78%) และผงจากเปลือกทุเรียนแก่ 500 กรัม จากเปลือกสด 8,666 กรัม (5.10%) โดยเปลือกทุเรียนแก่ให้ผลผลิตที่สูงกว่า จึงเลือกมาศึกษาคุณสมบัติ เช่น ปริมาณน้ำอิสระ ความชื้น ค่าสี ค่าความเป็นกรด-ด่าง องค์ประกอบทางเคมีพื้นฐาน และปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ สารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และสารต้านอนุมูลอิสระ จากนั้นพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงชงดื่ม 3 สูตร พบว่าผงทุเรียนแก่และอ่อนมีคุณสมบัติกายภาพใกล้เคียงกัน โดยผงจากทุเรียนแก่มีคาร์โบไฮเดรตสูง โปรตีนในระดับพอเหมาะ ไขมันต่ำ และมีแร่ธาตุที่ช่วยเสริมคุณค่าทางโภชนาการ รวมถึงให้พลังงานเหมาะสม และมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในระดับดี การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยใช้แบบสอบถาม 9-point hedonic scale กับผู้บริโภค 20 คน พบว่าสูตรที่ 3 ซึ่งมีส่วนผสมของข้าวโอ๊ต ได้รับคะแนนความพึงพอใจในทุกด้านสูงสุด.

คำสำคัญ: เปลือกทุเรียนหมอนทอง ผงชงพร้อมดื่ม สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ข้าวโพดหวาน

[1] นักเรียน โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย นครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช 80330

[2] นักเรียน โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย นครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช 80330

Extraction of Active Compounds from Durian Peel and Its Application in Sweet Corn Flavored Instant Drink Products

Chalisa Lertwisutthikul[1], Nutkamol Sriram[2]

Abstract

This study aimed to apply extracts from Monthong durian peel in the development of an instant corn-flavored powdered drink, and to examine the chemical, physical, and biological properties of the resulting product. The durian peels were collected from both young fruits (70–99 days old) and mature fruits (100–120 days old), then extracted by pressure boiling for one hour. The material was coarsely blended, dried using a drum drier, ground with a stainless steel grinder, and sieved twice through an 80-mesh screen. The extraction yielded 235 grams (3.78%) of powder from 6,000 grams of young peel and 500 grams (5.10%) from 8,666 grams of mature peel. Due to the higher yield, mature durian peel powder was selected for further analysis, including free moisture content, total moisture, color value, pH level, basic chemical composition, and bioactive compounds such as total phenolic content, total flavonoids, and antioxidant activity. The powder was used to formulate three powdered drink recipes. The results showed that both young and mature peel powders had similar physical properties. The mature peel powder was high in carbohydrates, moderate in protein, very low in fat, and contained essential minerals that enhanced nutritional value. It also provided appropriate energy levels and demonstrated good bioactive properties. Sensory evaluation using a 9-point hedonic scale by 20 consumers indicated that Formula 3, which included oat, received the highest overall acceptance in all sensory aspects.

Keywords: Monthong durian peel, instant powdered drink, bioactive compounds, sweet corn.

บทนำ

ทุเรียนเป็นหนึ่งในผลไม้ยอดนิยมในประเทศไทย และได้รับการยกย่องว่าเป็น "ราชาแห่งผลไม้" การ ผลิตทุเรียนในประเทศไทยมีความสำคัญอย่างมากต่อเศรษฐกิจการเกษตรของไทย โดยเฉพาะในภาคตะวันออก และภาคใต้ ทุเรียนพันธุ์หมอนทองเป็นพันธุ์หลักที่ปลูกมากที่สุด เนื่องจากได้รับความนิยม ในการบริโภคมากที่สุด โดยปัจจุบันประเทศไทยมีปริมาณผลผลิตทุเรียนประมาณ 1.0-1.5 ล้านตันต่อปี ซึ่งแบ่งเป็นส่งออก 70 เปอร์เซ็นต์ และบริโภคภายในประเทศ 30 เปอร์เซ็นต์ เมื่อประเมินจากปริมาณที่บริโภคในประเทศประมาณ 450,000 ตันต่อปี พบว่ามีผลพลอยได้จากทุเรียนประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งประกอบด้วยเปลือกทุเรียนร้อย ละ 58 และเมล็ดทุเรียนร้อยละ 12 นั่นหมายถึงมีเปลือกทุเรียนที่สามารถนำไปแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าได้ไม่น้อยกว่า 261,000 ตันต่อปี เปลือกทุเรียนเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีปริมาณมากในช่วงฤดูกาลเก็บเกี่ยว การบริโภคทุเรียนที่เพิ่มขึ้นทำให้ มีเปลือกทุเรียนเหลือทิ้งจำนวนมาก ซึ่งสร้างปัญหาในการกำจัดของเสียให้กับผู้ขายและผู้ประกอบการแปรรูป ทุเรียนบางครั้งอาจเกิดการเน่าเสีย และไม่ทราบวิธีการกำจัดเปลือกทุเรียนอย่างเหมาะสม มักนำไปทิ้งในที่ว่าง ในสวนและปล่อยให้ย่อยสลายตามธรรมชาติ

ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาวิจัยการใช้เปลือกทุเรียนที่เป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรให้เกิดประโยชน์ สูงสุด จากการศึกษาพบว่าเปลือกทุเรียนมีศักยภาพในการใช้ประโยชน์ในหลายด้าน เช่น อาหารและเครื่องดื่ม อาหารสัตว์ การใช้เป็นสารต้านแบคทีเรียและสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งเปลือกทุเรียนมีศักยภาพในการสร้างมูลค่าเพิ่มในอุตสาหกรรมต่าง ๆ องค์ประกอบของ เปลือกทุเรียนมีปริมาณเส้นใยสูงและมีสารพอลิแซคคาไรด์ที่สามารถสกัดออกมาเป็นเจล ซึ่งมีคุณสมบัติในการ พองตัวหรือละลายในน้ำ ดังนั้นจึงมีศักยภาพในการนำมาผลิตเป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตเป็นสารสำคัญเชิงหน้าที่ (Functional ingredients) ซึ่งเป็นส่วนผสมหรือสารประกอบในอาหารที่มีผลต่อการส่งเสริมสุขภาพ นอกเหนือจากคุณค่าทางโภชนาการพื้นฐาน โดยมีบทบาทพิเศษมากกว่าการทำให้ร่างกายเจริญเติบโตและอิ่ม ท้องเท่านั้น แต่ยังมีผลต่อการทำงานเฉพาะเจาะจงในระบบต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เพิ่มภูมิคุ้มกัน ฟื้นฟูสภาพร่างกาย ลดไขมันในเลือด ต้านเชื้อแบคทีเรีย และต้านมะเร็ง

วิธีดำเนินการวิจัย

ตอนที่ 1 การสกัดสารสำคัญจากเปลือกทุเรียน

1. การเตรียมเปลือกทุเรียน เก็บทุเรียนจากสวนในจังหวัดสุราษฎร์ธานี แบ่งเป็น 2 ชุด ได้แก่ เปลือกจากผลอ่อน (อายุ 70–99 วัน) และผลสุก (อายุ 100–120 วัน) แยกเนื้อและเมล็ดออก ล้างเปลือกให้สะอาด คัดเฉพาะส่วนสีขาว หั่นเป็นชิ้นขนาด 1–2 ตารางเซนติเมตร แช่ในน้ำเกลือ 0.5% นาน 30 นาที ล้างด้วยน้ำไหล และพักให้สะเด็ดน้ำก่อนนำไปใช้

2. การสกัดสารสำคัญจากเปลือกทุเรียน ในสภาวะความร้อนและความดันสูง นำเปลือกทุเรียนจากขั้นตอนที่ 1 จำนวน 2,000 กรัมต่อครั้ง ใส่หม้อต้มแรงดัน เติมน้ำสะอาดให้ท่วมเปลือก แล้วต้มภายใต้อุณหภูมิและความดันสูงเป็นเวลา 40 นาที จากนั้นพักให้เย็นและนำไปบดด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้ กรองแยกกากทิ้ง และนำส่วนเนื้อที่ได้ไปใช้ในขั้นตอนถัดไป

3. การทำแห้ง นำส่วนของเนื้อทุเรียนไปเทใส่ถาดอบ ให้มีความหนาไม่เกิน 0.5 เซนติเมตร แล้วนำไปอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาสเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ได้เป็นแผ่นแป้งทุเรียน นำไปบรรจุในถุงซิปล็อค แล้วเก็บในที่แห้งทึบแสง

4. การบด นำแผ่นแป้งทุเรียนไปบดด้วยเครื่องบดสมุนไพรสแตนเลส แล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรง ขนาด 60 เมท ได้เป็นผงแป้งทุเรียนหมอนทอง บรรจุในถุงซิปล็อค แล้วเก็บในที่แห้งทึบแสง

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์คุณภาพ และการออกฤทธิ์ทางชีวภาพของผงแป้งจากเปลือกทุเรียน

นำผงแป้งเปลือกทุเรียนที่ได้ในตอนที่ 1 ไปวิเคราะห์คุณภาพ ด้านสมบัติทางเคมี กายภาพ และการออกฤทธิ์ทางชีวภาพของผงแป้งจากเปลือกทุเรียน ดังนี้ วิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ วิเคราะห์ค่าสี วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพื้นฐาน (ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต) วิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีภาพ ได้แก่ สารฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระ

ตอนที่ 3 การประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ผงชงพร้อมดื่มรสข้าวโพดหวาน

นำผงแป้งทุเรียนหมอนทองที่คัดเลือกได้จากตอนที่ 2 ไปทดลองใช้ในผลิตภัณฑ์ผงชงพร้อมดื่มรสข้าวโพดหวาน โดยการนำแป้งทุเรียนไปทดแทนแป้งข้าวในสูตรการผลิตผงชงพร้อมดื่ม โดยทำการทดแทนที่ 5 ระดับ คือ ร้อยละ 0 25 50 75 และ 100 แล้วนำไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส คัดเลือกสูตรที่ดีที่สุดเพื่อนำไปใช้เป็นต้นแบบสำหรับการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ต่อไป

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

การวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ผงทุเรียนเบื้องต้น

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพของผงเปลือกทุเรียนทุเรียนแก่และทุเรียนอ่อน

ผงทุเรียน	วิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์					
	ความเป็นกรด-ด่าง	ความชื้น (%)	วอเตอร์แอคติวิตี้	ค่าสี		
				L*	a*	b*
ผงเปลือกทุเรียนอ่อน	6.12±0.007[a]	3.35±0.006[a]	0.40±0.003[a]	52.71±0.015[a]	6.09±0.009 [a]	16.38±0.027[a]
ผงเปลือกทุเรียนแก่	6.09±0.100[a]	3.40±0.100[a]	0.42±0.005[a]	53.60±0.025[a]	6.18±0.011 [a]	16.51±0.037[a]

จากตารางที่ 1 พบว่า ผลการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ผงชงจากทุเรียนอ่อนและทุเรียนแก่ พบว่าทั้งสองสูตรมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 6.07–6.09 และค่าความชื้นระหว่าง 3.33–3.42% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานอาหารแห้ง (ไม่เกิน 15%) ขณะที่ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้อยู่ในช่วง 0.43–0.48 แสดงถึงความปลอดภัยจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ทั้งยังสามารถเก็บรักษาได้นานโดยไม่ต้องแช่เย็น หากจัดเก็บในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมและควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ได้ดี ส่วนค่าสีของผงอยู่ในช่วง L* 52.71–53.60, a* 6.09–6.18 และ b* 16.38–16.51 ซึ่งสะท้อนถึงความแตกต่างเพียงเล็กน้อย โดย

ผงทุเรียนแก่มีแนวโน้มสว่างและสีเข้มกว่าเล็กน้อย การวิเคราะห์ทางสถิติไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ในทุกตัวแปรหลัก แต่อย่างไรก็ตาม ผงทุเรียนแก่มีค่าความชื้นและวอเตอร์แอคติวิตี้สูงกว่าผงทุเรียนอ่อนเล็กน้อย ซึ่งอาจมีผลต่อความเสถียรของผลิตภัณฑ์ในระยะยาวและควรพิจารณาเพิ่มเติมในการพัฒนาเชิงอุตสาหกรรม

วิเคราะห์สมบัติทางเคมีและสารสำคัญในผงเปลือกทุเรียนแก่

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีพื้นฐานของผงเปลือกทุเรียนแก่

องค์ประกอบทางเคมีพื้นฐาน	ผลการวิเคราะห์
โปรตีน (g/100g)	5.83
ไขมัน (g/100g)	0.18
น้ำ (g/100g)	9.47
เถ้า (g/100g)	5.30
คาร์โบไฮเดรต (g/100g)	79.22
น้ำตาลทั้งหมด (g/100g)	28.76
พลังงานทั้งหมด (Kcal/100g)	341.812

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพื้นฐานของผงเปลือกทุเรียนแก่พบว่ามีคาร์โบไฮเดรตสูงถึง 79.22% ซึ่งสะท้อนถึงปริมาณเส้นใยและน้ำตาลในระดับมาก โดยน้ำตาลรวมอยู่ที่ 28.76 กรัมต่อ 100 กรัม จึงเหมาะสำหรับใช้เป็นแหล่งพลังงานหรือสารเติมแต่งในอุตสาหกรรมอาหาร มีโปรตีนในระดับพอเหมาะ (5.83%) และไขมันต่ำมาก (0.18%) ทำให้เหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการลดปริมาณไขมัน ปริมาณความชื้นอยู่ที่ 9.47% ซึ่งควรควบคุมในการจัดเก็บเพื่อรักษาคุณภาพ ส่วนเถ้าอยู่ที่ 5.30% แสดงถึงการคงอยู่ของแร่ธาตุที่อาจเสริมคุณค่าทางโภชนาการ ผงดังกล่าวให้พลังงาน 341.812 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหาร โดยรวมแสดงศักยภาพเชิงอุตสาหกรรม ทั้งในฐานะแหล่งคาร์โบไฮเดรต เส้นใย น้ำตาลธรรมชาติ และพลังงาน

ตารางที่ 3 สารสำคัญของผงเปลือกทุเรียนแก่

สารสำคัญ	ผลการวิเคราะห์
ฟีนอลิกทั้งหมด (mg GAE/100g)	760.833±8.947
ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (mg QE/100g)	339.259±6.174
การต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) (mg GAE/100g)	170.986±0.836

จากตารางที่ 3 พบว่า ผลการวิเคราะห์ผงเปลือกทุเรียนแก่พบว่ามีสารฟีนอลิกทั้งหมด 760.833 mg GAE/100g ซึ่งแสดงถึงศักยภาพสูงในการต้านอนุมูลอิสระ เสริมคุณค่าทางโภชนาการ และอาจช่วยลดความเสี่ยงโรคเรื้อรัง ฟลาโวนอยด์อยู่ที่ 339.259

mg QE/100g บ่งชี้ถึงบทบาทในการต้านการอักเสบและเสริมภูมิคุ้มกัน ขณะที่ค่าการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) เท่ากับ 170.986 mg GAE/100g แสดงถึงความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันในระดับดี โดยรวมผงเปลือกทุเรียนแก่มีศักยภาพในการเป็นวัตถุดิบพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมอาหารหรือเพื่อสุขภาพ ทั้งนี้ควรศึกษากลไกการออกฤทธิ์และความปลอดภัยเพิ่มเติมเพื่อรองรับการใช้ในเชิงพาณิชย์

ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผงชงดื่มจากเปลือกทุเรียน

จากกระบวนการทำผงเบื้องต้น นำมาทำการทดสอบเป็นผลิตภัณฑ์ผงชงดื่ม โดยใช้ตัวอย่างทุเรียนแก่ มาทำการผสมเป็นผลิตภัณฑ์ผงชงดื่มตามสูตรดัง

ตารางที่ 4 สูตรผลิตภัณฑ์ผงชงดื่มจากเปลือกทุเรียน

ส่วนผสม	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3
ผงทุเรียน	100 กรัม	45 กรัม	45 กรัม
ครีมเทียม	-	15 กรัม	15 กรัม
มอลโทเด็กทรินซ์	-	11 กรัม	11 กรัม
น้ำตาล	-	14 กรัม	14 กรัม
ผงข้าวโพด	-	15 กรัม	-
ข้าวโอ๊ต	-	-	15 กรัม
รวม (ร้อยละ)	**100**	**100**	**100**

ตารางที่ 5 การยอมรับทางประสาทสัมผัสของผงชงดื่มจากเปลือกทุเรียนทั้ง 3 สูตรจากผู้บริโภค 20 คน

ผงชงดื่มจากเปลือกทุเรียน	คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	ลักษณะปรากฏ	ความชอบโดยรวม
สูตร 1	5.86±1.578 [a]	6.04±1.628[a]	6.64±1.827[a]	6.04±1.525[a]	6.38±1.850[a]
สูตร 2	6.86±1.512 [b]	6.78±1.569[b]	6.08±1.482[a]	6.34±1.479[a]	6.52±1.581[a]
สูตร 3	7.06±1.406 [b]	7.04±1.414[b]	7.36±1.005[b]	7.22±1.418[b]	7.62±1.227[b]

จากตารางที่ 4-5 พบว่า ผลิตภัณฑ์ผงชงดื่มจากเปลือกทุเรียนทั้ง 3 สูตรถูกนำไปทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสกับผู้บริโภคจำนวน 20 คน โดยใช้แบบประเมิน 9-point hedonic scale ในด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะปรากฏ และความชอบโดยรวม ผลพบว่าสูตรที่ 3 ได้รับคะแนนสูงสุดในทุกด้าน โดยเฉพาะรสชาติและความพึงพอใจโดยรวม แสดงถึงความสำเร็จในการพัฒนาสูตรที่ตรงกับความต้องการของผู้บริโภค ขณะที่สูตรที่ 1 ได้คะแนนต่ำสุด แต่ยังอยู่ในระดับปานกลาง (5.86–6.64) และ

สามารถปรับปรุงเพิ่มเติมได้ ผลการทดลองสะท้อนถึงความสำคัญของการพัฒนาสูตรเพื่อเพิ่มความน่าดึงดูดของผลิตภัณฑ์ในด้านรสชาติและกลิ่นให้ตอบโจทย์ตลาดได้ดียิ่งขึ้น

สรุปผลการวิจัย

1. การวิเคราะห์คุณภาพของผลทุเรียนเบื้องต้น พบว่า ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าผงทุเรียนอ่อนและผงทุเรียนแก่มีคุณสมบัติทางกายภาพที่ใกล้เคียงกัน โดยที่ค่าความชื้นและวอเตอร์แอคติวิตี้ ของผงทุเรียนแก่สูงกว่าผงทุเรียนอ่อนเล็กน้อย อาจทำให้ผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มที่จะเสื่อมสภาพหรือมีความเสี่ยงในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้มากกว่า ค่าสีแสดงให้เห็นว่าผงทุเรียนแก่มีความสว่างและโทนสีแดง-เหลืองที่เข้มกว่าผงทุเรียนอ่อน ซึ่งอาจมีผลต่อการเลือกใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารหรือการประเมินคุณภาพจากผู้บริโภค ค่าpH ใกล้เคียงกันทั้งสองกลุ่ม แสดงถึงความเสถียรในด้านกรด-ด่าง ซึ่งอาจส่งผลต่อรสชาติและความคงตัวของผลิตภัณฑ์

2. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพื้นฐาน พบว่า องค์ประกอบทางเคมีของผงเปลือกทุเรียนแก่แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการใช้งานเชิงอุตสาหกรรมและอาหาร โดยเฉพาะในด้านการเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรตและเส้นใยที่มีน้ำตาลธรรมชาติ รวมถึงการมีพลังงานที่เหมาะสม

3. การวิเคราะห์ฟินอลิกทั้งหมด (Total Phenolic Content) ฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) การต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) พบว่า ผงเปลือกทุเรียนแก่มีปริมาณฟีนอลิกสูง ซึ่งบ่งบอกถึงศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระสารฟีนอลิกมีความสามารถในการจับและยับยั้งอนุมูลอิสระ สารฟลาโวนอยด์นี้เป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีบทบาทในการต้านการอักเสบและเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน การ วิเคราะห์การต้านอนุมูลอิสระ มีแสดงถึงความสามารถของผงเปลือกทุเรียนแก่ในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งเป็นสาเหตุของการเสื่อมสภาพของเซลล์และการเกิดโรค ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงศักยภาพที่น่าสนใจของผงเปลือกทุเรียนแก่ในฐานะแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากผงเปลือกทุเรียนนี้อาจมุ่งเน้นไปที่ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่ช่วยในการเสริมสร้างสุขภาพหรือต้านการอักเสบ

4. การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของน้ำผงชงดื่มจากเปลือกทุเรียนให้คะแนนแบบ 9-point hedonic scale จากผู้บริโภค จำนวน 20 คน พบว่า โดยทดสอบทางด้านสี, กลิ่น, รสชาติ, ลักษณะปรากฏ และความชอบโดยรวม ผลการศึกษาพบว่า สูตร 3 ได้รับการยอมรับในทุกด้านสูงสุด โดยเฉพาะในด้านรสชาติและความชอบโดย รวมทั้งนี้อาจเกิดจากการ ปรับปรุงหรือส่วนผสมที่เหมาะสมที่เพิ่มคุณภาพของรสชาติและกลิ่น สูตร 1 แม้จะได้รับคะแนนต่ำสุดในทุกด้านแต่ยังคงมีระดับการยอมรับในระดับกลาง (5.86-6.64) ซึ่งสามารถพิจารณาปรับปรุงเพิ่มเติมได้ ผลการ ทดลองแสดงให้เห็นถึงความสำเร็จในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงชงดื่มจากเปลือกทุเรียนสูตร 3 ที่มีการยอมรับจากผู้บริโภคในระดับสูงที่สุด

คำขอบคุณ

โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจากนายอนุรุทธิ์ หมีดเส็น ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อมรรัตน์ ถนนแก้ว และอาจารย์ ดร.อรสา นุ่นแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานนี้ที่ได้ให้ข้อเสนอแนะ แนวคิด ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนโครงงานเล่มนี้เสร็จสมบูรณ์และขอขอบคุณคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณทุกท่า ที่กรุณาให้คำแนะนำและช่วยเหลือในการทำโครงงานครั้งนี้

เป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า โครงงาน เรื่อง การสกัดสารสำคัญจากเปลือกทุเรียนและการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ผงชงพร้อมดื่มรสข้าวโพดหวาน จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่นำไปศึกษาต่อไม่มากก็น้อย

อ้างอิง

เจตนิพัทธ์ บุณยสวัสดิ์ และจักราวุธ ภู่เสม. (2560). ผลการใช้เปลือกทุเรียนผงทดแทนแป้งข้าวสาลีคุณภาพของแป้งทาร์ต. *วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร,* 11, 48.

เจตนิพัทธ์ บุณยสวัสดิ์ และจักราวุธ ภู่เสม. (2561). *การพัฒนาศักยภาพแป้งเปลือกทุเรียน*. มหาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

นรินทร์ เจริญพันธ์ และวิยดา กวานเหียน. (2561). *ผลของแป้งจากเศษเหลือทิ้งของทุเรียนต่อคุณคุณภาพของพาสต้าปราศจากกลูเตน.* มหาวิทยาลัยบูรพา.

พิมภนิจภา กันทาดง , มินตรา พีเกาะ และอรธีรา สินด่านจาก. (2561). *ฟิล์มคอมโพสิตชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังเสริมแรงด้วยเส้นใยเซลลูโลสเปลือกทุเรียน.* มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

มธุรา อุณหศิริกุล , คิดชาย อุณหศิริกุล , สิริกัลยา วิสุทธิแพทย์ , หทัยชนก วัฒนศิริกุลชัย และอมรรัตน์ สุวรรณโพธิ์ศรี. (2564). การสกัดเพกทินจากเปลือกทุเรียนเพื่อนำไปใช้ในการผลิตแยมจากสละและระกำที่มีราคาตกต่ำในจังหวัดจันทบุรี. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี*, 23, 81.

หยาดรุ้ง สุวรรณรัตน์ , จิรพร สวัสดิการ และรุ่งทิวา สุวรรณรัตน์. (2562). การสกัดและการประยุกต์ใช้เพคตินจากเปลือกทุเรียน. *วารสารวิจัยรำไพพรรณี*, 13, 25.

อรูวา นิลี , ฮาฟีซา เจ๊ะอาแว และอรวรรณ ทิพย์มณี. (2565). *การสกัดเซลลูโลสจากเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทองและเปลือกกล้วยหินด้วยสารสกัดธรรมชาติท้องถิ่นสำหรับประยุกต์ใช้ในเครื่องสำอาง: ครีมสครับขัดผิว.* มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

Session

วิทยาศาสตร์เคมี และเภสัช

06

เส้นใยขุยมะพร้าว: สารตัวเติมที่มีประสิทธิภาพสำหรับปรับปรุงสมบัติของพลาสติกชีวภาพจากแป้ง

สายชล แท่นแก้ว[1] เบญจมาศ พลสิงห์[1] และแก้วตา แก้วตาทิพย์[1*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้สนใจเตรียมพลาสติกชีวภาพจากแป้ง เนื่องจากมีข้อดีหลายประการ คือ ราคาถูก ผลิตใหม่ ทดแทนได้ ไม่เป็นพิษและย่อยสลายทางชีวภาพ อย่างไรก็ตามพลาสติกชีวภาพจากแป้ง มีสมบัติบางประการที่ เป็นข้อจำกัดต่อการนำไปใช้งานคือ ไวต่อน้ำและความชื้น ดังนั้นวิจัยนี้ใช้เส้นใยขุยมะพร้าวเป็นสารตัวเติมเพื่อปรับปรุงสมบัติของพลาสติกชีวภาพจากแป้ง โดยแปรปริมาณเส้นใยขุยมะพร้าวเท่ากับ 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 wt% และขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดขึ้นรูป จากผลการทดลองพบว่าพลาสติกชีวภาพจากแป้งผสมเส้นใยขุยมะพร้าวที่ปริมาณ 10 wt% มีค่าการสูญเสียมวลในน้ำ และค่าการบวมตัวต่ำที่สุดเท่ากับ 11.40% และ 55.89% ตามลำดับ และมีค่ามุมสัมผัสน้ำสูงที่สุดเท่ากับ 117.92° และนอกจากนี้พบว่าเมื่อปริมาณเส้นใยขุยมะพร้าวเพิ่มขึ้นค่าความเป็นผลึกของพลาสติกชีวภาพจากแป้งมีแนวโน้มลดลง บ่งบอกถึงประสิทธิภาพของเส้นใยขุยมะพร้าวที่สามารถลดการเกิดผลึกใหม่ของพลาสติกชีวภาพจากแป้งในระหว่างการจัดเก็บ ดังนั้นจากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าเส้นใยขุยมะพร้าวเป็นสารตัวเติมที่มีประสิทธิภาพที่สามารถลดการไวต่อน้ำและความชื้น และเพิ่มเสถียรภาพให้กับพลาสติกชีวภาพจากแป้ง เนื่องจากการเกิดอันตะระกิริยาที่ดีระหว่างแป้งและเส้นใยขุยมะพร้าว

คำสำคัญ: แป้งมันสำปะหลัง เส้นใยขุยมะพร้าว พลาสติกชีวภาพจากแป้ง

---

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาสงขลานครินทร์, สงขลา, ไทย. 90110

[1] Division of Physical Science, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Songkhla, Thailand. 90110

*Corresponding author: kaewta.k@psu.ac.th

Coconut coir waste fiber: An effective filler for enhancing properties of starch-based bioplastics

Saichon Tankaew [1], Benjamat Phonsing[1] and Kaewta Kaewtatip[1*]

Abstract

This research focuses on the preparation of starch-based bioplastics due to their several advantages: affordability, renewability, non-toxicity, and biodegradability. However, starch-based bioplastics exhibit certain limitations that significantly affect their application, particularly their sensitivity to water. To address this issue, this study uses coconut coir waste fiber (CW) as a filler to improve the properties of starch-based bioplastics. The CW content was varied at 0, 2, 4, 6, 8, and 10 wt% and formed using a compression molding machine. The results showed that starch-based bioplastics with CW at 10 wt% demonstrated the lowest values for mass loss in water (11.40%) and swing ratio (55.89%), as well as the highest water contact angle (117.92°). Additionally, it was found that the crystallinity of starch-based bioplastics tended to decrease with increasing CW content, indicating the fiber's effectiveness in reducing the formation of new crystals (retrogradation) during storage. Therefore, the conclude that coconut coir fiber is an efficient filler that can reduce sensitivity to water while enhancing the stability of starch-based bioplastics due to the strong interaction between starch and coconut coir fiber.

Keywords: Cassava starch, Coconut coir waste fiber, starch-based bioplastics

บทนำ

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคใช้ส่วนใหญ่เป็นพลาสติกสังเคราะห์ที่ผลิตได้จากอุตสาหกรรมปิโตรเลียมปิโตรเคมี พลาสติกเหล่านี้มีความยุ่งยากในการนำกลับมาใช้ใหม่ และยากต่อการย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ในธรรมชาติ จึงนำมาสู่ปริมาณขยะที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากพลาสติกสังเคราะห์คงอยู่ในสภาพแวดล้อมได้เป็นเวลานานและยังก่อให้เกิดภาระในการจัดการและการกำจัด ส่งผลให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ พลาสติกชีวภาพ (Bioplastic) เป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาวัสดุสำหรับการใช้งานเพื่ออนุรักษ์สิ่งแวดล้อม และกำลังเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค เพื่อใช้ทดแทนบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่สังเคราะห์ เนื่องจากพลาสติกชีวภาพเตรียมจากพอลิเมอร์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ไม่เป็นพิษ สามารถผลิตทดแทนได้ทางธรรมชาติ และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม แป้งเป็นหนึ่งในพอลิเมอร์ธรรมชาติที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก และเป็นที่ต้องการสำหรับการใช้ในงานด้านอุตสาหกรรมอย่างกว้างขวาง เนื่องจากแป้งมีผลผลิตปริมาณมาก หาง่าย สามารถปลูกทดแทนได้ในเวลาที่รวดเร็ว และมีความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพ (Pongsuwan และคณะ (2022)) ดังนั้นจึงนิยมนำแป้งมาใช้แทนพอลิเมอร์สังเคราะห์ แต่พลาสติกชีวภาพที่เตรียมจากแป้งยังคงมีข้อจำกัดที่สำคัญคือ ไวต่อน้ำและความชื้น จึงมีงานวิจัยที่สนใจหาแนวทางเพื่อที่จะปรับปรุงสมบัติของพลาสติกชีวภาพจากแป้งให้ดีขึ้น การผสมสารตัวเติมเพื่อปรับปรุงสมบัติของผลิตภัณฑ์พลาสติกชีวภาพจากแป้งเป็นเทคนิคที่ทำได้ง่าย และไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่มีความยุ่งยาก โดยเฉพาะสารตัวเติมที่มีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบ เช่น เส้นใยจากธรรมชาติ (Pongsuwan และคณะ (2022); Cheng (2019)) สามารถกระจายตัวและยึดเกาะกับเมทริกซ์แป้งได้ดี เนื่องจากทั้งแป้งและเซลลูโลสต่างก็เป็นพอลิแซคคาร์ไรด์ ส่งผลให้แป้งและเซลลูโลสสามารถเกิดอันตระกิริยาระหว่างกันได้ดี

มะพร้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยและมีพื้นที่ปลูกในปริมาณมาก กะทิและน้ำมันมะพร้าวมักถูกใช้ในเครื่องสำอาง การปรุงอาหาร และการทำขนม เส้นใยขุยมะพร้าว (Coconut coir waste fiber; CW) เป็นของเสียจากกระบวนการนำมะพร้าวไปใช้งาน เส้นใยขุยมะพร้าวเป็นเศษวัสดุเหลือใช้ที่มีปริมาณมากที่เกิดจากกิจกรรมทางการเกษตร อุตสาหกรรมและในครัวเรือน โดยโครงสร้างเส้นใยขุยมะพร้าวประกอบด้วยเซลลูโลส (Cellulose) 36–43%, เฮมิเซลลูโลส 0.15–0.25% และลิกนิน 32–45% (Mahmud และคณะ (2023)) ดังนั้นการนำเส้นใยขุยมะพร้าวมาปรับปรุงสมบัติของพลาสติกชีวภาพจากแป้งจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าให้กับเส้นใยกาบมะพร้าว และยังสอดคล้องกับแนวคิดเศรษฐกิจสีเขียวและเศรษฐกิจชีวภาพที่กำลังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางอุตสาหกรรมของหลายบริษัท เนื่องจากนักวิจัยกำลังมองหาการแทนที่วัสดุแบบดั้งเดิมที่ได้จากทรัพยากรที่ไม่สามารถหมุนเวียนได้แทนที่ด้วยของเสียจากการเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม การพัฒนาวัสดุใหม่ที่เกิดจากของเสียจากเส้นใยธรรมชาติอาจนำมาซึ่งผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจของโลกเช่นกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้สนใจใช้เส้นใยขุยมะพร้าว เพื่อเป็นสารตัวเติมในการปรับปรุงสมบัติการต้านทานต่อน้ำของพลาสติกชีวภาพจากแป้ง

วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมเส้นใยขุยมะพร้าว

นำเปลือกมะพร้าวมาตัดเอาเส้นใยขุยมะพร้าวออก จากนั้นนำมาบดด้วยเครื่องบดเพื่อทำให้เส้นใยมีขนาดเล็กลง และนำมากรองผ่านเครื่องสั่นตะแกรงที่มีช่องขนาด 425 ไมโครเมตร เพื่อให้ได้ขุยมะพร้าวที่มีขนาดสม่ำเสมอ

การเตรียมพลาสติกชีวภาพจากแป้งผสมเส้นใยขุยมะพร้าว

แป้งมันสำปะหลังชนิดพรีเจลาติไนซ์ กลีเซอรอล (30% โดยน้ำหนักของแป้ง) และเส้นใยขุยมะพร้าว (0, 2, 4, 6, 8 และ 10 wt%) นำของผสมมาบดผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องบดผสมสองลูกกลิ้งเป็นเวลา 2 นาที และนำของผสมที่ได้ขึ้นรูปด้วยเครื่องกดอัด (Compression molding) ที่อุณหภูมิ 160 °C โดยไม่ใช้ความดันเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเพิ่มความดันเป็น 100 kg/cm^2 เป็นเวลา 5 นาที ความดัน 250 kg/cm^2 เป็นเวลา 3 นาที และความดัน 350 kg/cm^2 เป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้นใช้น้ำหล่อเย็นเป็นเวลา 20 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นจึงแกะชิ้นตัวอย่างออกจากแม่พิมพ์

การทดสอบสมบัติต่างๆของพลาสติกชีวภาพจากแป้งผสมเส้นใยขุยมะพร้าว

ทดสอบสมบัติทางความร้อน

ทดสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเครื่อง Thermogravimetric Analyzer, TGA7, Perkin Elmer, USA โดยให้ความร้อนจากอุณหภูมิ 50 ถึง 800 °C/min อัตราการให้ความร้อน 10 °C min^{-1} ภายใต้สภาวะแก๊สไนโตรเจน

ทดสอบความเป็นผลึก

ทดสอบความเป็นผลึกของตัวอย่าง โดยใช้เครื่อง X-Ray Diffraction (WI-RES-XRD EMPYREAN- 011) สแกนระหว่าง 2θ = 5 ถึง 90° ก่อนทำการทดสอบจะต้องเก็บชิ้นตัวอย่างไว้เป็นเวลา 7 วันในอุณหภูมิห้อง

ทดสอบการสูญเสียมวลในน้ำ

ตัดตัวอย่างเป็นชิ้นขนาด 3 เซนติเมตร x 3 เซนติเมตร นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และชั่งน้ำหนักและนำชิ้นตัวอย่างที่มีน้ำหนักคงที่จดบันทึกน้ำหนัก และแช่ในน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างมาทำการกรองแยกเอาน้ำออก และนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนักอีกครั้งพร้อมจดบันทึกน้ำหนักที่ได้ เพื่อนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป

ทดสอบการบวมตัว

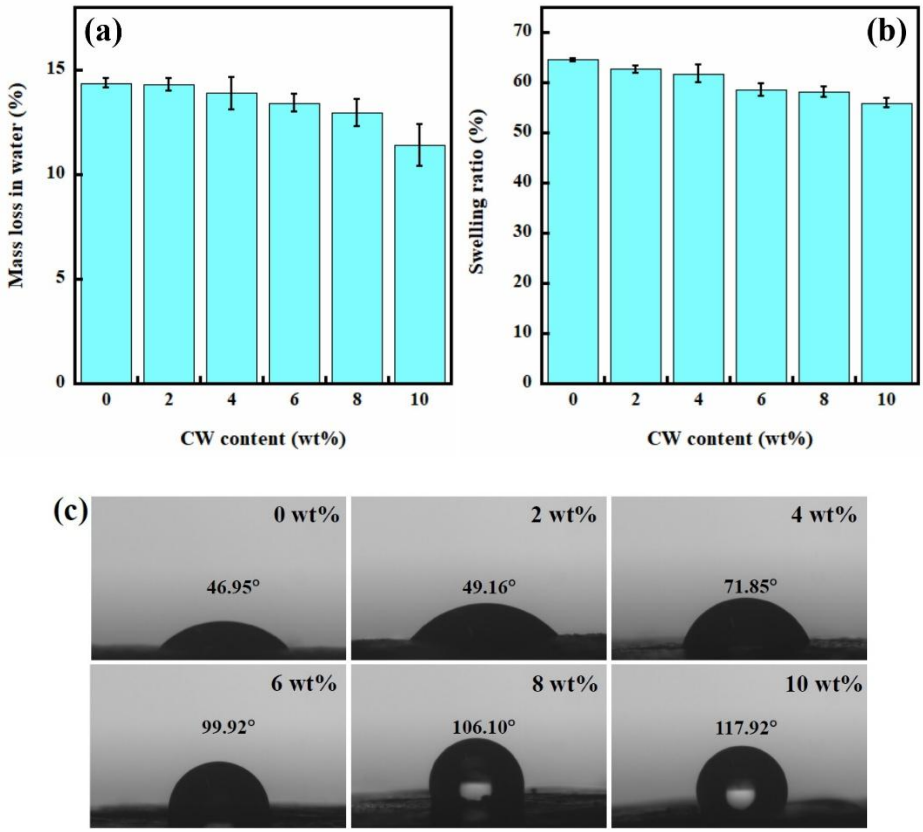
ตัดตัวอย่างเป็นชิ้นขนาด 3 เซนติเมตร x 3 เซนติเมตร นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และชั่งน้ำหนักและนำชิ้นตัวอย่างที่มีน้ำหนักคงที่จดบันทึกน้ำหนัก และแช่ในน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร เป็นเวลา 60 นาที จากนั้นนำตัวอย่างมาทำการกรองแยกเอาน้ำออก ซับด้วยกระดาษทิชชู แล้วชั่งน้ำหนักอีกครั้งพร้อมจดบันทึกน้ำหนักที่ได้ เพื่อนำมาคำนวณหาค่าการบวมตัว

ทดสอบมุมสัมผัสน้ำ

ทดสอบมุมสัมผัสน้ำของตัวอย่างด้วยเครื่อง Optical Contact Angle Analyzer, Dataphysics, Germany ใช้เทคนิคการทดสอบแบบ Sessile drop โดยใช้น้ำกลั่นในการทดสอบปริมาตร 2 µL ที่อุณหภูมิ (23 ± 2) °C, ความชื้น (50 ± 5) %RH

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาความต้านทานต่อน้ำของพลาสติกชีวภาพจากแป้งในแง่ของการสูญเสียมวลในน้ำ (Mass loss in water) ค่าการบวมตัว (Swelling) และมุมสัมผัสน้ำ (Water contact angle) จากรูป 1(a) พบว่าค่าการสูญเสียมวลในน้ำของพลาสติกชีวภาพจากแป้งไม่ผสมเส้นใยขุยมะพร้าว (0 wt%) มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 14.38% เนื่องจากแป้งมีคุณสมบัติเป็นไฮโดรฟิลิกและซึ่งไวต่อน้ำและความชื้นจากสิ่งแวดล้อมได้ง่าย (Saepoo และคณะ (2023)) โดยการสูญเสียมวลในน้ำและค่าการบวมตัวควรมีค่าน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ สำหรับพลาสติกชีวภาพจากแป้งผสมเส้นใยขุยมะพร้าวพบว่ามีการสูญเสียมวลในน้ำลดลงเท่ากับ 14.30%, 13.88%, 13.43%, 12.96% และ 14.40% เมื่อผสมเส้นใยขุยมะพร้าว 2, 4, 6, 8 และ 10 wt% ตามลำดับ ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับค่าการบวมตัวที่แสดงในรูปที่ 1(b) พบว่าพลาสติกชีวภาพจากแป้งไม่ผสมเส้นใยขุยมะพร้าว (0 wt%) มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 64.53% เมื่อผสมเส้นใยขุยมะพร้าวค่าการบวมตัวของพลาสติกชีวภาพจากแป้งมีแนวโน้มลดลงจาก 62.66% เป็น 55.89% เมื่อผสมเส้นใยขุยมะพร้าวเท่ากับ 2 wt% และ 10 wt% ตามลำดับ



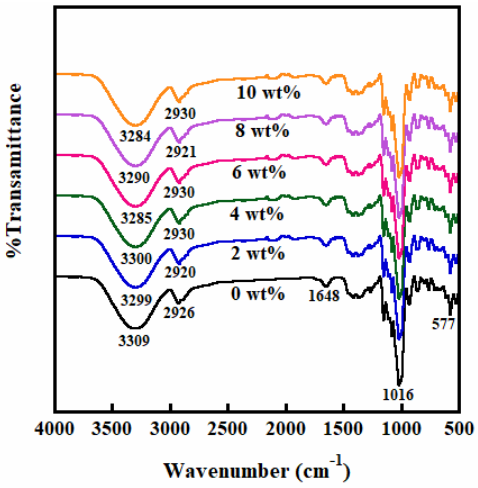
รูปที่ 1 การสูญเสียมวลในน้ำ (a) ค่าการบวมตัว (b) และมุมสัมผัสน้ำ (c) ของพลาสติกชีวภาพจากแป้งไม่ผสมและผสมเส้นใยขุยมะพร้าว

ค่ามุมสัมผัสน้ำสามารถบ่งบอกถึงความชอบน้ำและความไม่ชอบน้ำของตัวอย่าง หากตัวอย่างมีค่ามุมสัมผัสมากกว่า 70° บ่งบอกว่าตัวอย่างมีความไม่ชอบน้ำ (de Oilveira Filho และคณะ (2020)) จากรูปที่ 1(c) พบว่าพลาสติกชีวภาพจากแป้งไม่ผสมเส้นใยขุยมะพร้าวมีค่ามุมสัมผัสน้ำเท่ากับ 46.95° บ่งบอกว่าพลาสติกชีวภาพจากแป้งมีความชอบน้ำ และเมื่อผสมเส้นใยขุยมะพร้าวพบว่าค่ามุมสัมผัสน้ำของพลาสติกชีวภาพจากแป้งมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยพลาสติกชีวภาพจากแป้งมีค่ามุมสัมผัสน้ำสูงที่สุดเท่ากับ 117.72° เมื่อผสมเส้นใยขุยมะพร้าว 10 wt% บ่งบอกว่าพลาสติกชีวภาพจากแป้งเปลี่ยนจากชอบน้ำเป็นไม่ชอบน้ำเมื่อผสมเส้นใยขุยมะพร้าวเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นจากการศึกษาอิทธิพลของปริมาณของเส้นใยขุยมะพร้าวต่อการทนต่อน้ำของพลาสติกชีวภาพจากแป้งผ่านการทดสอบการสูญเสียมวลในน้ำ ค่าการบวมตัว และมุมสัมผัสน้ำ พบว่าเมื่อปริมาณเส้นใยขุยมะพร้าวมีค่าเท่ากับ 10 wt% พลาสติกชีวภาพจากแป้งมีค่าการสูญเสียมวลในน้ำและค่าการบวมตัวต่ำที่สุด และมีค่ามุมสัมผัสน้ำสูงที่สุด เนื่องจากการเกิดอันตระกิริยาระหว่างเส้นใยขุยมะพร้าวกับเมทริกซ์แป้ง ส่งผลให้น้ำสามารถแทรกตัวเข้าไปในพลาสติกชีวภาพจากแป้งได้ยากยิ่งขึ้น (Pongsuwan และคณะ (2022); Saepoo และคณะ (2023); de Oilveira Filho (2020)) แต่อย่างไรก็ตามไม่สามารถผสมเส้นใยขุยมะพร้าวในปริมาณที่มากกว่า 10 wt% ได้ เนื่องจากเส้นใยขุยมะพร้าวเกิดการเกาะกัน

ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับ FTIR สเปกตรัมของพลาสติกชีวภาพจากแป้งไม่ผสมและผสมเส้นใยขุยมะพร้าวที่แสดงในรูปที่ 2 โดยงานวิจัยก่อนหน้านี้รายงานว่าการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของพีกและความเข้มพีกของ FTIR สเปกตรัมสามารถบ่งบอกถึงการเกิดอันตะระกิริยาของของผสม (Qin และคณะ (2021)) จากรูปที่ 2 พบว่า FTIR สเปกตรัมของพลาสติกชีวภาพจากแป้งไม่ผสมเส้นใยขุยมะพร้าวแสดงพีคที่มีความกว้างที่ตำแหน่งเลขคลื่น 3309 cm^{-1} และพีคที่มีขนาดเล็กที่ตำแหน่งเลขคลื่นประมาณ 2926 cm^{-1} พีคเหล่านี้เกิดการสั่นยืดของหมู่ไฮดรอกซี (OH) และการยืดของ C-H ใน CH และ CH_2 ตามลำดับ พีคที่ตำแหน่งประมาณ 1648 cm^{-1} เป็นการงอของหมู่ไฮดรอกซีของโมเลกุลน้ำที่ดูดซับไว้ในตัวอย่าง และพีคในช่วงระหว่าง 1150-950 cm^{-1} เป็นการยืดของพันธะ C-O ในกลุ่ม C–O–C ในวงแอนไฮโดรกลูโคส และการยืดของพันธะ C–O ในกลุ่ม C–O–H (Pongsuwan และคณะ (2022); Saepoo และคณะ (2023); Qin และคณะ (2021)) แต่เมื่อพิจารณาพีคที่ตำแหน่งเลขคลื่น 3200–3400 cm^{-1} ของ FTIR สเปกตรัมของพลาสติกชีวภาพจากแป้งผสมเส้นใยขุยมะพร้าว พบว่าปรากฏที่ตำแหน่งเลขคลื่นต่ำลงอยู่ในช่วงระหว่าง 3300 – 3284 cm^{-1} บ่งบอกถึงการเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างแป้งและเส้นใยขุยมะพร้าวผ่านหมู่ไฮดรอกซี (Saepoo และคณะ (2023)) จึงเป็นการยืนยันการเกิดอันตะระกิริยาระหว่างแป้งและเส้นใยขุยมะพร้าว

การเกิดรีโทรเกรเดชัน (Retrogradation) เป็นหนึ่งในข้อเสียหลักของพลาสติกชีวภาพจากแป้ง เนื่องจากหลังจากกระบวนการแปรรูปทางความร้อน สายโซ่ของแป้งมีแนวโน้มที่จะสร้างพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลและในโมเลกุลที่แข็งแรง ส่งผลให้โครงสร้างผลึกแบบใหม่เกิดขึ้น และมีผลทำให้สมบัติของพลาสติกชีวภาพจากแป้งเปลี่ยนไปตามระยะเวลาการจัดเก็บ ดังนั้นงานวิจัยนี้ศึกษาอิทธิพลของปริมาณเส้นใยขุยมะพร้าวที่มีผลต่อความเป็นผลึกของพลาสติกชีวภาพจากแป้งโดยใช้เทคนิค X-ray diffraction (XRD) ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 3(a) พบว่า XRD patterns ของพลาสติกชีวภาพจากแป้งไม่ผสมเส้นใยขุยมะพร้าว แสดงจุดพีคแหลมชัดเจน 4 จุด ที่มีค่า 2θ = 12.80°, 16.92°, 19.67° และ 22.11° เป็นลักษณะเฉพาะของผลึกชนิด V-type และมีค่าความเป็นผลึกสูงที่สุดเท่ากับ 10.75% ขณะที่ XRD patterns ของพลาสติกชีวภาพจากแป้งผสมเส้นใยขุยมะพร้าว มีความเข้มของจุดพีคต่ำกว่าพลาสติกชีวภาพจากแป้งไม่ผสมเส้นใยขุยมะพร้าว ลักษณะดังกล่าวสอดคล้องกับค่าความเป็นผลึกที่ลดลงเมื่อปริมาณเส้นใยขุยมะพร้าวเพิ่มขึ้นโดยค่าความเป็นผลึกลดลงจาก

8.57% เป็น 7.73% เมื่อปริมาณเส้นใยขุยมะพร้าวเพิ่มขึ้นจาก 2 wt% เป็น 10 wt% ซึ่งเป็นผลมาจากการเกิดอันตระกิริยาระหว่างเส้นใยขุยมะพร้าวกับสายโซ่โมเลกุลของแป้งสามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยารีโทรเกรเดชัน ของพลาสติกชีวภาพจากแป้ง (Pongsuwan และคณะ (2022))

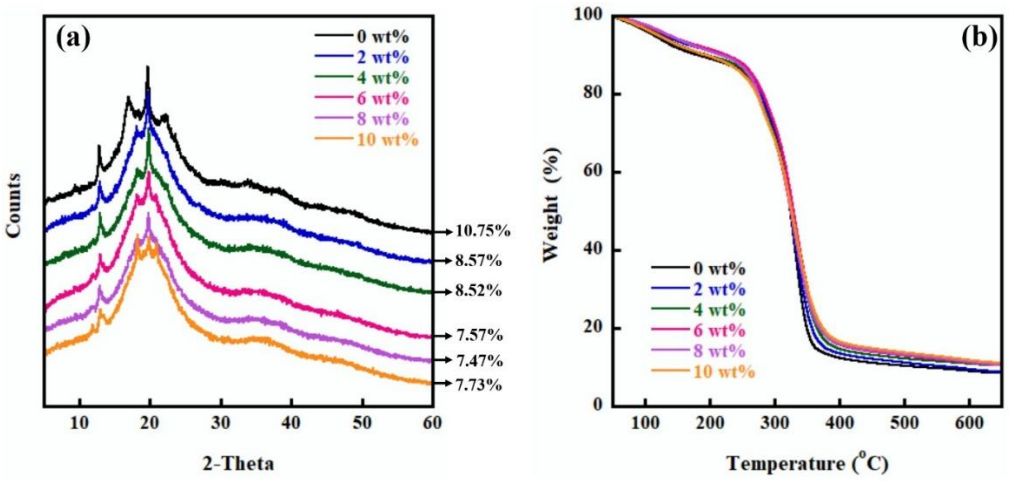


รูปที่ 2 FTIR สเปกตรัมของพลาสติกชีวภาพจากแป้งไม่ผสมและผสมเส้นใยขุยมะพร้าว

จากกราฟ TGA ของตัวอย่างทั้งหมด (รูปที่ 3(b)) แสดงให้เห็นว่าการสูญเสียน้ำหนักเกิดขึ้นในสองขั้นตอนหลัก โดยขั้นตอนแรกของการสูญเสียน้ำหนักเกิดขึ้นที่อุณหภูมิ 100-250 องศาเซลเซียส เป็นผลมาจากการระเหยของกลีเซอรอลและความชื้นที่ดูดซับไว้ในตัวอย่าง รวมถึงการสลายตัวของเฮมิเซลลูโลสและสารอินทรีย์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ (Farrag และคณะ (2018)) การสลายตัวหลักเกิดขึ้นในขั้นตอนที่สองที่อุณหภูมิ 250-400 องศาเซลเซียส ซึ่งเกิดจากการสลายตัวของเมทริกซ์แป้งและสารอินทรีย์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง เช่น เซลลูโลสในโครงสร้างของเส้นใยขุยมะพร้าว (Pongsuwan และคณะ (2022); Collazo-Bigliardi และคณะ (2019)) จากกราฟ TGA เมื่อพิจารณาปริมาณเถ้าคงเหลือที่อุณหภูมิ 650 °C พบว่าเมื่อเส้นใยขุยมะพร้าวเพิ่มขึ้นค่าปริมาณเถ้าคงเหลือมีแนวโน้มสูงขึ้นบ่งบอกว่าพลาสติกชีวภาพจากแป้งมีเสถียรภาพทางความร้อนสูงขึ้น (Pongsuwan และคณะ (2022)) ดังนั้นผลการนี้แสดงให้เห็นว่าเส้นใยขุยมะพร้าวเป็นสารตัวเติมที่มีประสิทธิภาพที่สามารถเพิ่มเสถียรภาพในระหว่างการจัดเก็บและเสถียรภาพทางความร้อนให้แก่พลาสติกชีวภาพจากแป้ง

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าเส้นใยขุยมะพร้าวซึ่งเป็นขยะที่เกิดจากการนำมะพร้าวไปแปรรูป สามารถเป็นสารตัวเติมที่มีประสิทธิภาพที่สามารถปรับปรุงสมบัติของพลาสติกชีวภาพจากแป้งได้ โดยงานวิจัยนี้ศึกษาอิทธิพลของปริมาณเส้นใยขุยมะพร้าวที่มีผลต่อการทนต่อน้ำ เสถียรภาพในระหว่างการจัดเก็บและเสถียรภาพทางความร้อนของพลาสติกชีวภาพจากแป้ง พบว่าพลาสติกชีวภาพจากแป้งผสมเส้นใยขุยมะพร้าวปริมาณ 10 wt% มีค่ามีค่าการสูญเสียมวลในน้ำ และค่าการบวมตัวต่ำที่สุด เท่ากับ 11.40% และ 55.89% ตามลำดับ และมีค่ามุมสัมผัสน้ำสูงที่สุดเท่ากับ 117.92° และเมื่อปริมาณเส้นใยขุยมะพร้าวเพิ่มขึ้นค่าความเป็นผลึกของพลาสติกชีวภาพจากแป้งมีแนวโน้มลดลง แต่เสถียรภาพทางความร้อนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จในการเพิ่มมูลค่าให้กับเส้นใยขุยมะพร้าวและและเป็นแนวทางในการผลิตวัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ที่สามารถย่อยสลายได้ในระยะเวลาอันสั้นและไม่ปลดปล่อยไมโครพลาสติก



รูปที่ 3 XRD patterns (a) และกราฟ TGA (b) ของพลาสติกชีวภาพจากแป้งไม่ผสมและผสมเส้นใยขุยมะพร้าว

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนบัณฑิตศึกษาจากกองทุนวิจัย คณะวิทยาศาสตร์ ประเภททุนตรี-โท ประจำปีการศึกษา 2567 สัญญาเลขที่ 1-2567-02-004 และทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย ปีการศึกษา 2567 และหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีพอลิเมอร์ สาขาวิทยาศาสตร์กายภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เอกสารอ้างอิง

Cheng, W. (2019). Preparation and properties of lignocellulosic fiber/$CaCO_3$/thermoplastic starch composites. Carbohydrate Polymers, 211, 204-208.

Collazo-Bigliardi, S., Ortega-Toro, R., & Chiralt, A. (2019). Improving properties of thermoplastic starch films by incorporating active extracts and cellulose fibres isolated from rice or coffee husk. Food Packaging and Shelf Life, 22, 100383.

de Oliveira Filho, J. G., Bezerra, C. C. d. O. N., Albiero, B. R., Oldoni, F. C. A., Miranda, M., Egea, M. B., de Azeredo, H. M. C., & Ferreira, M. D. (2020). New approach in the development of edible films: The use of carnauba wax micro-or nanoemulsions in arrowroot starch-based films. Food Packaging and Shelf Life, 26, 100589.

Farrag, Y., Malmir, S., Montero, B., Rico, M., Rodríguez-Llamazares, S., Barral, L., & Bouza, R. (2018). Starch edible films loaded with donut-shaped starch microparticles. Lwt, 98, 62-68.

Mahmud, M., Abir, N., Anannya, F., Nabi Khan, A., Rahman, A., & Jamine, N. (2023). Coir fiber as thermal insulator and its performance as reinforcing material in biocomposite production. Heliyon, 9 (5), e15597.

Pongsuwan, C., Boonsuk, P., Sermwittayawong, D., Aiemcharoen, P., Mayakun, J., & Kaewtatip, K. (2022). Banana inflorescence waste fiber: An effective filler for starch-based bioplastics. Industrial crops and products, 180, 114731.

Qin, Y., Yun, D., Xu, F., Chen, D., Kan, J., & Liu, J. (2021). Smart packaging films based on starch/polyvinyl alcohol and Lycium ruthenicum anthocyanins-loaded nano-complexes: Functionality, stability and application. Food Hydrocolloids, 119, 106850.

Saepoo, T., Sarak, S., Mayakun, J., Eksomtramage, T., & Kaewtatip, K. (2023). Thermoplastic starch composite with oil palm mesocarp fiber waste and its application as biodegradable seeding pot. Carbohydrate Polymers, 299, 120221.

07

การพัฒนาตำรับแอนตี้แอคเน่เซรั่มบรรจุสารสกัดสมอพิเภกโดยการใช้ระบบไมโครอิมัลชัน

ประภาพร บุญมี[1*] อรวดี สิริบูรณการ[2] อริสา พรหมเทพ[2] และดวงแข มณีนวล[3]

บทคัดย่อ

เครื่องสำอางแอนตี้แอคเน่ที่มีสารสกัดสมุนไพรเป็นสารสำคัญเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความสนใจจากผู้บริโภค การศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาเซรั่มบรรจุสารสกัดเสมอพิเภกในรูปแบบไมโครอิมัลชัน โดยสร้างแผนภาพวัฏภาคไตรภาคเทียม เพื่อหาพื้นที่ไมโครอิมัลชันของ 2 ระบบ ซึ่งประกอบด้วยไอโซโพรพิล ไมริสเตทเป็นวัฏภาคน้ำมัน ของผสมระหว่างน้ำกับโพรไพลีนไกลคอลในอัตราส่วน 1:1 เป็นวัฏภาคน้ำ และของผสมระหว่างทวีน-80 กับสแปน-80 ในอัตราส่วน 1:1 หรือ 2:1 เป็นสารลดแรงตึงผิว จากนั้นเลือกจุดในพื้นที่ไมโครอิมัลชันจากระบบละ 4 จุด ผสมสารสกัดสมอพิเภกใน 2 ความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยแทนที่น้ำในระบบด้วยสารละลายสารสกัดสมอพิเภกในน้ำ ศึกษาสมบัติและความคงตัวทางกายภาพเมื่อเก็บในสภาวะเร่งและภายใต้สภาวะปกตินาน 8 สัปดาห์ รวมถึงศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อสแตปฟิโลคอคคัส ออเรียส ผลการศึกษาพบว่าเซรั่มทุกตำรับมีลักษณะเป็นของเหลวใส สีเหลือง มีความเป็นกรด-ด่างในช่วงที่ยอมรับได้ในเครื่องสำอางสำหรับผิวพรรณ ไหลแบบนิวโตเนียน และมีความหนืดสัมพันธ์กับส่วนประกอบ ไม่พบการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพหลังการเก็บเพื่อศึกษาความคงตัวเมื่อเปรียบเทียบกับเมื่อเริ่มต้น ตำรับที่เลือกไปศึกษาฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียแสดงพื้นที่ยับยั้งเชื้อโดยสัมพันธ์กับความเข้มข้นของสารสกัดสมอพิเภก

คำสำคัญ : แอนตี้แอคเน่ ไมโครอิมัลชัน สมอพิเภก เชื้อสแตปฟิโลคอคคัส ออเรียส

[1] รศ.ดร., สาขาวิชาเทคโนโลยีเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90112

[2] นักศึกษาชั้นปีที่ 5, สาขาวิชาเทคโนโลยีเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90112

[3] นักวิทยาศาสตร์, สาขาวิชาเทคโนโลยีเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90112

[1] Assoc. Prof. Dr., Department of Pharmaceutical Technology, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Prince of Songkla University, Songkhla 90112, Thailand

[2] Fifth-year student, Department of Pharmaceutical Technology, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Prince of Songkla University, Songkhla 90112, Thailand

[3] Scientist, Department of Pharmaceutical Technology, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Prince of Songkla University, Songkhla 90112, Thailand

* Corresponding author: E-mail address: prapaporn@pharmacy.psu.ac.th, Tel.: 074-288842.

Formulation development of anti-acne serum containing *Terminalia bellirica* extract using microemulsion systems

Prapaporn Boonme[1*], Onrawadee Siriburanakan[2], Arisa Promtep[2] and Duangkhae Maneenuan[3]

Abstract

Anti-acne cosmetics containing an herbal extract as an active ingredient are products gaining attention from consumers. This study aimed to develop serums containing *Terminalia bellirica* extract in microemulsion form. Pseudoternary phase diagrams were constructed to find microemulsion regions of two systems consisting of isopropyl myristate as oil phase, 1:1 mixture of water and propylene glycol as aqueous phase, and 1:1 or 2:1 mixture of Tween-80 and Span-80 as surfactants. Four points in the microemulsion region of each system were selected. Two different concentrations of *Terminalia bellirica* extract were mixed by replacing the water in the systems with the aqueous *Terminalia bellirica* extract solution. Physical properties and stability when stored under an accelerated condition and a normal condition for 8 weeks were characterized. Inhibitory activity against *Staphylococcus aureus* was also investigated. The results showed that all obtained serums were clear yellow liquids. Their pH values were in the acceptable range for skin-care cosmetics. They exhibited Newtonian flow and their viscosity values were related to the components. No changes in physical properties were found after storage for stability study when compared to the initial ones. The selected formulations for studying the antibacterial activity showed inhibition zones which were in relationship with the concentrations of *Terminalia bellirica* extract.

Keywords: Anti-acne, Microemulsion, *Terminalia bellirica*, *Staphylococcus aureus*

บทนำ

สิวเป็นหนึ่งในปัญหาทางผิวหนังที่พบบ่อย โดยพบประมาณร้อยละ 9 ของประชากรทุกช่วงอายุทั่วโลก และมีความชุกสูงสุดในช่วงวัยรุ่นหรือช่วงอายุ 12 ถึง 25 ปี ทั้งเพศชายและหญิง อย่างไรก็ตาม พบการเกิดสิวได้ในผู้ใหญ่ที่มีอายุมากกว่า 25 ปีด้วย โดยส่วนใหญ่สิวในผู้ใหญ่มักพบในเพศหญิง [1] สิวเกิดจากหลายสาเหตุ เช่น การอุดตันของไขมันซึ่งผลิตจากต่อมไขมันที่รูขุนขน การสะสมเชื้อแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของสิว เช่น *Cutibacterium acnes* ซึ่งมีชื่อเดิมว่า *Propionibacterium acnes* นอกจากนี้ *Staphylococcus aureus* และ *Staphylococcus epidermidis* เป็นสาเหตุที่ทำให้สิวอักเสบรุนแรงขึ้นและมีหนอง ทั้งนี้การเกิดสิวยังขึ้นอยู่กับปัจจัยส่งเสริม เช่น ความเครียด การสูบบุหรี่ ยาบางชนิด การใช้เครื่องสำอาง เป็นต้น บริเวณที่พบสิว ได้แก่ หน้า หน้าอก หลังด้านบน และแขนด้านบน ซึ่งเป็นบริเวณที่มีต่อมไขมันหนาแน่น [2] ถึงแม้ว่าสิวอักเสบไม่ก่ออันตรายร้ายแรง แต่ส่งผลอย่างมากต่อความมั่นใจในการเข้าสังคม

การรักษาสิวอักเสบทำได้โดยการใช้ยาปฏิชีวนะในรูปแบบรับประทาน ทาภายนอก หรือใช้ควบคู่กัน [1,2] ในบางกรณีอาจใช้เครื่องสำอางที่บรรจุสารสำคัญที่มีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรีย เพื่อเสริมการรักษาหรือลดความรุนแรงของสิวอักเสบ ในปัจจุบันเครื่องสำอางแอนตี้แอคเน่ (anti-acne cosmetics) เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าทางการตลาดสูงมาก โดยมีมูลค่าสูงถึง 5.2 พันล้านเหรียญสหรัฐ (USD Billion) ใน ค.ศ. 2024 และคาดว่าในช่วง ค.ศ. 2025-2030 จะมีมูลค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 9.4 [3] นอกจากนี้ การใช้สมุนไพรเป็นสารสำคัญในเครื่องสำอางแอนตี้แอคเน่สามารถดึงดูดความสนใจจากผู้บริโภคได้มากขึ้นด้วย สมุนไพรหลายชนิดมีงานวิจัยรองรับว่ามีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของการเกิดหรือการอักเสบของสิว และได้รับการศึกษาเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์แอนตี้แอคเน่หลากหลายรูปแบบ เช่น สารสกัดเปลือกมังคุด [4], น้ำมันหอมระเหยจากเทียนเยาวพาณี [5], สารสกัดสมุนไพรในพิกัดตรีผลาซึ่งประกอบด้วยสมอไทย สมอพิเภก และมะขามป้อม [6], สารสกัดหอมแดง [7], สารสกัดแก่นฝางเสน [8] เป็นต้น

สมุนไพรในพิกัดตรีผลาทั้งในรูปตำรับและสมุนไพรเดี่ยวได้รับการรายงานว่ามีฤทธิ์ต้านเชื้อจุลชีพทั้งแบคทีเรียและราหลายชนิด รวมทั้ง *S. aureus* [9] นอกจากนี้ จากผลการศึกษาเปรียบเทียบฤทธิ์ยับยั้ง *C. acnes* ของสารสกัดพิกัดตรีผลา (ประกอบด้วยสมอพิเภก สมอไทยและมะขามป้อม ในอัตราส่วน 1:1:1) สารสกัดสมอไทย สารสกัดสมอพิเภก และสารสกัดมะขามป้อม ซึ่งสกัดด้วยเมทานอลร้อยละ 95 (95% methanol) พบว่า สารสกัดสมอพิเภกมีฤทธิ์ดีที่สุด [6] ทั้งนี้เนื่องจากสารสกัดสมอพิเภกมีสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) หลายชนิด [10] ดังนั้นสารสกัดสมอพิเภกจึงมีความน่าสนใจในการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางแอนตี้แอคเน่เซรั่มโดยการเตรียมเป็นตำรับรูปแบบใหม่ๆ ที่ยังไม่มีในท้องตลาด

ไมโครอิมัลชัน (microemulsion) เป็นตำรับรูปแบบหนึ่งที่มีลักษณะเป็นของเหลวใส ประกอบด้วยวัฏภาคน้ำ (aqueous phase), วัฏภาคน้ำมัน (oil phase) และสารลดแรงตึงผิว (surfactant) ในบางระบบอาจมีสารลดแรงตึงผิวร่วม (co-surfactant) และตัวทำละลายร่วม (co-solvent) ไมโครอิมัลชันแบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ น้ำในน้ำมัน (water-in-oil; w/o) น้ำมันในน้ำ (oil-in-water; o/w) และต่อเนื่องแบบคู่ (bicontinuous) ซึ่งไมโครอิมัลชันทั้ง 3 ชนิด ได้รับความนิยมในการวิจัยเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางสำหรับผิวพรรณอย่างกว้างขวาง เนื่องจากเป็นตำรับที่สามารถผลิตได้ง่ายเพราะเกิดขึ้นได้เอง (spontaneous formation) เมื่อระบบมีส่วนประกอบในชนิดและปริมาณที่เหมาะสม ซึ่งอยู่ภายในพื้นที่ไมโครอิมัลชัน (microemulsion region) ของแผนภาพวัฏภาค (phase diagram) จึงผลิตได้โดยการผสมธรรมดา นอกจากนี้ ไมโครอิมัลชันสามารถบรรจุได้ทั้งสารสำคัญที่ชอบน้ำและชอบไขมัน สามารถเพิ่มการซึมผ่านผิวหนังกำพร้าชั้นนอกสุด (stratum corneum) ของสารสำคัญ รวมถึงสามารถชะลอการเสื่อมสลายของสารสำคัญบางชนิด ไมโครอิมัลชันจึงได้รับความนิยมในการศึกษาเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์หลายประเภทสำหรับใช้ทางผิวหนัง [11,12] รวมทั้งผลิตภัณฑ์สำหรับสิว [13] อย่างไรก็ตาม จากการสืบค้นข้อมูล ไม่พบงานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาตำรับสารสกัดสมอพิเภกในรูปแบบไมโครอิมัลชัน ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแอนตี้แอคเน่เซรั่มบรรจุสารสกัดสมอพิเภกโดยการใช้ระบบไมโครอิมัลชัน รวมถึงศึกษาสมบัติทางกายภาพและประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ของผลิตภัณฑ์ที่เตรียมได้

วิธีดำเนินการ

การสร้างแผนภาพวัฏภาคไตรภาคเทียมและการเตรียมตำรับเซรั่มบรรจุสารสกัดสมอพิเภก

สร้างแผนภาพวัฏภาคไตรภาคเทียมด้วยวิธีไทเทรตเพื่อหาพื้นที่ไมโครอิมัลชัน [12] โดยผสมไอโซโพรพิล ไมริสเตท (isopropyl myristate; IPM) ซึ่งเป็นวัฏภาคน้ำมัน กับสารลดแรงตึงผิวผสม (surfactant mixture; S_{mix}) ในอัตราส่วน 1:9, 2:8, 3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3, 8:2 และ 9:1 โดย S_{mix} ที่ศึกษา คือ ของผสมระหว่างทวีน-80 (Tween-80; T80) กับสแปน-80 (Span-80; S80) ในอัตราส่วน 1:1 และ 2:1 จากนั้นไทเทรตด้วยวัฏภาคน้ำ คือ ของผสมระหว่างน้ำขจัดอิออน (deionized water; W) กับโพรไพลีน ไกลคอล (propylene glycol; PG) ในอัตราส่วน 1:1 จากนั้น เลือกจุดในพื้นที่ไมโครอิมัลชันโดยพิจารณาจากปริมาณของ S_{mix} ที่ต่ำเพื่อลดความเสี่ยงในการก่อความระคายเคืองต่อผิวหนัง เพื่อเตรียมเป็นเซรั่มบรรจุสารสกัดสมอพิเภก (*Terminalia bellirica*; TBC) โดยละลายผงสารสกัดสมอพิเภกในน้ำ และใช้สารละลายนี้แทนน้ำในระบบไมโครอิมัลชันที่เลือก โดยสารสกัดสมอพิเภกในการศึกษานี้ซื้อจากบริษัท AP Operations Co., Ltd. ประเทศไทย (Batch Number: BO46TEB72A & MEG Date: 04 Jun 2024) ซึ่งเป็นสารสกัดจากผล (fruit) ด้วยน้ำ มีลักษณะเป็นผงละเอียดสีน้ำตาลอ่อน (pale brown powder) และเอกสารรับรองผลการวิเคราะห์ (Certificate of Analysis) ระบุว่ามีกรดแกลลิก (gallic acid) 371.4 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ (mg%) รวมถึงมีเชื้อจุลชีพและโลหะหนักไม่เกินข้อกำหนด

การศึกษาสมบัติของเซรั่มบรรจุสารสกัดสมอพิเภก

ศึกษาสมบัติของเซรั่มบรรจุสารสกัดสมอพิเภก ได้แก่ สังเกตลักษณะที่มองเห็นด้วยตาเปล่า (สี ความใส การแยกชั้นและการตกตะกอน) ศึกษาชนิดของไมโครอิมัลชันโดยสังเกตการผสมเข้ากันได้เมื่อเจือจาง (drop dilution test) ด้วยการหยดตัวอย่างลงในตัวกลางซึ่งเป็นสารละลายสี brilliant blue ในน้ำและสารละลายสี Sudan III ในน้ำมัน วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วย pH meter (a-AB33PH, Ohaus Corporation, USA) ศึกษาความหนืดและรูปแบบการไหลด้วย rheometer (DV-III Ultra, Brookfield Engineering Laboratories, USA) โดยใช้ T-bar spindle No. 31 ที่หมุนด้วยความเร็วรอบ 50, 100, 150, 200 และ 250 รอบต่อนาที (rpm) แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปเขียน rheograms ระหว่าง shear stress และ shear rate โดยทุกการศึกษาทำซ้ำ 3 ครั้ง ที่อุณหภูมิโดยรอบ (ambient temperature; 25±2 องศาเซลเซียส (°C))

เปรียบเทียบสมบัติในด้านลักษณะที่มองเห็นและค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างเมื่อเริ่มต้นหลังผลิตเสร็จทันที และหลังเก็บในขวดแก้วใสที่ปิดด้วยฝาพลาสติก ภายใต้ 2 สภาวะ คือ สภาวะเร่งที่อุณหภูมิร้อนเย็นสลับกัน 5 รอบ โดยเก็บในตู้อบที่อุณหภูมิ 45±1°C เป็นเวลา 1 วัน แล้วนำไปเก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4±1°C เป็นเวลา 1 วัน นับเป็น 1 รอบ และภายใต้สภาวะปกติหรือที่อุณหภูมิโดยรอบนาน 8 สัปดาห์ โดยสังเกตผลในสัปดาห์ที่ 4 และ 8

การทดสอบประสิทธิภาพของเซรั่มบรรจุสารสกัดสมอพิเภกในการยับยั้งเชื้อ *S. aureus*

ศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ด้วยวิธี agar well diffusion [7,14] โดยเลี้ยงเชื้อ *S. aureus* ใน Tryptic Soy Agar ที่อุณหภูมิ 35-37°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นขีดเชื้อ (streak) บนผิวหน้าของ Mueller-Hinton Agar ให้เชื้อกระจายอย่างสม่ำเสมอ เจาะหลุมบนอาหารเลี้ยงเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร (mm) เพื่อหยดตัวอย่างที่ต้องการทดสอบลงไปหลุมละ 50 ไมโครลิตร จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35-37°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และอ่านผลโดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของพื้นที่ยับยั้งเชื้อ (diameter of inhibition zone) ด้วย antibiotic zone reader โดยใช้ Clinda-M® ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ทางการค้าในรูปสารละลายที่ประกอบด้วย clindamycin hydrochloride เทียบเท่า clindamycin base 1.0 กรัม/100 มิลลิลิตร เป็นกลุ่มควบคุมแบบบวก (positive control) และ sterile normal saline เป็นกลุ่มควบคุมแบบลบ (negative control) ศึกษาตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

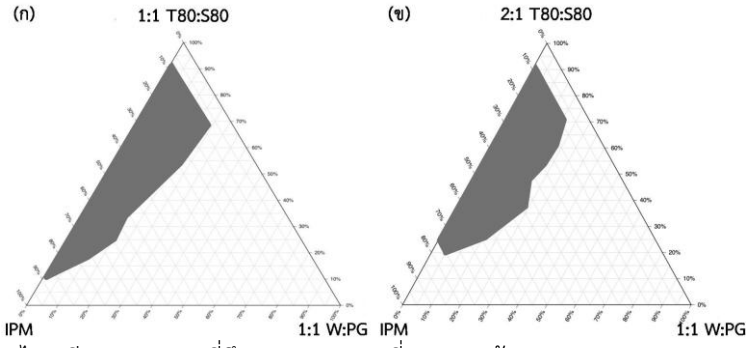
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ใช้ Welch's ANOVA และ Post Hoc Test เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ของตำรับที่เลือกมาศึกษา โดยพิจารณาว่ามีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

สูตรตำรับและสมบัติของเซรั่มบรรจุสารสกัดสมอพิเภก

ผลการศึกษาพบว่าทั้ง 2 ระบบที่ใช้ในการวิจัยนี้ คือ ระบบที่ประกอบด้วย IPM, 1:1 T80:S80, 1:1 W:PG และระบบที่ประกอบด้วย IPM, 2:1 T80:S80, 1:1 W:PG สามารถทำให้เกิดไมโครอิมัลชันได้ โดยขอบเขตของการเกิดไมโครอิมัลชันอยู่ในช่วงที่มีวัฏภาคน้ำมันเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ ดังในรูปที่ 1 ซึ่งแสดงว่ามีโอกาสเตรียมได้ไมโครอิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมันมากกว่าชนิดน้ำมันในน้ำ เนื่องจากการจัดเรียงตัวของโมเลกุลสารลดแรงตึงผิวโดยหันส่วนหางที่เป็นไฮโดรคาร์บอนสายยาวและไม่ชอบน้ำออกไปหาวัฏภาคภายนอกซึ่งเป็นน้ำมันสามารถเกิดขึ้นได้ง่ายกว่า [15] ในการศึกษานี้ เลือกจุดในพื้นที่ไมโครอิมัลชันใน 2 ระบบดังกล่าว ระบบละ 4 จุด เพื่อเตรียมไมโครอิมัลชันตั้งต้นจำนวน 8 ตำรับ ดังตารางที่ 1



รูปที่ 1 แผนภาพวัฏภาคไตรเทียมของระบบที่ศึกษา: (ก) ระบบที่ประกอบด้วย IPM, 1:1 T80:S80, 1:1 W:PG และ (ข) ระบบที่ประกอบด้วย IPM, 2:1 T80:S80, 1:1 W:PG โดยบริเวณที่แรเงาแสดงพื้นที่ไมโครอิมัลชัน

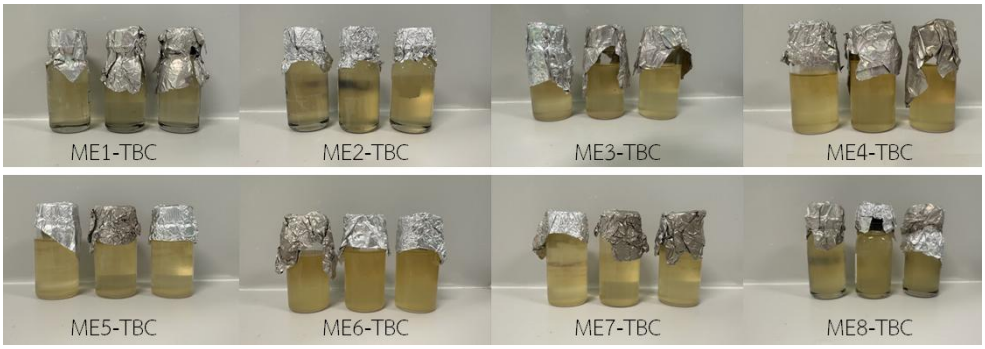
ตารางที่ 1 สูตรตำรับไมโครอิมัลชันตั้งต้น

ตำรับ	ส่วนประกอบ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)			
	1:1 T80:S80	2:1 T80:S80	1:1 W:PG	IPM
ME1	30	-	5	65
ME2	30	-	10	60
ME3	35	-	5	60
ME4	35	-	10	55
ME5	-	30	5	65
ME6	-	30	10	60
ME7	-	35	5	60
ME8	-	35	10	55

การเตรียมเซรั่มบรรจุสารสกัดสมอพิเภก ทำโดยใช้สารละลายสมอพิเภกที่มีความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อกรัม (mg/g) ในน้ำแทนที่น้ำในระบบไมโครอิมัลชัน ซึ่งส่งผลให้ได้ความเข้มข้นของสารสกัดสมอพิเภกในตำรับ 2 ค่า คือ 1.25 และ 2.50 mg/g ในตำรับที่มี 1:1 W:PG ร้อยละ 5 และ 10 ตามลำดับ (คิดเป็นปริมาณน้ำร้อยละ 2.5 และ 5 ตามลำดับ) พบว่าตำรับที่ได้มีลักษณะเป็นของเหลวใส สีเหลือง ดังรูปที่ 2 และทุกตำรับที่เตรียมได้ไม่เข้ากัน (immiscible) กับสารละลายสี brilliant blue ในน้ำ แต่เข้ากันได้ (miscible) กับสารละลายสี Sudan III ในน้ำมัน ซึ่งบ่งชี้ว่าเป็นไมโครอิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมัน สอดคล้องกับอัตราส่วนของส่วนประกอบในตำรับที่ประกอบด้วยวัฏภาคน้ำในปริมาณต่ำกว่าวัฏภาคน้ำมัน นอกจากนี้ ทุกตำรับหลังเตรียมมีค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.69-7.46 ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางสำหรับผิวพรรณ ดังตารางที่ 2

ผลการศึกษาในรูปที่ 3 พบว่า rheograms ระหว่าง shear stress และ shear rate ของทุกตำรับมีลักษณะเป็นเส้นตรงที่มีความชันคงที่ ดังนั้น ทุกตำรับไหลแบบนิวโตเนียน (Newtonian flow) หรือมีความหนืดคงที่โดยไม่ขึ้นกับแรงกระทำ [16] ซึ่งรูปแบบการไหลแบบนิวโตเนียนที่เป็นลักษณะเฉพาะอย่างหนึ่งของไมโครอิมัลชัน [11] โดยความหนืดเฉลี่ยของตำรับ ME1-TBC – ME8-TBC เมื่อวัดที่ความเร็วรอบ spindle 250 rpm แสดงในตารางที่ 2 ซึ่งพบว่าตัวแปรที่มีผลต่อความหนืดอย่างเด่นชัด คือ ปริมาณวัฏภาคน้ำซึ่งเป็นวัฏภาคภายใน (internal phase) โดยพบว่าปริมาณวัฏภาคน้ำที่สูงขึ้นมีผลทำให้ความหนืดของตำรับเพิ่มขึ้น เนื่องจากจำนวนหยดหรืออนุภาคของวัฏภาคภายในที่เพิ่มขึ้นทำให้เกิดการต้านทานการไหลที่เพิ่มขึ้นด้วย ส่วนตัวแปรที่มีผลรองลงมา คือ ปริมาณทวีน-80 เนื่องจากสมบัติด้านความหนืดของสารนี้

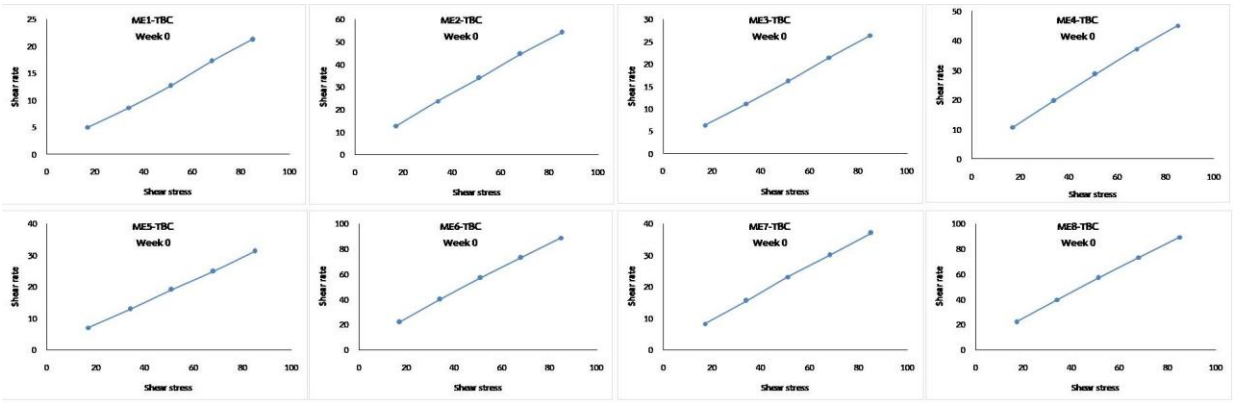
หลังเก็บภายใต้สภาวะเร่งที่อุณหภูมิร้อนและเย็นสลับกัน 5 รอบ และหลังเก็บภายใต้สภาวะปกตินาน 4 สัปดาห์ พบว่าเซรั่มบรรจุสารสกัดสมอพิเภกมีลักษณะที่มองเห็นด้วยตาเปล่าเหมือนเดิม อย่างไรก็ตาม หลังเก็บภายใต้สภาวะปกตินาน 8 สัปดาห์ สังเกตเห็นทุกตำรับมีชั้นสีขาวขุ่นที่แยกกับชั้นสีเหลืองซึ่งสามารถกลับกระจายตัวเป็นเนื้อเดียวกันได้หลังจากเขย่าด้วยแรงเพียงเล็กน้อย จึงคาดว่าอาจเกิดจากการเป็นไขของวัฏภาคน้ำมันในระหว่างการเก็บ นอกจากนี้ ทุกตำรับยังคงมีค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยใกล้เคียงกับเมื่อเริ่มต้นและอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางสำหรับผิวพรรณ ดังตารางที่ 2 หลังการเก็บนาน 4 สัปดาห์ ทุกตำรับไหลแบบนิวโตเนียนเช่นเดียวกับเมื่อเริ่มต้น ดังรูปที่ 4 และมีความหนืดใกล้เคียงกับเมื่อเริ่มต้น ดังตารางที่ 2 อย่างไรก็ตาม ไม่สามารถวัดผลด้านความหนืดและรูปแบบการไหลในสัปดาห์ที่ 8 เนื่องจากเครื่องมือชำรุด



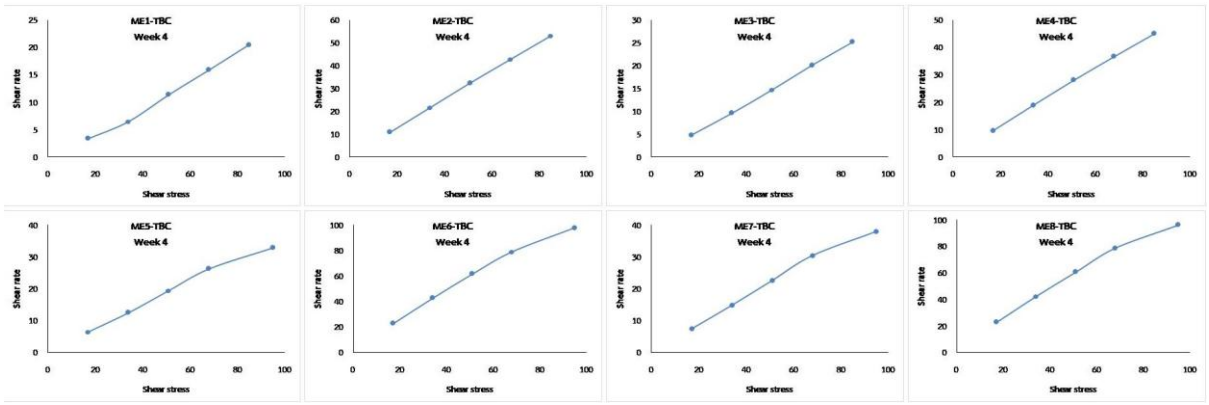
รูปที่ 2 ลักษณะที่มองเห็นของเซรั่มบรรจุสารสกัดสมอพิเภก เมื่อเริ่มต้นหรือหลังเตรียม

ตารางที่ 2 ความเป็นกรด-ด่างและความหนืดเมื่อวัดที่ความเร็วรอบ spindle 250 rpm ของเซรั่มบรรจุสารสกัดสมอพิเภก

ตำรับ	ความเป็นกรด-ด่าง				ความหนืด (เซนติพอยส์; cP)	
	หลังเตรียม	หลังเก็บในสภาวะเร่ง	หลังเก็บในสภาวะปกติ 4 สัปดาห์	หลังเก็บในสภาวะปกติ 8 สัปดาห์	หลังเตรียม	หลังเก็บในสภาวะปกติ 4 สัปดาห์
ME1-TBC	7.46±0.07	6.72±0.31	6.82±0.23	7.38±0.38	21.24±1.31	24.06±2.14
ME2-TBC	6.69±0.04	6.45±0.28	6.38±0.09	5.67±0.27	63.59±0.84	62.36±1.05
ME3-TBC	7.34±0.03	6.77±0.08	7.16±0.06	7.26±0.15	31.00±0.26	29.66±1.10
ME4-TBC	6.83±0.10	5.76±0.34	6.30±0.15	6.35±0.34	52.96±1.37	53.20±0.48
ME5-TBC	7.23±0.13	7.05±0.54	7.25±0.04	7.35±0.10	36.68±0.57	38.58±0.12
ME6-TBC	7.06±0.15	6.41±0.29	6.68±0.06	6.50±0.10	104.30±1.10	114.82±2.40
ME7-TBC	7.22±0.00	7.39±0.05	7.25±0.08	7.35±0.10	43.56±1.72	44.55±0.17
ME8-TBC	6.94±0.01	6.44±0.24	6.58±0.13	6.50±0.10	104.90±1.36	113.06±0.56



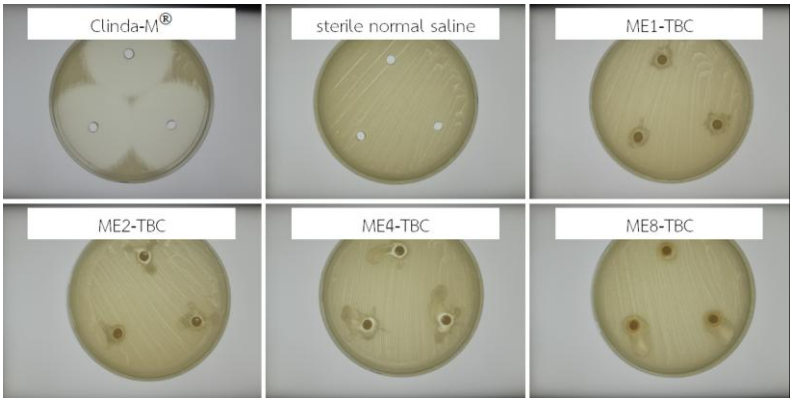
รูปที่ 3 Rheograms ของเซรั่มบรรจุสารสกัดสมอพิเภก เมื่อเริ่มต้นหรือหลังเตรียม



รูปที่ 4 Rheograms ของเซรั่มบรรจุสารสกัดสมอพิเภก หลังเก็บในสภาวะปกติ 4 สัปดาห์

ประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ของเซรั่มบรรจุสารสกัดสมอพิเภก

ผลการทดสอบการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ในรูปที่ 5 พบว่า Clinda-M® ซึ่งเป็นกลุ่มควบคุมแบบบวก สามารถยับยั้งเชื้อได้ ในขณะที่ sterile normal saline ซึ่งเป็นกลุ่มควบคุมแบบลบ ไม่สามารถยับยั้งเชื้อ แสดงว่าวิธีทดสอบที่ใช้มีความถูกต้อง เซรั่มบรรจุสารสกัดสมอพิเภกที่เลือกมาศึกษา 4 ตำรับ คือ ME1-TBC, ME2-TBC, ME4-TBC และ ME8-TBC มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ต่ำ โดยมีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของพื้นที่ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียเท่ากับ 6.3±0.2, 6.7±0.5, 7.5±0.2 และ 7.5±1.3 mm ตามลำดับ และผลของ ME1-TBC กับผลของ ME4-TBC มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนผลของคู่อื่นๆ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) เนื่องจาก ME1-TBC มีความเข้มข้นของสารสกัดสมอพิเภกต่ำกว่า ME4-TBC 2 เท่า สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ซึ่งรายงานว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของพื้นที่ยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ของสารสกัดสมอไทยที่ศึกษาด้วยวิธี agar well diffusion เพิ่มขึ้นโดยสัมพันธ์กับความเข้มข้นของสารสกัดที่เพิ่มขึ้น [14] อย่างไรก็ตาม ไม่พบความสัมพันธ์ในเชิงสัดส่วน นอกจากนี้ ME1-TBC มีปริมาณ S_{mix} ร้อยละ 30 ขณะที่ ME4-TBC มีปริมาณ S_{mix} ร้อยละ 35 ของตำรับ ปริมาณ S_{mix} ที่เพิ่มขึ้น อาจทำให้สารสกัดสมอพิเภกสามารถแพร่กระจาย (diffuse) ออกจากระบบไมโครอิมัลชันได้เร็วขึ้น ส่งผลให้พื้นที่ยับยั้งเชื้อมีขนาดใหญ่ขึ้น อย่างไรก็ตาม ข้อมูลในการศึกษานี้ ยังไม่เพียงพอในการประเมินผลของปริมาณของ S_{mix} ต่อการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ขณะที่เมื่อเปรียบเทียบระหว่าง ME4-TBC และ ME8-TBC ซึ่งมีปริมาณของ S_{mix} และสารสกัดสมอพิเภกเท่ากัน แต่อัตราส่วนของสารลดแรงตึงผิวใน S_{mix} ต่างกัน พบว่าทั้ง 2 ตำรับให้ผลด้านขนาดของพื้นที่ยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ไม่ต่างกัน แสดงว่าอัตราส่วนของสารลดแรงตึงผิว (1:1 และ 2:1 T80:S80) ส่งผลต่อการยับยั้งเชื้อนี้ไม่ต่างกัน



รูปที่ 5 พื้นที่ยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ของ Clinda-M® (กลุ่มควบคุมแบบบวก), sterile normal saline (กลุ่มควบคุมแบบลบ), ME1-TBC, ME2-TBC, ME4-TBC และ ME8-TBC

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษานี้พบว่าเซรั่มบรรจุสารสกัดสมอพิเภกซึ่งเตรียมโดยการใช้ระบบไมโครอิมัลชันมีลักษณะเป็นของเหลวใส สีเหลือง มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ในเครื่องสำอางสำหรับผิวพรรณ มีการไหลแบบนิวโตเนียนหรือมีความหนืดคงที่โดยไม่ขึ้นกับแรงกระทำ โดยความหนืดสัมพันธ์กับส่วนประกอบ ไม่พบการเปลี่ยนแปลงในด้านลักษณะที่มองเห็นด้วยตาเปล่าและความเป็นกรด-ด่างหลังการเก็บ 8 สัปดาห์ และไม่พบการเปลี่ยนแปลงในด้านความหนืดและรูปแบบการไหลหลังการเก็บ 4 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบกับเมื่อเริ่มต้นหรือหลังการผลิต นอกจากนี้ ตำรับที่เตรียมได้มีประสิทธิภาพในการต้านเชื้อ *S. aureus* อย่างไรก็ตาม เส้นผ่านศูนย์กลางของพื้นที่ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของทุกตำรับที่ศึกษามีขนาดเล็ก

ในการศึกษานี้ หาปริมาณของสารสกัดสมอพิเภกในตำรับโดยวิเคราะห์ในรูปสารที่ละลายได้ในเอทานอลร้อยละ 95 (95% ethanol) และดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 273 นาโนเมตร ด้วยเทคนิคอัลตราไวโอเลตและวิสิเบิลสเปกโทรสโคปี (UV-visible spectroscopy technique) ซึ่งพบว่าผลการศึกษามีความคลาดเคลื่อนสูง จึงไม่สามารถแปลผลความคงตัวทางเคมี (ข้อมูลไม่แสดง) ดังนั้น ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป คือ ควรศึกษาความคงตัวทางเคมีด้วยวิธีที่จำเพาะมากขึ้น เช่น Folin-Ciocalteu method เป็นต้น นอกจากนี้ ควรเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดสมอพิเภกในตำรับ โดยการใช้ระบบไมโครอิมัลชันที่มีวัฏภาคน้ำเป็นองค์ประกอบที่มากขึ้น เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่สูงขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับงบสนับสนุนการวิจัยจากเงินกองทุนวิจัย คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ประเภทโครงงานนักศึกษา ประจำปีงบประมาณ 2568 (PHA6804056S)

เอกสารอ้างอิง

[1] Mohsin N, Hernandez L.E., Martin M.R., Does A.V., and Nouri K. (2022). “Acne treatment review and future perspectives”, **Dermatologic Therapy.** 35(9), e15719.

[2] Fox L., Csongradi C., Aucamp M., du Plessis J., and Gerber M. (2016). “Treatment modalities for acne”, **Molecules.** 21(8), 1063.

[3] Grand View Research. (2025). “Anti-acne cosmetics market size & trends”. Available at: **https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/anti-acne-cosmetics-market.** (Accessed on 18 April 2025).

[4] จิรา คุณากรวงศ์, เทพ เฉลิมชัย, พรอนงค์ อร่ามวิทย์, สุวิรากร โอภาสวงศ์, และ มนตรี อุดมเพทายกุล. (2559). “ประสิทธิภาพและความปลอดภัยของแผ่นปิดสิวอักเสบที่พัฒนาจากแผ่นยางโปรตีนต่ำซึ่งประกอบด้วยสารสกัดจากเปลือกมังคุดและรากต้นก้ามปู”. **วารสารการแพทย์และวิทยาศาสตร์สุขภาพ.** 23(3), 40-49.

[5] วันวิสาข์ คุณะวัฒนกุล, วนิดา ไทรชมภู, คัทลียา เมฆจรัสกุล, อมรรัตน์ เจริญมิตร, ชิดชนก เหล็กดี, และ ณัฐภากานต์ ศรีจันทร์. (2560). “ฤทธิ์ต้านเชื้อสิว (*Propionibacterium acnes*) จากสมุนไพรไทย”. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม.** 36(5), 607-613.

[6] จตุพร ประทุมเทศ, ปราณี ศรีราช, รัชฎาวรรณ อรรคนิมาตย์, รณชัย ภูวันนา, ทัณฑิกา แก้วสูงเนิน, กมลวรรณ จงจิตต์, และ จารุวรรณ ดรเถื่อน. (2564). “การเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและต้านเชื้อแบคทีเรียก่อสิว (*P. acnes*) ของสารสกัดเมทานอลจากสมุนไพรในพิกัดตรีผลา”. **วารสารหมอยาไทยวิจัย.** 7(1), 1-14.

[7] พรกรัณย์ สมขาว, จินตนา จุลทัศน์, ณิชาพัตร์ ฉลอมพงษ์, ธัญลักษณ์ ประเสริฐ, และ ปรียาภรณ์ มุลตีกะ. (2565). “ประสิทธิภาพของเจลแต้มสิวที่มีส่วนผสมจากสารสกัดหอมแดง”.**วารสารหมอยาไทยวิจัย.** 8(2), 99-109.

[8] ณัฐณิชา ธาดาชัยพงศธร, อิสรีย์ คหกิจไพศาล, กัญญณัช คงวณิช, และ อรวรรณ ปิยะบุญ. (2565). “ฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ของแผ่นแปะจากเปลือกมะนาวที่มีสารสกัดหยาบจากแก่นฝางเสน”. **วารสารวิชาการสาธารณสุข.** 31(6), 1132-1139.

[9] Sheta M., Kikani K., Kavathia P., Thakkar J., and Rangnani T. (2016). “Study of antimicrobial activity of Triphala and its individual components”, **International Journal of Herbal Medicine.** 4(5), 41-43.

[10] Singh A., Bajpai V., Kumar S., Kumar B., Srivastava M., and Rameshkumar, K.B. (2016). “Comparative profiling of phenolic compounds from different plant parts of six *Terminalia* species by liquid chromatography–tandem mass spectrometry with chemometric analysis”, **Industrial Crops and Products.** 87, 236–246.

[11] Boonme P. (2007). “Applications of microemulsions in cosmetics”, **Journal of Cosmetic Dermatology.** 6, 223-228.

[12] ณัฐธิดา ภัคพยัต, ทรงวุฒิ ยศวิมลวัฒน์, และ ประภาพร บุญมี. (2554). “กรีนไมโครอิมัลชันสำหรับเครื่องสำอาง”, **วารสารไทยเภสัชศาสตร์และวิทยาการสุขภาพ.** 6(4), 290-298.

[13] Talianu M.T., Dinu-Pîrvu C.E., Violeta G.M., Anuta V., Jinga V., and Popa L. (2020). “Foray into concepts of design and evaluation of microemulsions as a modern approach for topical applications in acne pathology”, **Nanomaterials.** 10, 2292.

[14] ปิยนุช พรมภมร และ นภัสสร ราชรินทร์. (2559). “การประเมินฤทธิ์ต้านแบคทีเรียและการพัฒนาตำรับเจลจากสารสกัดสมอไทย”, **วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยสวนดุสิต.** 9(1), 51-63.

[15] Xavier-Junior FH., Vauthier C., Morais AR., Alencar EN., and Egito ES. (2017) “Microemulsion systems containing bioactive natural oils: an overview on the state of the art”, **Drug Development and Industrial Pharmacy.** 43, 700-714.

[16] Sinko PJ., editor. (2011). “Chapter 19: Rheology”, **Martin’s Physical Pharmacy and Pharmaceutical Sciences.** 6th Edition. Lippincott Williams & Wilkins, USA, pp. 469-491.

ชุดทดสอบตะกั่วด้วยสาร Alizarin Red S แบบพกพา พร้อมแถบสีเปรียบเทียบ

ธัญวรัตม์ ศรีรอด[1*] สุพิชญา พานิชย์[1] ปัณณวิชญ์ โชติกิจภิวาทย์[1]

คณิติณ ช่างเขียน[2] และอัชนา หมันใจดี[3]

บทคัดย่อ

สารตะกั่วเป็นโลหะหนักที่มีพิษสูง หากมีการปนเปื้อนในน้ำอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพในระยะยาว แม้จะมีเครื่องมือตรวจวัดที่แม่นยำ แต่ยังไม่เหมาะสำหรับการใช้งานในระดับชุมชน คณะผู้จัดทำจึงมุ่งศึกษาช่วงค่า pH และความเข้มข้นของสาร Alizarin Red S ที่เกิดเหมาะสมต่อการตรวจวัดตะกั่ว รวมถึงพื้นที่เกิดปฏิกิริยา ระยะเวลาในการอ่านค่า และการจัดทำแถบสีเพื่อความสะดวกในการใช้งาน เริ่มจากการศึกษาค่า pH และความเข้มข้นของสาร Alizarin Red S พบว่า pH 4 และความเข้มข้น 60 mM ให้ค่าความต่างสีสูงที่สุด จากนั้นศึกษาพื้นที่และระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา พบว่าพื้นที่ 0.5 × 2 เซนติเมตร และเวลาอ่านค่า 3 นาทีเหมาะสมในการอ่านค่าที่สุด สุดท้ายได้จัดทำแถบสีเปรียบเทียบเพื่อใช้ในการอ่านค่าผลการทดสอบ สรุปได้ว่า ชุดทดสอบที่ใช้ Alizarin Red S ที่ pH 4 ความเข้มข้น 60 mM บนพื้นที่ 0.5 × 2 เซนติเมตร และอ่านค่าในเวลา 3 นาที มีประสิทธิภาพในการตรวจวัดตะกั่วช่วงความเข้มข้น 0.01–100 ppm และเหมาะสำหรับการใช้งานภาคสนามระดับชุมชน โดยสามารถแปลผลได้จากแถบสีที่มีความแตกต่างชัดเจน

คำสำคัญ: ตะกั่ว อะลิซาริน เรด เอส ชุดทดสอบ แถบสีเปรียบเทียบ

---

[1] นักเรียน, โรงเรียนมหาวชิราวุธ จังหวัดสงขลา จังหวัดสงขลา 90000

[2] คุณครู, โรงเรียนมหาวชิราวุธ จังหวัดสงขลา จังหวัดสงขลา 90000

[3] เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ, โรงเรียนมหาวชิราวุธ จังหวัดสงขลา จังหวัดสงขลา 90000

[1] student, Mahavajiravudh changwat Songkhla, Songkhla, 90000

[2] teacher, Mahavajiravudh changwat Songkhla, Songkhla, 90000

[3] lab boy, Mahavajiravudh changwat Songkhla, Songkhla, 90000

Corresponding Author: E-mail: 52615@mvsk.ac.th, Tel: 064-9569701

Portable Lead Test Kit for Water Using Alizarin Red S with a Color Comparison Chart

Thanwarat Srirod[1*] , Supichaya Panit[1], Pannawit Chotikitpiwart[1],

Kanitin Changkien[2] and Assana Manjaidee[3]

Abstract

Lead is a highly toxic heavy metal that, when contaminated in drinking water, can cause long-term health effects. Although precise detection tools exist, they are often unsuitable for community-level monitoring. This study aimed to investigate optimal conditions for developing a lead test kit using Alizarin Red S, focusing on suitable pH values, dye concentrations, reaction surface area, reading time, and the creation of a color comparison chart for ease of use.

The study began by examining the appropriate pH and concentration of Alizarin Red S. Results showed that a pH of 4 and a concentration of 60 mM produced the highest color difference. Subsequently, the optimal reaction area and reading time were determined to be 0.5 × 2 cm and 3 minutes, respectively. A color comparison strip was then developed to support result interpretation.

In conclusion, the test kit using Alizarin Red S at pH 4 and 60 mM concentration, applied to a 0.5 × 2 cm surface and read at 3 minutes, demonstrated effective lead detection within the concentration range of 0.01–100 ppm. The test kit is suitable for field use in community settings, with clear color differences that allow for easy interpretation.

Keywords: Lead, Alizarin Red S, test kit, color comparison chart

บทนำ

สารตะกั่วเป็นโลหะหนักที่มีความเป็นพิษสูงและส่งผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีการสะสมในร่างกายหรือในห่วงโซ่อาหาร เนื่องจากสารตะกั่วไม่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ โดยแหล่งกำเนิดของสารตะกั่วส่วนใหญ่มาจากโรงงานอุตสาหกรรม รวมถึงระบบประปาเก่าหรือแหล่งน้ำที่ไม่ได้รับการบำบัดอย่างเหมาะสมก่อนปล่อยออกสู่ธรรมชาติ ทำให้เกิดการปนเปื้อนในแหล่งน้ำที่ชุมชนใช้บริโภคและอุปโภค โดยเฉพาะในชุมชนที่ตั้งอยู่ใกล้พื้นที่อุตสาหกรรม (กรมควบคุมมลพิษ, 2537; ดลรวี แวแยง และสุภาภรณ์ ยิ้มเที่ยง, 2564) ซึ่งส่งผลให้ชุมชนเหล่านี้มีความเสี่ยงต่อการสะสมสารตะกั่วในร่างกายในระดับที่เป็นอันตราย จนอาจจะก่อให้เกิดอาการปวดท้องเรื้อรัง ภาวะโลหิตจาง หรือโรคเรื้อรังที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาทและไต (Norton *et al*., 2015)

โดยในประเทศไทย สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) ได้กำหนดค่ามาตรฐานของสารตะกั่วในน้ำดื่มไว้ไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือ 0.1 ppm (จินตนา ศรีนิเวศน์, 2554) แม้ว่าปัจจุบันจะมีเทคโนโลยีในการตรวจวัดสารตะกั่วที่ให้ความแม่นยำสูง เช่น เทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทสโกปี (Atomic Absorption Spectrometer ; AAS)(Zhao *et al*., 2015) หรือ อินดัคทีพลีคัพเพิลพลาสมาแมสสเปกโทรเมทรี(Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry ; ICP-MS) (Li *et al*., 2016) แต่การใช้งานยังมีข้อจำกัด ทั้งในด้านค่าใช้จ่าย ความยุ่งยากของกระบวนการ และจำเป็นต้องมีผู้เชี่ยวชาญคอยควบคุมกระบวนการ ซึ่งไม่สามารถตรวจวัดระดับสารตะกั่วได้ในภาคสนามของแหล่งชุมชน

ด้วยเหตุนี้ คณะผู้จัดทำจึงมีแนวคิดพัฒนาชุดทดสอบตะกั่วในน้ำรูปแบบพกพา โดยใช้สาร Alizarin Red S ซึ่งเป็นสารที่สามารถเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนสีเมื่อพบสารตะกั่วในน้ำ โดยออกแบบให้อยู่ในรูปแบบตลับทดสอบที่ใช้งานง่าย สะดวก รวดเร็ว และสามารถอ่านค่าได้ด้วยแถบสีเปรียบเทียบ เพื่อให้ประชาชนสามารถตรวจสอบคุณภาพน้ำได้ด้วยตนเอง ลดข้อจำกัดด้านต้นทุนและการเข้าถึงเทคโนโลยีขั้นสูง และสามารถใช้ในการเฝ้าระวังความปลอดภัยของน้ำในระดับชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากงานของ (สุนิสา, 2561) ได้ออกแบบชุดทดสอบตะกั่วในลำไย ได้ศึกษาการตรวจหาตะกั่วโดยใช้สาร Alizarin Red S กับสารละลายจากเนื้อลำไยบด ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถตรวจพบตะกั่วได้ในระดับเบื้องต้น โดยใช้เทคนิคการจุ่มแผ่นทดสอบในสารละลาย อย่างไรก็ตามขั้นตอนเตรียมตัวอย่างซับซ้อนอีกทั้งขาดรูปแบบเครื่องมือที่สะดวกและใช้งานง่ายสำหรับผู้ใช้นอกห้องปฏิบัติการ จากข้อจำกัดข้างต้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งพัฒนา ตลับทดสอบตะกั่วในน้ำแบบสำเร็จรูป โดยยังคงใช้สาร Alizarin Red S เป็นตัวตรวจจับเช่นเดียวกัน แต่ปรับปรุงวิธีการใช้งานให้สะดวกยิ่งขึ้น โดยออกแบบให้เหมาะกับการทดสอบตัวอย่างน้ำโดยตรง ซึ่งสามารถนำไปใช้ในภาคสนามได้จริง

ในการพัฒนาชุดทดสอบดังกล่าว คณะผู้จัดทำจึงมุ่งศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของชุดทดสอบหลายประการ ได้แก่ ช่วงค่า pH ที่เหมาะสมในการทำงานของสาร Alizarin Red S ความเข้มข้นของสาร Alizarin Red S ที่ให้ผลตอบสนองดีที่สุด ตลอดจนขนาดของพื้นที่สัมผัสที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยา ระยะเวลาที่เหมาะสมในการอ่านค่า และความแม่นยำของชุดทดสอบ เพื่อให้ได้ชุดทดสอบที่มีประสิทธิภาพที่ เหมาะสมต่อการนำไปใช้งานจริง

วิธีดำเนินการวิจัย

การทดลองที่ 1 ศึกษาช่วง pH ที่เหมาะสมต่อการทำงานของสาร Alizarin Red S

เริ่มต้นด้วยการละลาย Alizarin Red S ให้มีความเข้มข้น 10 mM ด้วยบัฟเฟอร์ที่ pH 3, 4 และ5 ที่ปริมาตร 50 ml. ต่อหนึ่งค่า pH ปิเปตสารละลาย Alizarin Red S ที่ความเข้มข้นต่างๆปริมาตร 10 ไมโครลิตรลงบนบริเวณปลายกระดาษ แล้วนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 นาที ปิเปตสารละลายตะกั่วมาตรฐานที่ความเข้มข้น 0.1 ppm ปริมาตร 10 ไมโครลิตรลงบนชุดทดสอบที่ขึ้นรูปไว้ จับเวลา 3 นาทีจากนั้นนำไปตรวจวัดความเข้มสีด้วยเครื่อง Color meter บันทึกผลลงในตาราง ทำซ้ำความเข้มข้นละ 5 ครั้ง และนำข้อมูลมาเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละ pH โดยใช้การทดสอบทางสถิติแบบ Two-way ANOVA เพื่อหาค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การทดลองที่ 2 ศึกษาความเข้มข้นของสาร Alizarin Red S ที่เหมาะสมในการนำมาขึ้นรูปชุดทดสอบตะกั่วในน้ำด้วยสาร Alizarin Red S แบบกระดาษ เริ่มต้นด้วยการละลายสาร Alizarin Red S ด้วยบัฟเฟอร์ให้มีความเข้มข้น 10, 20, 30,..,100 mM.ที่ปริมาตร 50 ml. ต่อหนึ่งความเข้มข้น ปิเปตสารละลาย Alizarin Red S ที่ความเข้มข้นต่างๆปริมาตร 10 ไมโครลิตรลงบนบริเวณปลายกระดาษแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 นาที ปิเปตสารละลายตะกั่วมาตรฐานที่ความเข้มข้น 0.1 ppm ปริมาตร 10 ไมโครลิตรลงบนชุดทดสอบที่ขึ้นรูปไว้ จับเวลา 3 นาทีจากนั้นนำไปตรวจวัดความเข้มสีด้วยเครื่อง Color meter บันทึกผลลงในตาราง ทำซ้ำความเข้มข้นละ 5 ครั้ง และนำข้อมูลมาเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละความเข้มข้น โดยใช้การทดสอบทางสถิติแบบ One-way ANOVA เพื่อหาค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การทดลองที่ 3 ศึกษาพื้นที่ผิวสัมผัสในการทำปฏิกิริยาของชุดทดสอบตะกั่วในน้ำแบบกระดาษ

เริ่มด้วยการกำหนดขอบเขตการทำปฏิกิริยา 0.5 x 0.5, 0.5 x 1, 0.5 x 1.5, 0.5 x 2 และ 0.5 x 2.5 เซนติเมตร ปิเปตสารละลาย Alizarin Red S ที่ความเข้มข้นที่ดีที่สุดปริมาตร 10 ไมโครลิตรลงบนบริเวณปลายกระดาษ นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 นาที ปิเปตสารละลายตะกั่วมาตรฐานที่ความเข้มข้น 0.1 ppm ปริมาตร 10 ไมโครลิตรลงบนชุดทดสอบ จับเวลา 3 นาทีจากนั้นนำไปตรวจวัดความเข้มสีด้วยเครื่อง Color meter บันทึกผลลงในตาราง ทำซ้ำตัวแปรละ 5 ครั้ง โดยใช้การทดสอบทางสถิติแบบ One-way ANOVA เพื่อหาค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การทดลองที่ 4 ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการอ่านค่าชุดทดสอบ ปิเปตสารละลายตะกั่วมาตรฐานลงบนชุดทดสอบ

เริ่มจับเวลาในช่วง 1 - 5 นาที ตรวจวัดค่าความเข้มสี บันทึกผล ทำการทดลองซ้ำ 5 ครั้ง โดยใช้การทดสอบทางสถิติแบบ One-way ANOVA เพื่อหาค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การทดลองที่ 5 ขั้นตอนการหาความสัมพันธ์ระหว่างตะกั่วกับค่า pH เพื่อทำแถบสีเปรียบเทียบ

เตรียมสารละลายตะกั่วมาตรฐานความเข้มข้น 100 ppm จากนั้นนำมาเจือจางเพื่อให้ได้สารละลายตะกั่วมาตรฐานความเข้มข้น 0.01 - 0.09, 0.1 - 0.9, 1.0 - 9.0, 10 - 100 ppm ปิเปตสารละลายตะกั่วมาตรฐานที่ความเข้มข้นต่างๆลงบนชุดทดสอบ จับเวลา 3 นาที และนำไปตรวจวัดความเข้มสีด้วยเครื่อง Color meter และนำค่าความเข้มสีของแต่ละความเข้มข้นของสารละลายตะกั่วมาตรฐานมาเปรียบเทียบความแตกต่าง โดยใช้การทดสอบทางสถิติแบบ T-test เพื่อหาค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นำช่วงของค่าสีที่แตกต่างไปแปลงเป็นรหัสสีรูปแบบ HEX ด้วยโปรแกรมแปลงค่าสีแล้วนำไปจัดทำเป็นแถบสีเปรียบเทียบสำหรับใช้ในการอ่านค่าความเข้มข้นของสารตะกั่วในน้ำเบื้องต้นด้วยตาเปล่า

การทดลองที่ 6 ศึกษาการใช้งานของชุดทดสอบตะกั่วในน้ำแบบพกพาในการใช้งานจริงในชุมชน

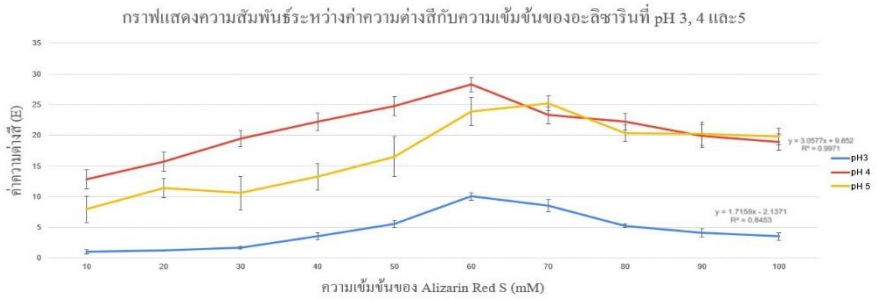
เริ่มด้วยการเก็บตัวอย่างจากแหล่งน้ำใกล้ชุมชน นำตัวอย่างมาหยดลงบนชุดทดสอบแบบพกพา สังเกตและเปรียบเทียบกับแถบสีมาตรฐาน เพื่อทำให้ทราบช่วงความเข้มของตะกั่ว

ผลการวิจัย

ผลจากการทดลองที่ 1 การศึกษาช่วง pH ที่เหมาะสมต่อการทำงานของสาร Alizarin Red S พบว่าค่าที่ดีที่สุดอยู่ในค่า pH 4 ช่วงความเข้มข้น 60 mM โดยมีค่าเฉลี่ยของความต่างสีอยู่ที่ 28.26±1.14 ซึ่งจะมีค่าความต่างสีมากที่สุดและมีค่าความเสถียรที่คงที่ และค่าที่น้อยที่สุดอยู่ในค่า pH 3 ช่วงความเข้มข้น 10 mM จากการวิเคราะห์ด้วย Two-way ANOVA พบว่าทั้งค่า pH,ความเข้มข้นของ Alizarin Red S มีผลต่อค่าความต่างสี (ΔE) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการศึกษาช่วง pH ที่เหมาะสมต่อการทำงานของสาร Alizarin Red S โดยมีความเข้มข้น 10 mM - 100 mM ด้วยบัฟเฟอร์ที่ pH 3, 4 และ5

pH	ค่าความต่างสี (ΔE) ในความเข้มข้นของ Alizarin Red S									
	10 mM	20 mM	30 mM	40 mM	50 mM	60 mM	70 mM	80 mM	90 mM	100 mM
3	1.02±0.30	1.25±0.11	1.74±0.23	3.58±0.52	5.56±0.60	10.07±0.60	8.57±1.01	5.27±0.27	4.11±0.67	3.54±0.61
4	12.82±1.52	15.73±1.54	19.51±1.32	22.25±1.42	24.76±1.58	28.26±1.14	23.28±1.36	22.26±1.31	19.93±1.84	18.87±1.31
5	7.94±2.16	11.38±1.53	10.59±2.66	13.26±2.13	16.52±3.23	23.92±2.32	25.20±1.17	20.39±1.32	20.23±1.83	19.81±1.34



ผลการทดลองที่ 2 การศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสาร Alizarin Red S ในการขึ้นรูปชุดทดสอบแบบกระดาษ โดยทดสอบในช่วงความเข้มข้นตั้งแต่ 10 mM ถึง 100 mM พบว่าค่าความต่างของสีสูงสุดอยู่ที่ความเข้มข้น 60 mM โดยมีค่าเฉลี่ยของความต่างสีอยู่ที่ 28.26 ± 1.14 หลังจากนั้นค่าความแตกต่างของสีลดลงเล็กน้อยหรือคงที่ จากการวิเคราะห์ด้วย One-way ANOVA พบว่าความเข้มข้นของ Alizarin Red S ที่แตกต่างกันมีผลต่อค่า (ΔE) อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาความเข้มข้นของสาร Alizarin Red S ที่เหมาะสมในการนำมาขึ้นรูปชุดทดสอบตะกั่วในน้ำด้วยสาร Alizarin Red S แบบกระดาษ โดยมีความเข้มข้น 10 mM - 100 mM ด้วยบัฟเฟอร์ที่ pH 4

ค่าความต่างสี (ΔE)	ความเข้มข้นของสาร Alizarin red S									
	10 mM	20 mM	30 mM	40 mM	50 mM	60 mM	70 mM	80 mM	90 mM	100 mM
	12.82±1.52	15.73±1.54	19.51±1.32	22.25±1.42	24.76±1.58	28.26±1.14	23.28±1.36	22.26±1.31	19.93±1.84	18.87±1.31

ผลการทดลองที่ 3 การศึกษาขนาดพื้นที่สัมผัสที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาระหว่างสารตรวจจับกับน้ำที่มีตะกั่ว โดยทดลองใช้พื้นที่หน้าสัมผัสขนาดต่าง ๆ ตั้งแต่ 0.5 × 0.5 ไปจนถึง 0.5 × 2.5 เซนติเมตร โดยค่าที่สูงที่สุดอยู่ที่พื้นที่ 0.5 × 2 เซนติเมตร โดยมีค่าเฉลี่ยของความต่างสีอยู่ที่ 28.12 ± 0.83 จากการวิเคราะห์ด้วย One-way ANOVA พบว่าพื้นที่สัมผัสของชุดตรวจมีผลต่อค่า (ΔE) อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการศึกษาพื้นที่ผิวสัมผัสในการทำปฏิกิริยาของชุดทดสอบตะกั่วในน้ำแบบกระดาษ โดยกำหนดขอบเขตการทำปฏิกิริยา 0.5, 1, 1.5, 2 และ 2.5 เซนติเมตร

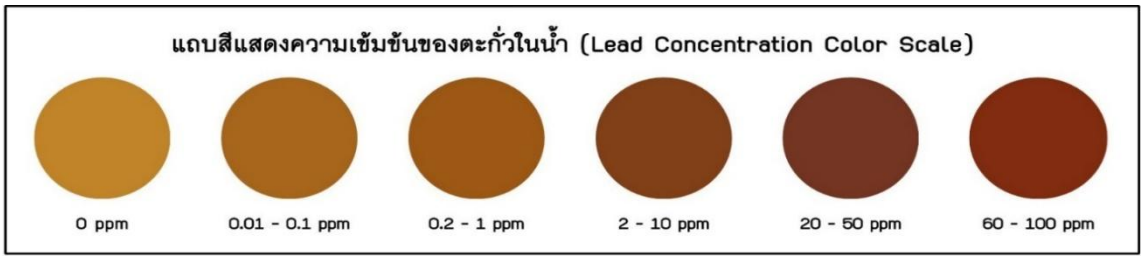
ค่าความต่างสี (ΔE)	พื้นที่ทำปฏิกิริยา (กว้าง x ยาว) (เซนติเมตร)				
	0.5 x 0.5	0.5 x 1	0.5 x 1.5	0.5 x 2	0.5 x 2.5
	12.28±1.22	18.74±1.03	24.32±0.98	28.12±0.83	26.44±0.63

ผลการทดลองที่ 4 การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการอ่านค่าชุดทดสอบ พบว่าค่าความต่างสี (ΔE) จะเริ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ จนมีค่าสูงที่สุดในนาทีที่ 3 หลังจากหยดสารละลายตะกั่วลงบนชุดทดสอบ โดยมีค่าเฉลี่ยของความต่างสีอยู่ที่ 28.91±0.62 ซึ่งมากกว่าช่วงเวลาอื่นอย่างชัดเจน และเมื่อเวลาผ่านไปในนาทีที่ 4-5 ค่าเฉลี่ยของความต่างสีจะเริ่มลดลงอยู่ที่ 24.24±0.89, 18.04±1.02 ตามลำดับ จากวิเคราะห์ด้วย One-way ANOVA พบว่าระยะเวลาที่เหมาะสมของชุดตรวจมีผลต่อค่า (ΔE) อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการอ่านค่าชุดทดสอบในความเข้มข้น 60 mM ที่ pH 4 ช่วงเวลา 1 - 5 นาที

ค่าความต่างสี (ΔE)	เวลาในการอ่านค่า (นาที)				
	1	2	3	4	5
	18.58±1.54	17.74±0.91	28.91±0.62	24.24±0.89	18.04±1.02

ผลการทดลองที่ 5 การจัดทำแถบสีเพื่อใช้เปรียบเทียบความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำ พบว่าสามารถแบ่งสีได้เป็น 6 ระดับ คือ 0 ppm, 0.01–0.1 ppm, 0.2–1 ppm, 2–10 ppm, 20–50 ppm และ 60–100 ppm โดยแต่ละช่วงมีความแตกต่างของสีที่ชัดเจน ไล่ระดับสีตั้งแต่สีน้ำตาลอ่อนแสดงระดับความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำที่ต่ำที่สุด (0 ppm) ไปจนถึงสีน้ำตาลแดงเข้มในระดับความเข้มข้นของตะกั่วที่สูงที่สุด (60–100 ppm) ดังภาพต่อไปนี้



ผลการทดลองที่ 6 การศึกษาการใช้งานของชุดทดสอบตะกั่วในน้ำแบบพกพาในการใช้งานจริงในชุมชน พบว่าชุมชนสวน 72 พรรษามีค่าความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำสูงที่สุดถึง 60–100 ppm ทุกตำแหน่ง และชุมชนโคกพาณิชย์ที่ตำแหน่งปากคลองมีค่าความเข้มข้นขงตะกั่วในน้ำต่ำที่สุดอยู่ที่ 0.2–1 ppm ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ศึกษาการใช้งานของชุดทดสอบตะกั่วในน้ำแบบพกพาในการใช้งานจริงในชุมชน

สถานที่	ช่วงความเข้มข้นของตะกั่วตำแหน่งต่างๆ		
	ตำแหน่ง A	ตำแหน่ง B	ตำแหน่ง C
สวนเฉลิมพระเกียรติ 72 พรรษา	60-100 ppm	60-100 ppm	60-100 ppm
ชุมชนโคกพาณิชย์	20-50 ppm	2-10 ppm	0.2-1 ppm
ปากคลองชุมชนเก้าเส้ง	20-50 ppm	2-10 ppm	2-10 ppm

หมายเหตุ: ตำแหน่ง A = ต้นคลอง, ตำแหน่ง B = กลางคลอง, ตำแหน่ง C = ปากคลอง

อภิปรายผลการวิจัย

1. การศึกษาช่วง pH ที่เหมาะสมต่อการทำงานของชุดทดสอบตะกั่วในน้ำ จากการทดลองพบว่าในช่วง pH 3, 4 และ 5 ค่า pH ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสาร Alizarin Red S กับตะกั่ว (Pb^{2+}) คือ pH 4 เนื่องจากสาร Alizarin Red S ไวต่อไอออนตะกั่วมากที่สุดในสภาวะ pH 4 ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีอย่างชัดเจน ในขณะที่ค่า pH อื่นๆ อาจส่งผลต่อโครงสร้างของ Alizarin Red S ทำให้มีการเกิดสีได้ไม่ชัดเจน

2. การศึกษาความเข้มข้นของสาร Alizarin Red S ที่เหมาะสมในการนำมาขึ้นรูปชุดทดสอบ ใช้สาร Alizarin Red S ความเข้มข้นตั้งแต่ 10–100 mM พบว่า ที่ความเข้มข้น 60 mM ให้ผลการเปลี่ยนแปลงของสีที่ชัดเจนที่สุด ความเข้มข้นที่ต่ำกว่าให้สีที่จางและตรวจจับยาก อย่างไรก็ตาม เมื่อความเข้มข้นของ Alizarin Red S สูงเกินไป อาจทำให้เกิดตะกอนสีน้ำตาลแดง ซึ่งอาจบดบังการเปลี่ยนแปลงสีที่เกิดขึ้นบนชุดทดสอบ ดังสมการต่อไปนี้ $ARS^{2-} + Pb^{2+} \longrightarrow [ARSPb]\downarrow$ (Basel et al., 1982)

3. การศึกษาพื้นที่สัมผัสในการทำปฏิกิริยาของชุดทดสอบตะกั่วในน้ำด้วยสาร Alizarin Red S พบว่าพื้นที่ขนาด 0.5 × 2 cm. ให้ผลการตรวจวัดที่ชัดเจนและมีประสิทธิภาพสูง เนื่องจากเพิ่มโอกาสให้สาร Alizarin Red S ทำปฏิกิริยากับไอออนตะกั่วได้มากขึ้น และเมื่อเพิ่มพื้นที่เป็น 0.5 × 2.5 cm. กลับพบว่าค่าความต่างสีลดลงและทำให้ปริมาณสาร Alizarin Red S ไม่เพียงพอต่อพื้นที่ ประสิทธิภาพจึงลดลง (รสสุคนธ์ ศรีสุขเจริญ, 2565)

4. การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการอ่านค่าชุดทดสอบตะกั่วในน้ำด้วยสาร Alizarin Red S พบว่า ที่เวลา 3 นาที เป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการอ่านค่า เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีได้ชัดเจนและเสถียร หากอ่านผลเร็วหรือช้าเกินไปการเปลี่ยนแปลงของสีจะยังไม่สมบูรณ์ และ หากอ่านผลช้าเกินไปก็จะเกิดการออกซิเดชันกับอากาศจนเกิดการบดบังสีที่แท้จริง (Environmental Protection Agency, 2012)

5. การศึกษาพบว่าบริเวณต้นน้ำของทุกชุมชนมีค่าความเข้มข้นของตะกั่วสูงที่สุด โดยเฉพาะชุมชนสวน 72 พรรษา ซึ่งต้นน้ำอยู่ใกล้โรงงานน้ำแข็ง อาจเป็นแหล่งกำเนิดสารปนเปื้อนที่สำคัญ ซึ่งบริเวณกลางน้ำและปลายน้ำของแต่ละชุมชนพบว่าค่าตะกั่วลดลง ซึ่งอาจเกิดจากการเจือจางตามธรรมชาติ (Adam, 2018)

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาหาความเข้มข้นและค่า pH ที่ Alizarin red S สามารถตรวจหาตะกั่วในน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสรุปผลการทดลองได้ว่าสารละลาย Alizarin Red S ที่ pH 4 ความเข้มข้น 60 mM เหมาะสมต่อขึ้นรูปชุดทดสอบ ต่อมามีการศึกษาขนาดพื้นที่ผิวที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า พื้นที่ที่เหมาะสมที่สุดในการแสดงผลคือ 0.5 x 2 เซนติเมตร ต่อมาคือการศึกษาระยะเวลาในการอ่านค่าพบว่าเวลาที่เหมาะสมซึ่งให้ความเข้มสีที่เสถียรและสามารถอ่านค่าได้แม่นยำที่สุดคือระยะเวลา 3 นาที และจากการศึกษาตัวอย่างน้ำใกล้ชุมชนพบว่าบริเวณต้นน้ำของชุมชนสวนเฉลิมพระเกียรติ 72 พรรษาเป็นบริเวณที่มีช่วงความเข้มของตะกั่วมากที่สุด ซึ่งสุดท้ายนี้ในการศึกษาพัฒนาควรมีการเปรียบเทียบผลจากชุดทดสอบกับเครื่องมือวิเคราะห์สารตะกั่วที่เป็นมาตรฐาน เช่น Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) เพื่อยืนยันความแม่นยำของชุดทดสอบ และทดสอบประสิทธิภาพกับของเหลวประเภทอื่นให้มีความหลากหลายมากขึ้นเช่น น้ำปลา น้ำซุป น้ำซาวข้าว หรืออาหารที่เป็นของเหลว เพื่อทำให้ชุดทดสอบมีความครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

อ้างอิง

จินตนา ศรีนิเวศน์. (2554). ค่ามาตรฐานสารปนเปื้อนในอาหาร. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา.

ดลรวี แวแยง และคณะ. (2564). การประเมินคุณภาพน้ำบริโภคในชุมชนบริเวณใกล้โรงงานอุตสาหกรรม. สำนักสุขาภิบาลสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย.

รสสุคนธ์ ศรีสุขเจริญ. (2565). การพัฒนาแผ่นทดสอบแบบกระดาษสำหรับตรวจวัดตะกั่วในเนื้อสัตว์ (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี)

อนุพันธ์ อิฐรัตน์. (2552). การศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนในหมู่บ้านคลิตี้ล่างจากสารตะกั่วที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม. ใน สำนักจัดการคุณภาพน้ำ (บ.ก.), *รายงานประจำปีสำนักจัดการคุณภาพน้ำ 2552* (น. 54–63). กรมควบคุมมลพิษ.

Adam, R. (2019). The contamination of heavy metals in water and sediments from Balekhiley community fishing Narathiwat Province. Princess of Narathiwat University Journal, 11(3), 202–212.

Al-Dossary, F. A. (2023). Photophysical processes in organic molecules for photodynamic applications. Photochemistry, 3(1), 66–84.

Basel, B. V., Sharma, V. K., & Agrawal, H. M. (1982). Spectrophotometric determination of lead using Alizarin Red S. Journal of Analytical Chemistry, 37(4), 512–515.

Satendra, P. S. (1965). Composition and stability of lead-alizarin red S chelate. *Advanced Synthesis & Catalysis*, *30*(10), 60–62.

U.S. Environmental Protection Agency. (2012). Environmental technology verification report: 3M™ LeadCheck™ (EPA/600/R-12/572).

Norton, G. J., Deacon, C. M., Mestrot, A., Feldmann, J., Jenkins, P., & Baskaran, C. (2015). Cadmium and lead in vegetable and fruit produce selected from specific regional areas of the UK. Science of The Total Environment, 533, 520–527.

Session

ฟิสิกส์ วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาตร์และคอมพิวเตอร์

09

การอนุรักษ์พลังงานสำหรับการเฝ้าติดตามค่าฝุ่น PM 2.5 ภายในอาคาร

ศุทกฤต เตชเอกสิทธิ์[1]* และ วิลาวรรณ รักผกาวงศ์[2]

บทคัดย่อ

ปัญหามลพิษทางอากาศจากฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM2.5) ถือเป็นประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพที่สำคัญ โดยเฉพาะในพื้นที่ภายในอาคารซึ่งมีการระบายอากาศจำกัด การตรวจวัดคุณภาพอากาศอย่างต่อเนื่องด้วยเซ็นเซอร์ราคาประหยัดมักประสบกับข้อจำกัดด้านการใช้พลังงาน งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการปรับช่วงเวลาในการเรียกใช้ข้อมูล (data retrieval interval) ให้มีประสิทธิภาพด้านพลังงานสูงสุด เพื่อลดข้อมูลที่ซ้ำซ้อน โดยไม่ลดทอนความแม่นยำในการพยากรณ์ ในการศึกษานี้ได้ประยุกต์ใช้เทคนิคอนุกรมเวลา ร่วมกับแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง ได้แก่ การสุ่มป่าไม้ และการถดถอยเวกเตอร์สนับสนุน เพื่อพยากรณ์ค่าฝุ่น PM2.5 ภายใต้ 3 สถานการณ์ ได้แก่ สภาวะการระบายอากาศต่ำ, การเปิด-ปิดการระบายอากาศ และสภาวะที่มีฝุ่นหนาแน่น โดยลบข้อมูลออกเพื่อให้ข้อมูลสูญหาย เหลือข้อมูลดิบเป็นระยะช่วง 1 นาที 2 นาที 3 นาที และ 4 นาที เพื่อจำลองการลดการทำงานของเซ็นเซอร์ ทั้งนี้ยังได้ใช้การแปลงค่าคะแนนมาตรฐาน (Z-score) เพื่อจัดการกับค่าผิดปกติ และประเมินประสิทธิภาพแบบจำลองด้วยตัวชี้วัด ได้แก่ ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE), ค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE), ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAE) และค่าสัมประสิทธิ์การอธิบาย (R^2) ผลการทดลองพบว่า แบบจำลองการสุ่มป่าไม้ให้ผลลัพธ์แม่นยำมากกว่าการถดถอยเวกเตอร์สนับสนุนในทุกสถานการณ์ โดยช่วงเวลาเว้นการเรียกข้อมูลทุก 2 นาทีภายใต้สภาวะแบบเปิด-ปิดให้ความสมดุลที่ดีที่สุดระหว่างการประหยัดพลังงานกับความแม่นยำ (RMSE = 5.51, R^2 = 0.937) เมื่อทดสอบช่วงเวลาที่เพิ่มขึ้นเป็น 15, 30, 45 และ 60 นาที พบว่าแบบจำลองการสุ่มป่าไม้ยังสามารถคงความแม่นยำในการพยากรณ์ไว้ได้ที่ระดับน่าเชื่อถือ (R^2 > 0.85) ภายในช่วงไม่เกิน 30 นาที แต่ประสิทธิภาพลดลงอย่างชัดเจนเมื่อเกิน 45 นาที วิธีการที่นำเสนอแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการสุ่มข้อมูลอย่างชาญฉลาดในการลดภาระของเซ็นเซอร์ โดยยังคงความแม่นยำสูงในการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคาร

คำสำคัญ: ฝุ่นละอองขนาดเล็ก เซ็นเซอร์ การประหยัดพลังงาน การสุ่มป่าไม้ การถดถอยเวกเตอร์สนับสนุน

[1] นักศึกษา, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต 12120

[2] ผศ.ดร, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต 12120

1 Student, Thammasat University, Rangsit Campus, 12120

2 Asst.Prof.Dr, Thammasat University, Rangsit Campus, 12120

* Corresponding Author: E-mail: Suthakrit.tec@dome.tu.ac.th, Tel: 094-948-4426

ENERGY-EFFICIENT FOR INDOOR PM2.5 MONITORING

Suthakrit Techaekkasit[1]*, Wilawan Rukpakavong[2]

Abstract

Air pollution caused by fine particulate matter (PM2.5) is a significant environmental and health issue, particularly in indoor spaces with limited ventilation. Continuous air quality monitoring using low-cost sensors often faces challenges with power consumption. This study focuses on optimizing energy-efficient data retrieval intervals to minimize redundant readings without compromising forecasting accuracy.

Time series analysis and machine learning models—Random Forest and Support Vector Regression (SVR)—were employed to predict PM2.5 levels across three environmental scenarios: low airflow, open/closed ventilation cycles, and high dust density. Duplicate data points were removed at intervals of 0, 2, 3, and 4 minutes to simulate reduced sensor usage. Outlier detection was performed using Z-score normalization, and model performance was evaluated using MSE, RMSE, MAE, and R^2 metrics.

Results indicate that Random Forest outperforms SVR in all scenarios. The best balance between energy efficiency and accuracy was achieved at a 2-minute interval in the open/closed ventilation scenario (RMSE = 5.51, R^2 = 0.937). Further tests with extended intervals (15, 30, 45, and 60 minutes) showed that up to 30 minutes, Random Forest maintained reliable prediction accuracy (R^2 > 0.85), while performance declined beyond 45 minutes. This approach highlights the potential of intelligent sampling strategies to reduce sensor workload while maintaining high prediction accuracy in indoor air quality monitoring systems.

Keywords: Particulate Matter, Sensor, Energy Efficiency, Random Forest, Support Vector Regression

บทนำ

ปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM2.5) เป็นปัญหาสำคัญที่แพร่หลายทั่วกรุงเทพมหานคร เนื่องจากการขยายตัวของเมืองและมลพิษจากยานยนต์ อีกทั้งยังมีแนวโน้มค่าฝุ่นที่สูงขึ้นทุกปี จากการศึกษาค่าฝุ่นใน 12 เขตของกรุงเทพมหานคร พบว่าอัตราฝุ่นละอองสูงสุดในช่วงเดือนตุลาคมถึงเมษายนของทุกปี [1] ฝุ่นละอองขนาดเล็กส่งผลกระทบต่อสุขภาพ เช่น โรคหืด โรคถุงลมโป่งพอง และมะเร็งปอด [2] ทำให้ผู้คนนิยมใช้เซ็นเซอร์ราคาประหยัดในการวัดฝุ่นละอองในสถานที่ต่างๆ เช่น ที่พักอาศัย สำนักงาน โรงพยาบาล และมหาวิทยาลัย โดยทั้งภาครัฐและเอกชนได้ตระหนักถึงความอันตรายของฝุ่นและมีมาตรการให้โรงเรียนหยุดเรียนหรือทำงานจากที่บ้านในช่วงที่ค่าฝุ่นเกินมาตรฐานที่กรมมลพิษกำหนด ซึ่งค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ต้องไม่เกิน 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และค่าเฉลี่ยรายปีต้องไม่เกิน 25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

เซ็นเซอร์ที่ใช้วัดฝุ่นละอองขนาดเล็กส่วนใหญ่ใช้หลักการกระเจิงของแสง (Photo Sensor) โดยใช้แหล่งกำเนิดแสง เช่น LED หรือ Laser Diode เพื่อฉายแสงและตรวจจับการกระเจิงของแสงเมื่อมันกระทบกับฝุ่นละออง ซึ่งเทคนิคใน Laser Diode จะใช้กระบวนการสร้างแสงเลเซอร์ที่มีความเข้มสูงและเส้นตรง [3] อย่างไรก็ตาม เซ็นเซอร์ที่มีความแม่นยำสูงมักมีราคาค่อนข้างแพง งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเซ็นเซอร์ฝุ่นละอองราคาประหยัด โดยทดลองใช้เซ็นเซอร์ 3 รุ่น ได้แก่ PMS55003, PMS7003, และ Grove HM3301 ที่ติดตั้งกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ [4] รวมถึงเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น 8 รุ่น ได้แก่ DHT11, DHT12, DHT21/AM2301, DHT22, DHT22/AM2302, DS3231, LM35, และ MLX90614 ซึ่งทดสอบร่วมกับบอร์ด NodeMCU ESP8266 ในห้องเชิร์ฟเวอร์ของมหาวิทยาลัยศรีปทุม ภายใต้สภาวะแบบปิด พบว่าเซ็นเซอร์ DHT11 มีความแม่นยำสูงสุดที่ 98.11% [5]

แบบจำลอง (Model)

Support Vector Regression (SVR) เป็นเทคนิคการเรียนรู้ที่ใช้สำหรับการประมาณค่าของตัวแปรตามจากตัวแปรต้น โดย Linear SVR จะใช้ฟังก์ชันเชิงเส้นในการประมาณความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตและเอาต์พุต และกำหนดค่าคลาดเคลื่อนจากค่าจริงไม่เกินค่าที่เรียกว่า epsilon (ϵ) ซึ่งเป็นขอบเขตที่ยอมรับได้ ในกรณีของ Non-linear SVR ข้อมูลอินพุตจะถูกแปลงไปยัง feature space ใหม่ที่สามารถใช้ SVR แบบเชิงเส้นได้โดยการใช้ kernel function เพื่อคูณเชิงจุดในพื้นที่นั้น ซึ่งช่วยให้สามารถจัดการกับข้อมูลที่ไม่เป็นเชิงเส้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ข้อจำกัดของ SVR คือไม่สามารถปรับขนาดสเกลของข้อมูลได้โดยอัตโนมัติ (scale-invariant) และใช้เวลาคำนวณมากขึ้นเมื่อชุดข้อมูลมีขนาดใหญ่ ทำให้เหมาะสมกับการใช้งานในชุดข้อมูลขนาดเล็กถึงปานกลาง นอกจากนี้การใช้ข้อมูลที่ผ่านการแปลงด้วย z-score (z-transformation) ก่อนการฝึกโมเดล SVR แบบไม่เชิงเส้นสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการประมาณค่าและทำให้โมเดลมีความแม่นยำสูงขึ้น [6]

Decision Tree เป็นอัลกอริธึมการเรียนรู้สำหรับการจำแนกข้อมูล โดยมีโครงสร้างเป็นต้นไม้ที่ประกอบด้วยโหนดราก (Root Node) โหนดลูก (Internal Nodes) และโหนดใบ (Leaf Node) กระบวนการเริ่มจากการเลือกคุณลักษณะที่เหมาะสมที่สุดเพื่อแบ่งข้อมูล โดยใช้เกณฑ์เช่น Gini Impurity หรือ Entropy ข้อมูลจะแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อยจนถึงเงื่อนไขหยุด เช่น ไม่มีคุณลักษณะเพิ่มเติมหรือความลึกของต้นไม้ถึงขีดจำกัด การควบคุมขนาดของต้นไม้ช่วยลดปัญหา Overfitting และรักษาความแม่นยำของโมเดล

Random Forest (RF) เป็นเทคนิคแบบ Ensemble ที่ประกอบด้วยหลาย Decision Tree (DT) ที่ทำงานขนานกัน โดยแต่ละต้นเรียนรู้จากข้อมูลที่สุ่มมาแบบ Bootstrapped Sample และใช้ตัวแปรทำนายที่แตกต่างกันเพื่อลดความสัมพันธ์ระหว่างต้นไม้ เมื่อทำนายผล ข้อมูลจากทุก DT จะถูกนำมาคำนวณเฉลี่ย ข้อจำกัดของ RF คือ ผลการทำนายจะถูกจำกัดในช่วงค่าจริงของข้อมูลที่ใช้ฝึกสอน

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัย [7] ศึกษาการพยากรณ์ปริมาณ PM2.5 ในจังหวัดนครสวรรค์ โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสามแบบจ าลอง Machine Learning ได้แก่ Linear Regression, Artificial Neural Network (ANN) และ Random Forest ข้อมูล PM2.5 ถูกเก็บจากสถานีตรวจวัดอากาศในพื้นที่โครงการชลประทานนครสวรรค์ ระหว่างมกราคม 2563 ถึง ธันวาคม 2565 กระบวนการเตรียมข้อมูลประกอบด้วยการรวบรวมข้อมูล PM2.5 และตัวแปรที่เกี่ยวข้อง (PM10, CO, NO2, SO2, O3, TEMP, RAIN), การจัดการค่า Missing Values โดยใช้ค่าเฉลี่ยจากข้อมูล 5 วันก่อนหน้าและหลัง, และการแบ่งข้อมูลเป็น Training Set (มกราคม 2563 - ธันวาคม 2564) และ Testing Set (มกราคม 2565 - ธันวาคม 2565) ผลการศึกษาพบว่า Random Forest ให้ผลการพยากรณ์ที่ดีที่สุด โดยมีค่า RMSE เท่ากับ 4.35 และ R^2 เท่ากับ 0.83 งานวิจัยนี้สามารถน าไปใช้ในการพัฒนาแบบจ าลองพยากรณ์ PM2.5 ที่แม่นย า ซึ่งช่วยในการวางแผนและจัดการ มลพิษทางอากาศในพื้นที่นครสวรรค์และพื้นที่ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน [8] ข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series) คือชุดข้อมูลที่มีการเก็บรวบรวมตามระยะเวลาต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง ซึ่ง มีวัตถุประสงค์หลักในการท านายเหตุการณ์หรือค่าที่จะเกิดขึ้นในอนาคต จากการศึกษาผลการใช้ Support Vector Machine (SVM) พบว่า SVM สามารถให้ค่าความแม่นย าสูงสุดที่ 64.76% ซึ่งแสดงถึงประสิทธิภาพของโมเดลในการ ท านายข้อมูลอนุกรมเวลา งานวิจัย [9] ศึกษาการพยากรณ์ฝุ่นละอองในอากาศโดยใช้ Machine Learning ซึ่งอธิบายกระบวนการจัดการ ข้อมูลที่ส าคัญเพื่อเพิ่มความแม่นย าของโมเดลพยากรณ์ โดยเริ่มจากการเก็บข้อมูลฝุ่นละออง (PM1, PM2.5, PM10) และตัวแปรแวดล้อมต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และความกดอากาศ ข้อมูลเหล่านี้ถูกบันทึกทุก 10 นาทีและเก็บใน ระบบคลาวด์เพื่อสะดวกในการประมวลผล ในการจัดการข้อมูลสูญหาย (Missing Data) ใช้เทคนิคการเติมข้อมูล (Imputation) เช่น การค านวณค่าเฉลี่ยหรือค่ากลาง และลบข้อมูลที่มีช่องว่างจ านวนมากออก รวมถึงการก าจัดค่าผิดปกติ (Outliers) ข้อมูลทั้งหมดถูกปรับรูปแบบให้เหมาะสม เช่น การท า Normalization หรือ Standardization และการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบอนุกรมเวลา (Time Series) ผลการทดลองพบว่า LSTM (Long Short-Term Memory) มีประสิทธิภาพสูงกว่า Decision Tree (DT) ในการพยากรณ์ค่าฝุ่นละออง งานวิจัย [6] ศึกษาการพยากรณ์ปริมาณฝุ่นละออง PM2.5 โดยใช้ Machine Learning (ML) เพื่อประเมิน ประสิทธิภาพของเซ็นเซอร์วัดฝุ่นละออง PM2.5 ราคาประหยัด (Low-Cost Sensors: LCSs) โดยท าการทดลองในเมือง บังกาลอร์ ประเทศอินเดีย ข้อมูลถูกเก็บในช่วงเวลา 9 เดือนแบบรายชั่วโมง ในการจัดการข้อมูลสูญหาย งานวิจัยนี้ใช้ วิธีการเติมข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ยหรือค่ามัธยฐานและก าจัดค่าผิดปกติด้วยการวิเคราะห์ทางสถิติ ข้อมูลที่ได้ถูกปรับรูปแบบ ด้วย Normalization และแบ่งออกเป็นชุดข้อมูลฝึก (Training Set), ตรวจสอบ (Validation Set), และทดสอบ (Test Set) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของโมเดลต่าง ๆ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า SVR (Support Vector Regression) มี ประสิทธิภาพสูงสุดในการพยากรณ์ค่าฝุ่นละออง PM2.5 งานวิจัย [10]นี้น าเสนอการพัฒนาแบบจ าลองพยากรณ์ค่าฝุ่นละออง PM2.5 ในพื้นที่กรุงเทพมหานครโดยใช้ โครงข่ายประสาทเทียมแบบ LSTM (Long Short-Term Memory) โดยใช้ข้อมูลคุณภาพอากาศและข้อมูลอุตุนิยมวิทยา พร้อมคัดเลือกตัวแปรที่ส าคัญผ่านการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ และประเมินผลด้วยค่าความคลาดเคลื่อน RMSE และ MAPE โมเดลที่ใช้ส าหรับพื้นที่ทั่วไปซึ่งให้ผลดีที่สุดคือแบบจ าลองที่ 2 ประกอบด้วยตัวแปร PM10, NO2, CO, O3, SO2 และ LAGPM2.5 ให้ค่าเฉลี่ย RMSE = 8.05 และ MAPE = 27.22% ขณะที่โมเดลที่ใช้ส าหรับพื้นที่ริมถนนที่ให้ผล แม่นย าที่สุดคือแบบจ าลองที่ 8 ซึ่งประกอบด้วยตัวแปร PM10, NO2, CO, อุณหภูมิ ความชื้น ความกดอากาศ ความเร็วลม ทิศทางลม และ LAGPM2.5 ให้ค่าเฉลี่ย RMSE = 4.83 และ MAPE = 22.57% ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า แบบจ าลองส าหรับพื้นที่ริมถนนมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าพื้นที่ทั่วไป และการพยากรณ์ที่ใช้ข้อมูลย้อนหลังใน ระยะสั้น 1 วันจะให้ผลลัพธ์ที่แม่นย ามากกว่า งานวิจัย [11] Chikodili et al. (2021) น าเสนอวิธีตรวจจับ Outlier โดยผสาน 3 เทคนิค ได้แก่ K-Medoid, Standardized Euclidean Distance (SED) และ Z-

score โดยค านวณระยะห่างของข้อมูลแต่ละจุดกับ centroid และใช้ Z-score เปรียบเทียบเพื่อแยกค่าผิดปกติผลการทดลองกับชุดข้อมูล MHEALTH และ Occupancy พบว่า Z-score ให้ ความแม่นย าสูงกว่าวิธี IQR โดยเฉพาะเมื่อใช้ร่วมกับ SED และ K-Medoid ซึ่งให้ค่า F-measure สูงถึง 0.9978สรุปได้ ว่า Z-score เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงในการตรวจจับ Outlier ในข้อมูล MTS และสามารถประยุกต์ใช้กับงานวิเคราะห์ ฝุ่น PM2.5 ได้อย่างแม่นย า

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาช่วงเวลาการเปลี่ยนแปลงของเซ็นเซอร์ที่เหมาะสมในการลดการใช้พลังงานของเครื่องวัดในแต่ละภาวะแวดล้อม

วิธีดำเนินการวิจัย

การเก็บข้อมูลรวบรวมข้อมูล

ชุดข้อมูลในงานวิจัยนี้รวบรวมจากการสร้างห้องทดลองขนาด 2.4 x 2.4 เมตร โดยใช้เครื่องวัดฝุ่นราคาประหยัด PMS7003 ร่วมกับ DHT22 ในการเก็บข้อมูลฝุ่นละอองขนาดเล็ก อุณหภูมิและความชื้น ข้อมูลถูกอัปโหลดผ่าน Arduino Wemos D1 ไปยัง VPS เซิร์ฟเวอร์โดยใช้เครื่องมือ phpMyAdmin การเก็บข้อมูลในห้องทดลองมีสภาวะอากาศหมุนเวียนน้อย โดยการทดลองแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ ได้แก่ การเก็บข้อมูลในห้องปิดเป็นเวลา 15 วัน โดยมีการเก็บข้อมูลแบบ รายนาที การเก็บข้อมูลในสภาวะการใช้งานที่มีการเปิดและปิดประตูทุกๆ 1 ชั่วโมง เป็นเวลา 8 ชั่วโมง จำนวน 10 วัน และการเก็บข้อมูลในสภาวะที่มีค่าฝุ่นหนาแน่นโดยการจุดธูป

การเตรียมข้อมูล

ข้อมูลในชุดข้อมูลได้รับการทำความสะอาดและปรับเปลี่ยนค่าที่มีความผิดปกติเพื่อเตรียมนำเข้าโมเดลวิเคราะห์แบบถดถอย โดยในงานวิจัยนี้ได้ใช้ค่าเฉลี่ยของค่าก่อนหน้า 5 ค่า มาแทนที่ค่าที่เป็น 0 และกำจัดค่าผิดปกติด้วยการคำนวณ Z-Score ซึ่งแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปของจำนวนเท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน หลังจากคำนวณ Z-Score แล้ว ค่าที่สูงเกินกว่า ± 3 (หรือบางครั้ง ± 2.5) จะถือเป็น Outlier และถูกกำจัดออกจากชุดข้อมูล

$$z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

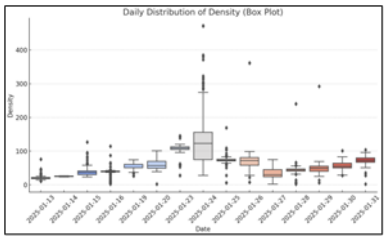
X คือ ค่าของข้อมูล

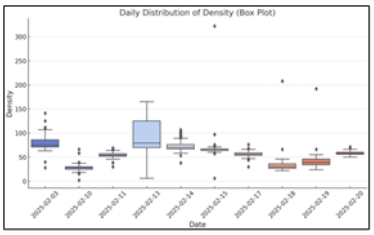
μ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูล

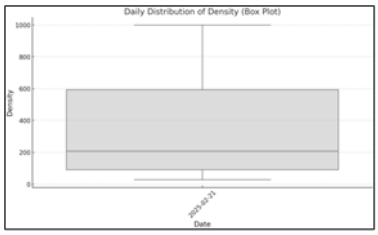
σ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ชุดข้อมูลนี้ใช้การวิเคราะห์แบบอนุกรมเวลาเพื่อแปลงข้อมูลเป็นแบบรายนาที เพื่อศึกษาพฤติกรรมและหาช่วงเวลาที่เหมาะสมในการพยากรณ์แบบถดถอย

กราฟที่ 1 กราฟกล่องแสดงการกระจายตัวของค่าฝุ่น





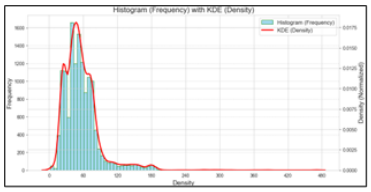


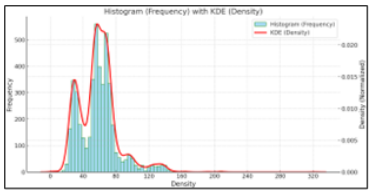
ตารางที่ 1 ตัวอย่างชุดข้อมูล

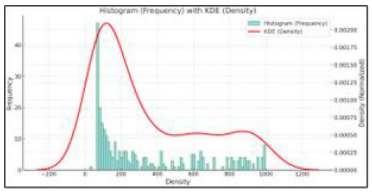
Id	Date_update	Density	Humidity	Temperature
1	2-3-25 8:21	125	89.0	26.1
2	2-3-25 8:22	141	88.5	26.1
3	2-3-25 8:23	141	88.4	26.2
4	2-3-25 8:24	141	88.1	26.2
5	2-3-25 8:25	111	88.3	26.2

ชุดข้อมูลจากการเก็บโดยเครื่องวัดฝุ่นราคาประหยัด (PMS7003) คู่กับเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น โดยอัพโหลดข้อมูลผ่าน Board Wemos controller (Arduino) บันทึกบนคลาวด์

กราฟที่ 2 กราฟ Histogram แสดงถึงข้อมูลค่าฝุ่นบนความถี่





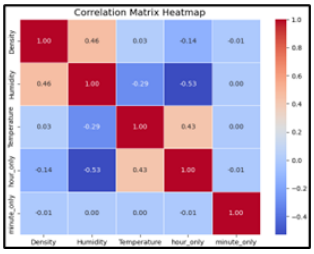


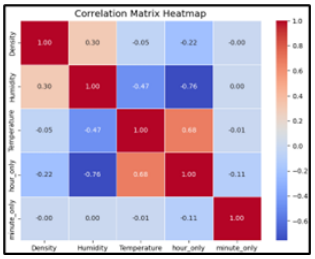
การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปร

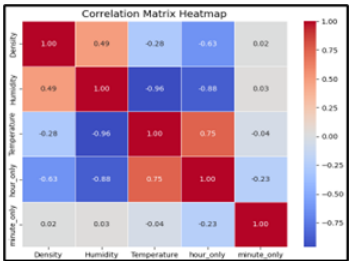
งานวิจัยนี้ใช้ Pearson Correlation Coefficient วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ พบว่าในสภาวะอากาศหมุนเวียนน้อย ฝุ่นละอองมีความสัมพันธ์ปานกลางกับความชื้น และไม่มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ ส่วนความชื้นกับชั่วโมงมีความสัมพันธ์เชิงบวกที่ r=0.53 ในสภาวะเปิด-ปิด ฝุ่นละอองมีความสัมพันธ์ต่ำกับทั้งความชื้นและอุณหภูมิ แต่ความชื้นกับอุณหภูมิแสดงความสัมพันธ์ปานกลาง และความชื้นกับชั่วโมงมีความสัมพันธ์เชิงบวกที่ r=0.76 ในสภาวะฝุ่นหนาแน่น ฝุ่นละอองมีความสัมพันธ์ปานกลางกับความชื้นและอุณหภูมิ และความสัมพันธ์เชิงบวกกับชั่วโมงที่ r=0.76

$$r = \frac{\sum(X_i - X^-)(Y_i - Y^-)}{\sqrt{\sum(X_i - X^-)^2}\sqrt{\sum(Y_i - Y^-)^2}} \quad (2)$$

รูปที่ 1 แผนภูมิความร้อนเมทริกซ์สหสัมพันธ์ตัวแปร







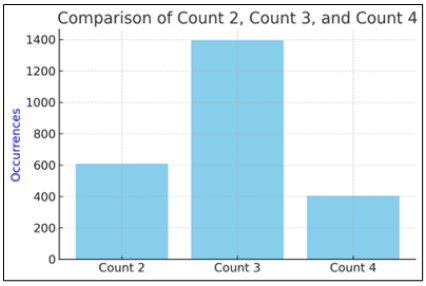
การแปลงข้อมูลโดยใช้ Time Series

งานวิจัยนี้ใช้เทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลา โดยอิงตามค่าเวลา (Timestamp) เพื่อศึกษาความถี่และรูปแบบของข้อมูลที่เกิดซ้ำต่อเนื่องกัน โดยมุ่งวิเคราะห์ลำดับและช่วงเวลาที่เหมาะสมในการพยากรณ์ ซึ่งช่วยให้สามารถระบุแนวโน้มหรือรูปแบบของข้อมูลได้อย่างชัดเจน

การหาความถี่ของข้อมูล

งานวิจัยนี้ศึกษาพฤติกรรมของชุดข้อมูลด้วยการวิเคราะห์ความถี่ของค่าที่เกิดซ้ำต่อเนื่อง เพื่อตรวจหาช่วงเวลาที่เหมาะสมในการพยากรณ์แบบถดถอย โดยพบว่าค่าฝุ่นละอองแบบรายนาทีมีความถี่สูงสุดในการเกิดซ้ำต่อเนื่องที่ 3 นาที รองลงมาคือ 2 นาที และ 4 นาที

กราฟที่ 3 ความถี่ของจำนวนค่าฝุ่นที่เกิดขึ้นต่อเนื่อง



การวัดประสิทธิภาพโมเดล

งานวิจัยนี้นำโมเดล Random Forest (RF) และ Support Vector Regression (SVR) มาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการพยากรณ์แบบถดถอย โดยประเมินผลด้วยค่าชี้วัด ได้แก่ 1) Mean Absolute Error (MAE), 2) Mean Squared Error (MSE), 3) Root Mean Squared Error (RMSE) และ 4) R^2 (Coefficient of Determination)

MAE คือ ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยแบบสัมบูรณ์ MSE คือ ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยกำลังสอง RMSE คือ รากที่สองของ MSE ใช้ลดผลกระทบของค่าผิดพลาดสูง และ R^2 คือ วัดว่ารูปแบบของข้อมูลถูกอธิบายโดยโมเดลได้ดีแค่ไหน

การนำชุดข้อมูลเข้าโมเดล

งานวิจัยนี้แบ่งชุดข้อมูลออกเป็นข้อมูลฝึกสอน 70% และข้อมูลทดสอบ 30% โดยใช้ทั้งหมด 3 ชุด ได้แก่ (1) สภาวะแวดล้อมแบบปิดที่อากาศหมุนเวียนได้น้อย (2) สภาวะแวดล้อมแบบเปิด-ปิดมีการใช้งาน และ (3) สภาวะแบบฝุ่นละอองหนาแน่น ในแต่ละชุดใช้เทคนิคความถี่ของช่วงเวลาในการพยากรณ์ผลลัพธ์ด้วยภาษา Python

การพยากรณ์

ในการพยากรณ์แบบถดถอย ผู้วิจัยได้นำโมเดล SVR และ Random Forest มาใช้ในการทำนาย โดยเปรียบเทียบผลลัพธ์จากชุดข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์ความถี่กับชุดข้อมูลที่มีความถี่ของค่าซ้ำต่อเนื่องมากที่สุด

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ในการศึกษานี้ ชุดข้อมูลถูกแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มตามลักษณะสภาวะแวดล้อม ได้แก่ (1) สภาวะอากาศหมุนเวียนได้น้อยหรือห้องแบบปิด (2) สภาวะแบบเปิดและปิด มีการเปิดประตู 1 นาทีทุกชั่วโมง เป็นเวลา 8 ชั่วโมงต่อวัน และ (3) สภาวะฝุ่นละอองหนาแน่นจากการจุดธูปในห้องทดลองแบบปิด โดยได้วิเคราะห์ค่าสถิติเชิงพรรณนาเบื้องต้นของตัวแปรค่าฝุ่น (Density) พบว่า ชุดข้อมูล “ฝุ่นละอองหนาแน่น” มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 342.91 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 302.82 แสดงถึงการ

กระจายตัวของข้อมูลที่กว้าง ขณะที่ชุด “อากาศหมุนเวียนได้น้อย” มีจำนวนตัวอย่างมากที่สุด (13,621 ตัวอย่าง) ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 56.49 และ Std = 32.74 ส่วนชุด “เปิด-ปิด” มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียง (58.4) แต่มีการกระจายแคบกว่า (Std=24.03) โดยชุด “ฝุ่นหนาแน่น” ยังแสดงค่า Quartile 75% สูงถึง 593.25 ซึ่งสูงกว่ากลุ่มอื่นที่อยู่เพียง 69 สะท้อนถึงแนวโน้มค่าฝุ่นที่พุ่งสูงและมีความผันผวนมากที่สุด ซึ่งอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพของโมเดลในการพยากรณ์

งานวิจัยนี้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง Random Forest (RF) และ Support Vector Regression (SVR) ในการพยากรณ์ค่าฝุ่น โดยศึกษาผลกระทบจากการลบข้อมูลค่าฝุ่นที่เกิดซ้ำกันในช่วงเวลา 1, 2, 3 และ 4 นาทีออกจากชุดข้อมูล เพื่อวิเคราะห์ผลต่อประสิทธิภาพของโมเดลผ่านตัวชี้วัด ได้แก่ MSE, RMSE, MAE และ R^2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบค่าสถิติเชิงพรรณนา (Z-Score)

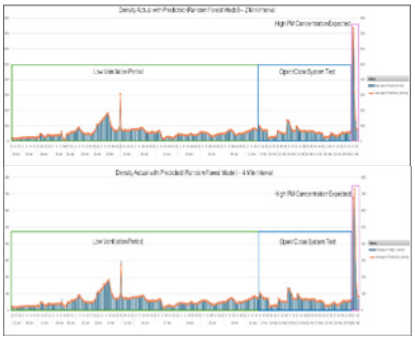
ค่าสถิติ	สภาวะอากาศหมุนเวียนได้หน่อย	สภาวะแบบเปิดและปิด	สภาวะฝุ่นละอองหนาแน่น
จำนวนข้อมูล (Count)	13,621	4,605	292
ค่าเฉลี่ย (Mean)	56.49	58.4	342.91
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	32.74	24.03	302.82
ค่าต่ำสุด (Min)	2	2	28
Quartile ที่ 25%	38	41	91
Quartile ที่ 50% (Median)	51	58	207.5
Quartile ที่ 75%	69	69	593.25
ค่าสูงสุด (Max)	471	322	999

ตารางที่ 3 สรุปผลประสิทธิภาพโมเดล

ช่วงเวลาทำนาย (Interval)	โมเดล	ชุดข้อมูลที่1				ชุดข้อมูลที่2				ชุดข้อมูลที่3			
		MSE	RMSE	MAE	R^2	MSE	RMSE	MAE	R^2	MSE	RMSE	MAE	R^2
1 นาที	RF	50.7483	7.1238	2.3116	0.9523	45.0393	6.7104	2.6531	0.9226	609.2542	24.6831	13.6271	0.9935
	SVR	791.16	28.1276	15.3365	0.2558	431.5234	20.7731	13.9034	0.2578	121391.946	348.4135	250.6351	-0.2882
2 นาที	RF	78.4055	8.8547	2.8644	0.9213	30.3648	5.5104	2.8189	0.937	1053.735	32.4613	20.3233	0.9889
	SVR	731.6484	27.0489	15.6643	0.2655	381.3667	19.5286	13.9164	0.2092	117069.603	342.1544	245.0012	-0.2307
3 นาที	RF	138.3186	11.7609	3.5877	0.874	38.7481	6.2248	3.2883	0.9189	2587.6078	50.8685	27.11	0.9713
	SVR	876.7563	29.6101	16.1805	0.2012	406.8262	20.1699	14.6304	0.1489	115078.898	339.2328	251.6776	-0.2766
4 นาที	RF	105.3484	10.2639	3.3937	0.9171	129.5036	11.38	3.9123	0.7842	5094.479	71.3756	40.1529	0.9515
	SVR	1031.835	31.1222	16.7799	0.1882	512.7176	22.6433	15.2341	0.1457	129201.95	359.4467	264.6451	-0.2311

กราฟที่ 4 สรุปผลประสิทธิภาพโมเดล Random Forest(RF) สภาวะอากาศหมุนเวียนได้น้อยความถี่ 1-4 นาที

1นาที



2นาที

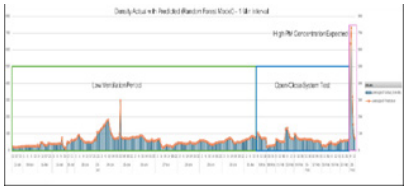
3นาที

4นาที

แสดงผลการทำนายของโมเดล Random Forest (RF) โดยแท่งแนวตั้งแสดงค่าจริง (Actual value) และเส้นแสดงค่าที่โมเดลทำนาย (Predicted value) ภายใต้ 4 ระดับความถี่ของข้อมูลในการฝึกโมเดล ได้แก่ 1) ความถี่ที่ 1: คือการเรียกข้อมูลทุกๆ 1 นาที ให้โมเดลเรียนรู้จากข้อมูลที่สมบูรณ์ทั้งหมด 2) ความถี่ที่ 2: คือการเรียกข้อมูลทุกๆ 2 นาที ซึ่งหมายความว่าข้อมูลที่ใช้ในการฝึกโมเดลจะหายไปครึ่งหนึ่ง 3) ความถี่ที่ 3: คือการเรียกข้อมูลทุกๆ 3 นาที และ 4) ความถี่ที่ 4: คือการเรียกข้อมูลทุก ๆ 4 นาที

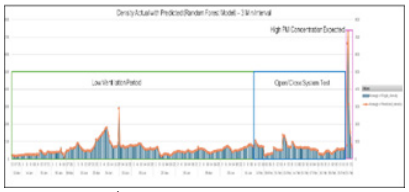
ผลการเปรียบเทียบในกราฟแต่ละชุดแสดงให้เห็นว่า ความแม่นยำของโมเดลลดลงเมื่อจำนวนข้อมูลที่ใช้ในการฝึกโมเดลลดลง โดยเฉพาะในช่วงที่ค่าฝุ่นสูงหรือมีความผันผวน

กราฟ 5 สรุปผลประสิทธิภาพโมเดล SVR สภาวะอากาศหมุนเวียนได้น้อยความถี่ 1-4นาที

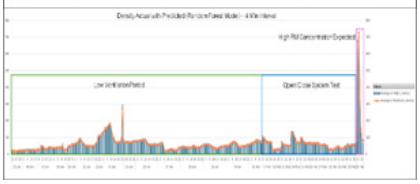


1นาที

2นาที



3นาที



4นาที

จากกราฟที่ 5 โมเดล Support Vector Regression (SVR) แสดงผลการทำนายค่าความหนาแน่นของฝุ่น โดยการเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าที่โมเดลพยากรณ์ได้ โดยใช้แท่งแนวตั้งแสดงค่าจริง และเส้นแสดงค่าที่โมเดลทำนายได้ในแต่ละระดับความถี่ของข้อมูลที่แตกต่างกัน จากกราฟพบว่า แม้ค่าเฉลี่ยของผลการทำนายจะมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับค่าจริง แต่ในหลายช่วงเวลาจะมีช่องว่างระหว่างค่าจริงกับค่าที่ทำนายได้ โดยเฉพาะในช่วงที่ค่าฝุ่นเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโมเดล SVR อาจมีข้อจำกัดในการติดตามความผันผวนของข้อมูลในบางช่วงเวลา เมื่อเปรียบเทียบกับโมเดล Random Forest

คำนวณสัดส่วนการประหยัดพลังงาน เปรียบเทียบกับกรณีที่เซ็นเซอร์เปิดทุก 1นาที (100%) เป็นฐาน จากนั้นใช้สูตร:

เปอร์เซ็นต์การประหยัดพลังงาน

$$\left(1 - \frac{1}{Interval}\right) \times 100$$

ตารางที่ 4 ตารางเปรียบเทียบการประหยัดพลังงาน

ช่วงเวลาเว้นข้อมูล (นาที)	การทำงานของเซ็นเซอร์	ประหยัดพลังงาน (%)
1 (ฐาน)	ทุก 1 นาที	0%
2 นาที	ทุก 2 นาที	50%
3 นาที	ทุก 3 นาที	66.67%
4 นาที	ทุก 4 นาที	75%
15 นาที	ทุก 15 นาที	93.33%
30 นาที	ทุก 30 นาที	96.67%
45 นาที	ทุก 45 นาที	97.78%
60 นาที	ทุก 60 นาที	98.33%

ในการอ่านค่าฝุ่นจากเซ็นเซอร์ เช่น จากทุก 1 นาที ⟶ เป็นทุก 2, 3, หรือ 15 นาทีสามารถช่วยประหยัดพลังงานได้ตั้งแต่ 50% ไปจนถึง 98% โดยที่ความแม่นยำของแบบจำลองยังคงอยู่ในระดับที่น่าพอใจ โดยวัดจากประสิทธิภาพของโมเดลการสุ่มแบบต้นไม้ที่ R2>0.85

จากการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลในช่วงเวลาต่างๆ (interval) ภายใต้สภาวะอากาศหมุนเวียนได้น้อย พบว่าโมเดล Random Forest (RF) ให้ผลลัพธ์ดีกว่า Support Vector Regression (SVR) ในทุกช่วงความถี่ โดย RF ให้ค่า R^2 สูงสุดที่ 0.9523 ที่ความถี่ 1 นาที และยังรักษาความแม่นยำได้ดีที่ 2 นาที (R^2 = 0.9213) และ 4 นาที (R^2 = 0.9171) ในสภาวะระบบเปิดและปิด (Open/Close System Test) โมเดล RF ยังคงมีประสิทธิภาพเหนือกว่า SVR โดยเฉพาะที่ความถี่ 2 นาที (R^2 = 0.9370) และ 1 นาที (R^2 = 0.9226) สำหรับสภาวะฝุ่นหนาแน่นสูง RF ให้ค่า R^2 สูงถึง 0.9935 ที่ความถี่ 1 นาที และ 0.9889 ที่ 2 นาที สรุปได้ว่า RF แสดงผลลัพธ์ที่มีความแม่นยำและเสถียรในทุกสภาวะ ขณะที่ SVR ให้ผลลัพธ์ต่ำกว่า โดยเฉพาะในสภาวะที่ข้อมูลมีความแปรปรวนสูง นอกจากนี้ SVR ยังมีค่า MSE สูงในสภาวะฝุ่นหนาแน่น ซึ่งบ่งชี้ถึงการทำนายที่คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง ในการลบข้อมูลซ้ำแบบช่วงพบว่า RF ทำนายได้แม่นยำที่สุดในสภาวะแบบเปิดและปิด โดยให้ค่า MAE = 2.81 และ RMSE = 5.51 ช่วงความถี่ที่เหมาะสมที่สุดคือ 1 นาที และ 2 นาที เนื่องจากให้สมดุลระหว่างปริมาณข้อมูลและความแม่นยำ แต่ในช่วงความถี่ 3 นาที RF ให้ผลลัพธ์ที่แย่กว่า โดยสูญเสีย pattern ของข้อมูลสำคัญ ถึงแม้จะลด Overfitting แล้ว ก็ยังไม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการทำนายได้

ตารางที่ 5 ตารางเปรียบเทียบความถี่แบบสุ่ม

Interval (min)	สภาวะอากาศหมุนเวียนได้น้อย				สภาวะแบบเปิดและปิด			
	MSE	RMSE	MAE	R^2	MSE	RMSE	MAE	R^2
15 min	73.5639	8.5769	4.5891	**0.9296**	31.3652	7.8335	4.7676	0.8624
30 min	58.6105	7.6557	5.0266	0.9198	96.3428	9.8154	6.8637	0.7107
45 min	196.7006	13.0239	7.0966	0.8689	202.7289	14.2382	8.2435	0.7167
60 min	215.8082	14.6904	8.3227	0.7307	239.0117	15.4600	11.6158	0.4859

จากการทดลองใช้โมเดล Random Forest เพื่อพยากรณ์ค่าฝุ่น PM2.5 โดยการลบข้อมูลที่ซ้ำกันออกเป็นช่วงเวลา (Interval) ที่แตกต่างกัน ได้แก่ 15, 30, 45 และ 60 นาที พบว่าเมื่อ Interval สั้น (15 นาที) โมเดลสามารถเรียนรู้ข้อมูลได้มากที่สุด ส่งผลให้ได้ค่าความแม่นยำสูงสุด โดยมีค่า R^2 สูงสุดและค่าความคลาดเคลื่อน (MSE, RMSE, MAE) ต่ำที่สุด เมื่อเพิ่มช่วงเวลาห่างออก (30–60 นาที) ค่าความคลาดเคลื่อนของโมเดลเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะที่ 60 นาที ซึ่งประสิทธิภาพการพยากรณ์ลดลงอย่างเห็นได้ชัด อย่างไรก็ตาม ในช่วง 30 นาที โมเดลยังคงให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ (เช่น $R^2 > 0.85$) ช่วงเวลาการเว้นข้อมูลที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการลดการใช้งานเซ็นเซอร์ โดยยังคงความแม่นยำในการพยากรณ์ได้ดี คือไม่เกิน 30 นาที แต่ช่วงเวลา 45 นาทีขึ้นไปเริ่มส่งผลกระทบต่อความแม่นยำของโมเดลและอาจไม่เหมาะสมกับการใช้งานจริง

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาพบว่าโมเดล Random Forest ให้ประสิทธิภาพการพยากรณ์ค่าฝุ่น PM2.5 ที่แม่นยำกว่ารูปแบบ Support Vector Regression ในทุกสภาวะการทดลอง โดยเฉพาะในช่วงเวลาการเรียกใช้ข้อมูลแบบเว้นช่วง 1–2 นาที ซึ่งสามารถรักษาความแม่นยำในระดับสูง ($R^2 > 0.92$) ขณะเดียวกันยังช่วยลดภาระการทำงานของเซ็นเซอร์ได้ถึง 50% เมื่อเปรียบเทียบกับการอ่านข้อมูลทุกนาที

อย่างไรก็ตาม เมื่อเว้นช่วงเวลาออกเกิน 30 นาที ประสิทธิภาพของโมเดลจะลดลงอย่างชัดเจน โดยเฉพาะที่ 60 นาที ซึ่งไม่เหมาะกับการนำไปใช้งานจริง ทั้งนี้ การเว้นช่วงไม่เกิน 30 นาทีจึงถือเป็นทางเลือกที่สมดุลระหว่างการอนุรักษ์พลังงานและการคงความแม่นยำของระบบพยากรณ์

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการจัดการข้อมูลซ้ำและการออกแบบการเรียกใช้ข้อมูลอย่างเหมาะสมสามารถลดการใช้พลังงานในระบบตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่กระทบต่อความแม่นยำของการพยากรณ์

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิลาวรรณ รักผกาวงศ์ ที่ปรึกษา คำแนะนำในงานวิจัยนี้

อ้างอิง

[1] Pollution Control Department. (n.d.). *Air4Thai: Historical PM2.5 data in Bangkok*. Retrieved from http://air4thai.pcd.go.th/webV3/#/History

[2] โรงพยาบาลไทยนครินทร์. (n.d.). *ผลกระทบของฝุ่น PM2.5 ต่อสุขภาพ*. Retrieved from https://thainakarin.co.th/article-fromdoctor/ค่าฝุ่น-pm-25/

[3] อนันท์ เกสูงเนิน. (2020). *Electronic Circuits: 30-207-051-101*. Retrieved from https://cis.rmuti.ac.th/electricrail/wp-content/uploads/2020/09/Elec_cir-week-3-OpAmp.pdf

[4] กนิษฐา งามแจ่ม, ปริชาติกระมลพันธ์, & อธิพงศ์ สุริยา. (2565). *การออกแบบการทดลองและการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาเซนเซอร์ที่เหมาะสมในระบบตรวจวัดคุณภาพอากาศราคาประหยัด*.

[5] นงเยาว์ สอนจะโปะ. (2564, มิถุนายน). *การศึกษาเปรียบเทียบความถูกต้องและแม่นยำของเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิสภาพอากาศสำหรับงาน IoT ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน*.

[6] Srishti, S., Agrawal, P., Kulkarni, P., Gautam, H. C., Kushwaha, M., & Sreekanth, V. (2022). Multiple PM low-cost sensors, multiple seasons' data, and multiple calibration models. *Aerosol and Air Quality Research*. https://aaqr.org/articles/aaqr-22-11-aac22-0428

[7] วิฑูร สนธิปักษ, ชม ปานตา, ภาสกร วรอาจ, & ถิรภัทร มีสาราญ. (2567, 30 ธันวาคม). *การพยากรณ์ปริมาณฝุ่นละออง PM2.5 ในจังหวัดนครสวรรค์ด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง*.

[8] ณภัทร เลาหไพฑูรย, สุวรรณโสภณ, ธ., ทัศภูมิ รันระนา, & ไพศาลพยัคฆ, น. (2020). *การพยากรณ์ปริมาณฝุ่น PM2.5 โดยใช้วิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล: กรณีศึกษาเขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร*.

[9] *Sebastian Iwaszenko,* S., Smolinski, A., Grzanka, M., & Skowronek, T. (2024, August 16). Airborne particulate matter measurement and prediction with machine learning techniques. *Scientific Reports*. https://doi.org/10.1038/s41598-024-70152-9

[10] ศรีรักษ์ ศรีทองชัย. (2022, January–June). *แบบจำลองการพยากรณ์ค่า PM2.5 โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ LSTM ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร*.

[11] Nwodo Benita Chikodili“Outlier Detection in Multivariate Time Series Data Using a Fusion of K-Medoid, Standardized Euclidean Distance and Z-Score”

O 10

แบบจำลองสำหรับประมาณค่ารังสีอาทิตย์รวมรายวันเฉลี่ยรายเดือนจากค่าความยาวนานแสงแดด : กรณีศึกษาจังหวัดสงขลา

อริศรา ทองดี[1] และมารีนา มะหนิ[2]*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองเชิงประจักษ์ (Empirical Model) สำหรับประมาณค่ารังสีอาทิตย์รวมรายวันเฉลี่ยรายเดือน โดยอาศัยข้อมูลความยาวนานแสงแดดรายวันเฉลี่ยรายเดือนในจังหวัดสงขลา ระหว่างปี พ.ศ. 2556 – 2560 แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมีจำนวน 9 รูปแบบ ซึ่งประกอบด้วยรูปแบบที่พัฒนาจากสมการถดถอยเชิงเส้นของ Angström-Prescott และรูปแบบสมการอื่นๆ ได้แก่ สมการเชิงเส้น, สมการเรขาคณิตแบบปรับปรุง, สมการพาราโบลา, สมการลอการิทึม, สมการเอ็กโพเนนเชียล และสมการยกกำลัง สมรรถนะของแบบจำลองได้รับการประเมินโดยใช้ข้อมูลรังสีอาทิตย์และข้อมูลความยาวนานแสงแดดในปี พ.ศ. 2561 – 2562 ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองสมการลอการิทึมแสดงสมรรถนะในการประมาณค่าที่ดีที่สุด โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.7869 ค่าความคลาดเคลื่อนยกกำลังสองเฉลี่ยรากที่สอง (RMSE) เท่ากับ 1.1072 MJ/m²/day ค่าความคลาดเคลื่อนในรูปความเอนเอียงเฉลี่ย (MBE) เท่ากับ -0.0034 MJ/m²/day ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (MPE) เท่ากับ 5.2238% และค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) เท่ากับ 0.0048% ผลการวิจัยนี้บ่งชี้ว่าแบบจำลองสมการลอการิทึมมีความเหมาะสมสำหรับการประมาณค่ารังสีอาทิตย์รวมรายวันเฉลี่ยรายเดือนในจังหวัดสงขลา และอาจมีศักยภาพในการประยุกต์ใช้ในพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิอากาศใกล้เคียงกัน

คำสำคัญ: รังสีอาทิตย์รวม ความยาวนานแสงแดด แบบจำลองเชิงประจักษ์ จังหวัดสงขลา

[1]นิสิตปริญญาตรี, คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ จังหวัดสงขลา 90000

[2]ผู้ช่วยศาสตราจารย์, คณะวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยทักษิณ จังหวัดสงขลา 90000

[1] Undergraduate Student, Faculty of Education, Thaksin University, Songkhla 90000

[2] Assistant Professor, Faculty of Science and Digital Innovation, Thaksin University, Songkhla 90000

* Corresponding Author: E-mail: sumsiyha@gmail.com., Tel: 0862987700

A Model for Estimating Monthly Average Daily Global Solar Radiation from Sunshine Duration: A Case Study of Songkhla Province

Arissara Thongdee[1] and Marina Mani[2*]

Abstract

This study focuses on the development of empirical models to estimate monthly average daily global solar radiation based on monthly average daily sunshine duration in Songkhla Province, Thailand, during the period 2013–2017. The performance of the models was validated using data from 2018–2019. A total of nine empirical models were examined, including those based on the Angström-Prescott linear regression as well as other functional forms such as linear, modified geometric, parabolic, logarithmic, exponential, and power equations. Among these, the logarithmic model demonstrated the best performance, with a coefficient of determination (R^2) of 0.7869, root mean square error (RMSE) of 1.1072 MJ/m²/day, mean bias error (MBE) of -0.0034 MJ/m²/day, mean percentage error (MPE) of 5.2238%, and mean absolute percentage error (MAPE) of 0.0048%. These results indicate that the logarithmic model is suitable for estimating monthly average daily global solar radiation in Songkhla and can potentially be applied to other regions with similar climatic conditions.

Keywords: Global solar radiation; Sunshine duration; Empirical model; Songkhla Province

บทนำ

ประเทศไทยตั้งอยู่ในภูมิภาคเขตร้อนของทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยมีขอบเขตทางภูมิศาสตร์ระหว่างละติจูด 5.37° เหนือ ถึง 20.27° เหนือ และลองจิจูด 97.22° ตะวันออก ถึง 105.37° ตะวันออก ด้วยตำแหน่งที่ตั้งใกล้กับเส้นศูนย์สูตร ส่งผลให้ประเทศได้รับปริมาณรังสีอาทิตย์ในระดับสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงเดือนเมษายนและพฤษภาคม [2] ซึ่งจังหวัดสงขลาเป็นพื้นที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ ตั้งอยู่บริเวณชายฝั่งตะวันออกของภาคใต้ตอนล่างของประเทศไทย มีระดับความสูงเฉลี่ยจากระดับน้ำทะเลประมาณ 4 เมตร ข้อมูลทางสถิติบ่งชี้ว่าจังหวัดสงขลามีศักยภาพด้านพลังงานรังสีอาทิตย์ โดยได้รับปริมาณรังสีอาทิตย์รวมเฉลี่ยต่อปีประมาณ 5.28 – 5.56 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อวัน (kWh/m²/day)

ข้อมูลรังสีอาทิตย์รวมและความยาวนานของแสงแดดสำหรับจังหวัดสงขลาได้จากการประมวลผลข้อมูลดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาของศูนย์อุตุนิยมวิทยาแห่งประเทศไทย ในขณะที่ข้อมูลอุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณเมฆ ได้รับจากสถานีอุตุนิยมวิทยาสงขลา ซึ่งเป็นหน่วยงานภายใต้เขตภาคใต้ฝั่งตะวันออก

ในการศึกษานี้ข้อมูลปริมาณรังสีอาทิตย์รวมรายวันเฉลี่ยรายเดือน ($\overline{H}$) และค่าความยาวนานของแสงแดดรายวันเฉลี่ยรายเดือน ($\overline{S}$) ของจังหวัดสงขลาในช่วงปี พ.ศ. 2556 – 2560 จะถูกนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองเชิงประจักษ์ (Empirical Model) เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสอง จากนั้นแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นจะได้รับการทดสอบสมรรถนะโดยใช้ข้อมูลในช่วงปี พ.ศ. 2561 – 2562 นอกจากนี้ยังพิจารณาถึงศักยภาพในการนำข้อมูลสภาวะทางอากาศรายวัน เช่น ปริมาณเมฆ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ มาเป็นตัวแปรเพิ่มเติมในการปรับปรุงความแม่นยำและความสอดคล้องของแบบจำลองกับสภาพอากาศจริงในพื้นที่ ซึ่งจะช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่ใกล้เคียงที่ไม่สามารถทำการวัดข้อมูลรังสีอาทิตย์โดยตรง แต่มีการตรวจวัดข้อมูลความยาวนานของแสงแดด [1]

การพัฒนาแบบจำลองที่แม่นยำสำหรับการประมาณค่ารังสีอาทิตย์มีความสำคัญอย่างยิ่งในการเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการออกแบบและประเมินประสิทธิภาพของอุปกรณ์และระบบพลังงานแสงอาทิตย์ต่างๆ อาทิ ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานรังสีอาทิตย์ และระบบอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรด้วยพลังงานรังสีอาทิตย์

วัตถุประสงค์หลักของการวิจัยนี้คือ การสร้างแบบจำลองสมการเชิงประจักษ์สำหรับประมาณค่าปริมาณรังสีอาทิตย์รวมรายวันเฉลี่ยรายเดือน ($\overline{H}$) โดยใช้ความสัมพันธ์กับค่าความยาวนานแสงแดดรายวันเฉลี่ยต่อเดือน ($\overline{S}$) ต่อความยาวนานของวันเฉลี่ยต่อเดือน ($\overline{S}_o$) และข้อมูลรังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกรายวันเฉลี่ยต่อเดือน ($\overline{H}_o$) และข้อมูลรังสีอาทิตย์รวมรายวันเฉลี่ยรายเดือน ($\overline{H}$) ที่ได้จากกรมอุตุนิยมวิทยาประเทศไทย เพื่อประเมินสมรรถนะของแบบจำลองที่พัฒนาขึ้น จะมีการใช้ค่าสถิติในการทดสอบ ได้แก่ ค่ากำลังสองของสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2), ค่าความคลาดเคลื่อนยกกำลังสองเฉลี่ยรากที่สอง (RMSE), ค่าความคลาดเคลื่อนในรูปความเอนเอียงเฉลี่ย (MBE), ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (MPE) และค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE)

วิธีดำเนินการวิจัย

1. รวบรวมข้อมูลพื้นฐานของค่าความยาวนานแสงแดดรายวันเฉลี่ยต่อเดือน ($\overline{S}$) ต่อความยาวนานวันของวันเฉลี่ยต่อเดือน ($\overline{S}_o$)และข้อมูลรังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกรายวันเฉลี่ยต่อเดือน ($\overline{H}_o$) และรังสีอาทิตย์รวมรายวันเฉลี่ยต่อเดือน ($\overline{H}$) ของจังหวัดสงขลา จากข้อมูลดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาของศูนย์อุตุนิยมวิทยาแห่งประเทศไทย กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพ ในช่วงปี พ.ศ.2556 – 2562

2. แบ่งข้อมูลออกจากข้อที่ 1 ออกเป็นสองส่วน โดยส่วนที่หนึ่ง คือ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556 - 2560 รวมเวลาเป็น 5 ปี แล้วนำมาเฉลี่ยเป็นข้อมูลสำหรับสร้างแบบจำลองเชิงประจักษ์ (Empirical Model) และข้อมูลส่วนที่สอง คือ ในปี พ.ศ. 2561 และปี พ.ศ. 2562 นำมาเฉลี่ยเป็นข้อมูลเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการทดสอบของแบบจำลองเชิงประจักษ์ (Empirical Model) การแบ่งข้อมูลออกเป็นสองส่วนนี้ จะช่วยให้สามารถสร้างแบบจำลองเชิงประจักษ์จากข้อมูลในช่วง 5 ปีแรก และทำการประเมินความสามารถในการทำนายของแบบจำลองกับข้อมูลในช่วง 2 ปีหลัง ซึ่งเป็นกระบวนการที่สำคัญในการตรวจสอบความน่าเชื่อถือและความสามารถในการนำไปใช้งานจริงของแบบจำลอง

3. ในขั้นตอนนี้จะดำเนินการหาค่า $\overline{H}/\overline{H}_o$ และหาค่า $\overline{S}/\overline{S}_o$ จากข้อมูลที่ได้แบ่งไว้สำหรับการสร้างแบบจำลองเชิงประจักษ์ (พ.ศ. 2556 – 2560) และนำเสนอในรูปแบบของกราฟเพื่อแสดงความสัมพันธ์เชิงประจักษ์ ตามสมการที่ (1)

$$\frac{\overline{H}}{\overline{H}_o} = a + b\frac{\overline{S}}{\overline{S}_o} \tag{1}$$

โดยที่ a และ b เป็นพารามิเตอร์เชิงประจักษ์ (Empirical Parameters) ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากการประมาณค่าโดยใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) บนชุดข้อมูลสำหรับการสร้างแบบจำลองเชิงประจักษ์ (พ.ศ. 2556 – 2560) คำนวณค่ากำลังสองของสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เพื่อประเมินความสามารถของแบบจำลองเชิงเส้นตรงที่สร้างขึ้นในการอธิบายความแปรปรวนของข้อมูล

4. ในการสร้างแบบจำลองเชิงประจักษ์ (Empirical Model) เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\overline{H}/\overline{H}_o$ และค่า $\overline{S}/\overline{S}_o$ ข้อมูลในช่วงปี พ.ศ. 2556 – 2560 จะถูกนำมาวิเคราะห์ภายใต้สมมติฐานของรูปแบบสมการที่หลากหลาย ได้แก่ สมการเชิงเส้น (Linear), สมการเรขาคณิตแบบปรับปรุง (Modified Geometric), สมการพาราโบลา (Parabolic), สมการลอการิทึม (Logarithmic), สมการเอ็กโพเนนเชียล (Exponential), และสมการยกกำลัง (Power) โดยมีรายละเอียดของแต่ละรูปแบบดังนี้ จากรูปแบบสมการ สมการเชิงเส้น (Linear), สมการเรขาคณิตแบบปรับปรุง (Modified Geometric), สมการพาราโบลา (Parabolic), สมการลอการิทึม (Logarithmic), สมการเอ็กโพเนนเชียล (Exponential) และสมการยกกำลัง (Power) แล้วจะได้ค่าพารามิเตอร์สำหรับแต่ละรูปแบบสมการ [3]

5. การประเมินความสามารถในการทำนายของแบบจำลองเชิงประจักษ์ (Empirical Model) ที่ได้สร้างขึ้นในข้อที่ 4 ข้อมูลในช่วงปี พ.ศ. 2561 – 2562 จะถูกนำมาใช้เป็นชุดข้อมูลสำหรับการทดสอบ โดยจะทำการเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนรังสีอาทิตย์ที่ได้จากการพยากรณ์ของแต่ละแบบจำลองกับค่าจริงที่ได้จากการวัด จากนั้นจะทำการวิเคราะห์ผลการทดสอบโดยใช้ค่าสถิติต่าง ๆ ดังสมการที่ 2 – 6

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{N}\left(\overline{H}_{\mathrm{model},i} - \overline{H}_{measured,i}\right)^2}{\sum_{i=1}^{N}\left(H_{\mathrm{measured},i} - \overline{H}_{measured,i}\right)^2} \tag{2}$$

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^{N}\left(\overline{H}_{model,i} - \overline{H}_{measured,i}\right)^2} \quad (3)$$

$$MBE = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(\overline{H}_{model,i} - \overline{H}_{measured,i}\right) \quad (4)$$

$$MPE = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(\frac{\overline{H}_{model,i} - \overline{H}_{measured,i}}{\overline{H}_{model,i}}\right)\times 100 \quad (5)$$

$$MAPE = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left|\left(\frac{\overline{H}_{model,i} - \overline{H}_{measured,i}}{\overline{H}_{model,i}}\right)\right|\times 100 \quad (6)$$

เมื่อ $\overline{H}_{model,i}$ หมายถึง ค่าที่ได้จากการคำนวณหรือการทำนายโดยใช้แบบจำลองเชิงประจักษ์ (Empirical Model) สำหรับข้อมูลรายเดือนที่ *i* และ $\overline{H}_{measured,i}$ หมายถึง ค่าที่ได้จากการวัดจริงสำหรับข้อมูลรายเดือนที่ *i* ซึ่งมากจากข้อมูลที่รวบรวมได้จากกรมอุตุนิยมวิทยา และ N คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมดที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลอง ในการทดสอบนี้เป็นข้อมูลรายเดือนในช่วงปี พ.ศ. 2561 และ พ.ศ. 2562 ถูกนำมาใช้ ซึ่งมีจำนวนทั้งสิ้น 12 เดือน (N = 12)

6. ดำเนินการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดสอบของแบบจำลองเชิงประจักษ์ (Empirical Model) ในรูปแบบสมการต่าง ๆ ที่ได้กล่าวถึงในข้อ 4 (สมการเชิงเส้น, สมการเรขาคณิตแบบปรับปรุง, สมการพาราโบลา, สมการลอการิทึม, สมการเอ็กโพเนนเชียล และสมการยกกำลัง) โดยอาศัยค่าสถิติที่ได้จากการทดสอบในข้อ 5 (สมการที่ 2 – 6) คือ ค่า R^2, RMSE, MBE, MPE, และ MAPE เป็นเกณฑ์ในการพิจารณา

7. เพื่อให้การนำเสนอรูปแบบสมการแบบจำลองเชิงประจักษ์ (Empirical Model) ที่ใช้ในการศึกษาในข้อที่ 6 มีความชัดเจนและเป็นระบบ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สมการแบบจำลองเชิงประจักษ์ (Empirical Model) 9 รูปแบบ

Model NO.	Model Type	Regression Equation modified
1.	Straight line	$\overline{H} = \overline{H}_o\left[a\left(\overline{S}/\overline{S}_o\right)\right]$
2.	Linear	$\overline{H} = \overline{H}_o\left[a + b\left(1-\left(\overline{S}/\overline{S}_o\right)\right)\right]$
3.	Exponential	$\overline{H} = \overline{H}_o\left[a + b\exp\left(1-\left(\overline{S}/\overline{S}_o\right)\right)\right]$
4.	Logarithmic	$\overline{H} = \overline{H}_o\left[a + b\ln\left(1-\left(\overline{S}/\overline{S}_o\right)\right)\right]$
5.	Power	$\overline{H} = \overline{H}_o\left[a\left(1-\left(\overline{S}/\overline{S}_o\right)^b\right)\right]$
6.	Modified Geometric	$\overline{H} = \overline{H}_o\left[a\left(\overline{S}/\overline{S}_o\right)\exp\left(b/\left(\overline{S}/\overline{S}_o\right)\right)\right]$
7.	Straight Parabola	$\overline{H} = \overline{H}_o\left[\left(\overline{S}/\overline{S}_o\right)/a + b\left(\overline{S}/\overline{S}_o\right)^2\right]$
8.	Linear Logarithmic	$\overline{H} = \overline{H}_o\left[a + b\left(\overline{S}/\overline{S}_o\right) + c\ln\left(\overline{S}/\overline{S}_o\right)\right]$
9.	Linear Exponential	$\overline{H} = \overline{H}_o\left[a + b\left(\overline{S}/\overline{S}_o\right) + c\exp\left(\overline{S}/\overline{S}_o\right)\right]$

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\overline{H}/\overline{H}_o$ และหาค่า $\overline{S}/\overline{S}_o$ โดยใช้รูปแบบสมการแบบจำลองเชิงประจักษ์ (Empirical Model) ที่หลากหลาย อันได้แก่ สมการเชิงเส้น (Linear), สมการเรขาคณิตแบบปรับปรุง (Modified Geometric), สมการพาราโบลา (Parabolic), สมการลอการิทึม (Logarithmic), สมการเอ็กโพเนนเชียล (Exponential), และสมการยกกำลัง (Power) พบว่าแบบจำลองเหล่านี้สามารถอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลรังสีอาทิตย์รายวันเฉลี่ยรายเดือนของจังหวัดสงขลาได้ในระดับที่น่าพอใจ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) อยู่ในช่วง 0.7783 ถึง 0.7998 จะได้ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย (a, b และ c) และค่าการทดสอบด้วยค่าทางสถิติ แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยและค่าทางสถิติที่ใช้ทดสอบสมการทั้ง 9 รูปแบบ

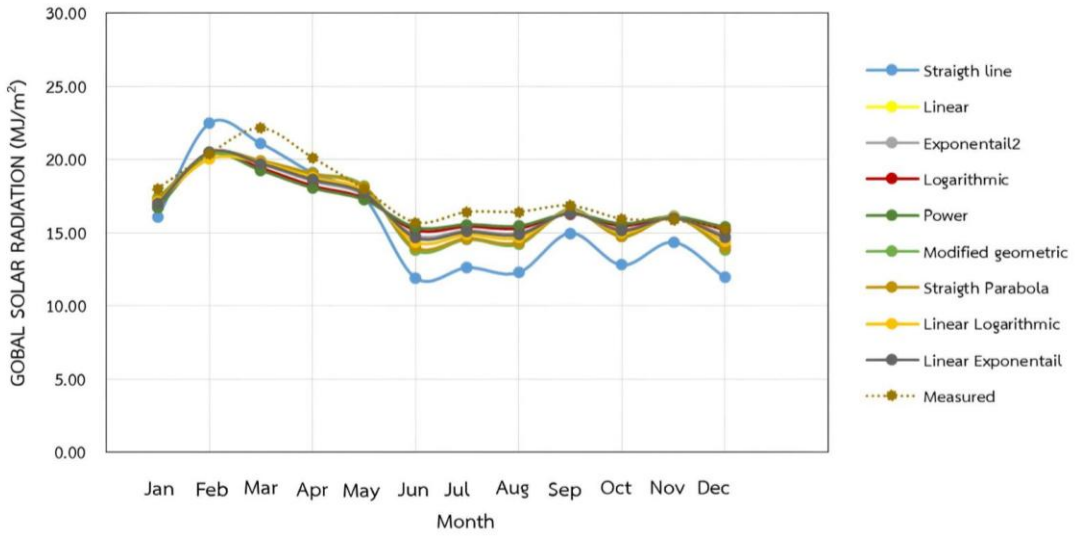
Model No.	Model Type	Regression coefficient			R^2	RMSE	MBE	MPE (%)	MAPE (%)
		a	b	c					
1.	Straight line	0.8438			0.7967	2.0569	-0.3862	-4.4396	11.0694
2.	Linear	0.6918	-0.4657		0.7967	1.0804	0.0000	0.0287	5.3102
3.	Exponential	-0.2884	0.5573		0.7952	1.0853	0.0000	0.0199	5.2978
4.	Logarithmic	0.3391	-0.1696		0.7869	1.1072	-0.0034	0.0048	5.2238
5.	Power	0.3647	-0.3247		0.7783	1.1282	-0.0039	0.0140	5.3027
6.	Modified Geometric	0.6133	0.1965		0.7890	1.0913	0.0085	0.0706	5.1136
7.	Straight Parabola	0.8939	0.7394		0.7860	1.1016	0.0005	-0.0132	5.3133
8.	Linear Logarithmic	0.5138	0.1510	0.1846	0.7998	1.1065	0.0526	0.2697	5.4741
9.	Linear Exponential	-0.7738	0.4914	0.9742	0.7967	1.0804	0.0007	0.0217	5.3117

จากตารางที่ 2 เมื่อพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนาย พบว่าสมการแบบจำลองเชิงประจักษ์ (Empirical Model) ที่พัฒนาขึ้นส่วนใหญ่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนยกกำลังสองเฉลี่ยรากที่สอง (RMSE) มีค่าอยู่ในช่วง 1.0804 ถึง 1.2282 MJ/m²/day ซึ่งแสดงถึงขนาดของความคลาดเคลื่อนโดยรวมของการประมาณค่ารังสีอาทิตย์รวมโดยใช้แบบจำลองเหล่านี้ ค่าความคลาดเคลื่อนในรูปความเอนเอียงเฉลี่ย (MBE) มีค่าอยู่ในช่วง -0.0039 ถึง 0.0526 MJ/m²/day บ่งชี้ว่าแบบจำลองส่วนใหญ่ไม่มีแนวโน้มที่จะประเมินค่ารังสีอาทิตย์รวมสูงหรือต่ำกว่าค่าที่สังเกตได้อย่างมีนัยสำคัญ และในส่วนของความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ พบว่าค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (MPE) มีค่าอยู่ในช่วง -0.0132% ถึง 0.2967% ซึ่งแสดงถึงความเอนเอียงของการทำนายในเชิงร้อยละที่ค่อนข้างต่ำ ในขณะที่ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ซึ่งบ่งบอกถึงความแม่นยำโดยรวมของการทำนายมีค่าอยู่ในช่วง 5.1136% ถึง 5.4741% ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) น้อยกว่า 0.8 เล็กน้อยบ่งชี้ว่ายังมีปัจจัยอื่น ๆ

ที่อาจมีอิทธิพลต่อปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบ และค่า MAPE ในช่วง 5% อาจบ่งชี้ถึงความจำเป็นในการปรับปรุงแบบจำลองเพิ่มเติมหรือการพิจารณาตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาอื่น ๆ ร่วมด้วยเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการประมาณค่ารังสีอาทิตย์รวมให้ดียิ่งขึ้น เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการประมาณค่ารังสีอาทิตย์รวมให้ดียิ่งขึ้น

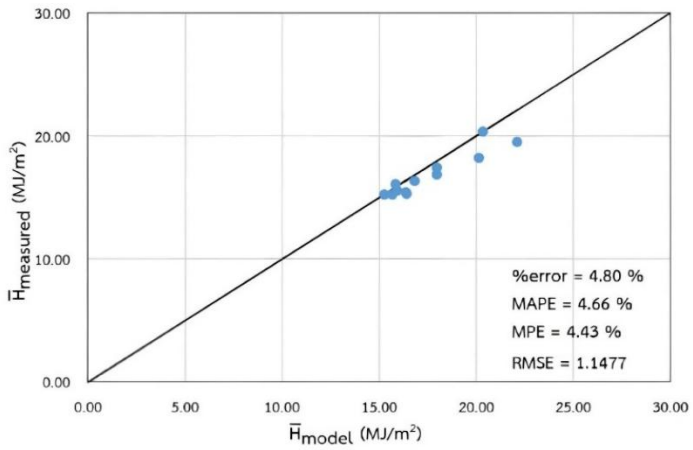
การเปรียบเทียบค่าสถิติระหว่างรูปแบบสมการต่าง ๆ จะช่วยให้สามารถระบุแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับการประมาณค่ารังสีอาทิตย์รวมในบริบทของจังหวัดสงขลาได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับการประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับพลังงานแสงอาทิตย์

สำหรับผลการวิเคราะห์หาแบบจำลองแบบจำลองเชิงประจักษ์ (Empirical Model) ที่เหมาะสมที่สุด คือ แบบจำลองที่ 4 คือ สมการลอการิทึม (Logarithmic) มีค่า RMSE, MBE, MPE และค่า MAPE ที่มีค่าน้อย คือ 1.1072, -0.0034, 0.0048 % และ 5.2238 % ตามลำดับ นอกจากนี้ค่า R^2 ที่เหมาะสม คือ 0.7869 ซึ่งไม่ได้แตกต่างจากแบบจำลองอื่น ๆ มากนักอย่างมีนัยสำคัญ มีลักษณะความสัมพันธ์ คือ $\overline{H} = \overline{H}_o\left[0.3391 - 0.1696\ln\left(1-\left(\overline{S}/\overline{S}_o\right)\right)\right]$ แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กราฟแสดงรังสีอาทิตย์รวมเฉลี่ยรายวันเฉลี่ยรายเดือนที่วัดได้กับค่าจากแบบจำลองเชิงประจักษ์ (Empirical Model)

พิจารณาภาพที่ 1 กราฟนี้แสดงการเปรียบเทียบค่าพลังงานรังสีอาทิตย์รวมรายเดือนที่วัดได้ (Measured) กับค่าที่ได้จากการประมาณโดยใช้แบบจำลองความสัมพันธ์ (Curve Fitting) ต่างๆ จำนวน 9 รูปแบบ โดยที่เส้นประแสดงถึงค่าพลังงานรังสีอาทิตย์รวมเฉลี่ยรายเดือนที่วัดได้จริง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล โดยมีค่าสูงในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน และมีค่าต่ำลงในช่วงเดือนมิถุนายนถึงธันวาคม ซึ่งเป็นไปตามลักษณะการเปลี่ยนแปลงของแสงอาทิตย์ในรอบปี [4] ส่วนเส้นทึบแสดงถึงค่ารังสีอาทิตย์รวมเฉลี่ยรายเดือนที่ได้จากการประมาณโดยใช้แบบจำลองความสัมพันธ์ 9 รูปแบบที่แตกต่างกัน จากการสังเกตพบว่าแบบจำลองต่างๆ ให้ผลการประมาณค่าที่ค่อนข้างใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้ อย่างไรก็ตามเมื่อใช้ค่าสถิติการประเมินความแม่นยำ (เช่น RMSE, MBE, MPE, MAPE, R^2) ของแต่ละแบบจำลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในเชิงปริมาณ จะพบว่าสมการในรูปแบบสมการลอการิทึม (Logarithmic) มีความเหมาะสมที่สุด



ภาพที่ 2 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบค่ารังสีอาทิตย์ที่ได้จากการวัด ($\overline{H}_{measured}$) และค่าที่ได้จากการใช้แบบจำลอง ($\overline{H}_{model}$)

พิจารณาภาพที่ 2 กราฟนี้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลังงานรังสีอาทิตย์ที่วัดได้ ($\overline{H}_{measured}$) กับค่าพลังงานรังสีอาทิตย์ที่ได้จากแบบจำลอง ($\overline{H}_{model}$) เส้นทแยงมุมแสดงถึงกรณีที่ค่าที่วัดได้และค่าจากแบบจำลองมีความสอดคล้องกันอย่างสมบูรณ์ ส่วนจุดสีน้ำเงินแสดงว่าข้อมูลส่วนใหญ่อยู่ใกล้กับเส้นทแยงมุม ซึ่งบ่งชี้ว่าแบบจำลองมีความสามารถในการทำนายค่าพลังงานรังสีอาทิตย์ได้ค่อนข้างดีและมีการกระจายตัวของจุดข้อมูลทั้งด้านบนและด้านล่างของเส้นทแยงมุม แสดงว่าแบบจำลองมีแนวโน้มที่จะประเมินค่าสูงเกินไปในบางครั้ง และอาจจะประเมินค่าต่ำเกินไปในบางครั้ง ส่วนการกระจายตัวของจุดข้อมูลที่ค่อนข้างสม่ำเสมอรอบเส้นทแยงมุมแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองสามารถให้การประมาณค่าที่น่าเชื่อถือได้ในช่วงข องค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทำการศึกษา [4]

นอกจากนั้นการประเมินความแม่นยำของแบบจำลอง โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (%error) เท่ากับ 4.80% ซึ่งแสดงถึงความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยของแบบจำลองเมื่อเทียบกับค่าที่วัดได้ ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAPE) เท่ากับ 4.66% ซึ่งเป็นอีกตัวชี้วัดหนึ่งของความแม่นยำ โดยแสดงถึงขนาดของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในรูปของเปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (MPE) เท่ากับ 4.43% ซึ่งเป็นบวกเล็กน้อยอาจบ่งชี้ว่าแบบจำลองมีแนวโน้มที่จะประเมินค่าสูงกว่าความเป็นจริงเล็กน้อยโดยเฉลี่ย และค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (RMSE) เท่ากับ 1.1477 MJ/m² ซึ่งเป็นตัวชี้วัดความแตกต่างโดยรวมระหว่างค่าที่ทำนายและค่าที่วัดได้ [4]

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษารังสีอาทิตย์รวมรายวันเฉลี่ยรายเดือน ในจังหวัดสงขลา จากแบบจำลองเชิงประจักษ์ (Empirical Model) จำนวน 9 รูปแบบ และประเมินความแม่นยำของแบบจำลองในการประมาณค่ารังสีดวงอาทิตย์รวมสำหรับจังหวัดสงขลา โดยใช้ข้อมูลความยาวนานแสงแดดรายวันเฉลี่ยรายเดือนของจังหวัดสงขลา ซึ่งแบบจำลองรูปแบบสมการลอการิทึม (Logarithmic) มีความเหมาะสมที่สุด คือ $\overline{H} = \overline{H}_O\left[0.3391 - 0.1696\ln\left(1-\left(\overline{S}/\overline{S}_O\right)\right)\right]$ ซึ่งเหมาะสมกับการอธิบายการเปลี่ยนแปลงที่ลดลงเมื่อตัวแปรอิสระเพิ่มขึ้น

อ้างอิง

[1] Iradukunda, C., & Chiteka, K. (2022). Angstrom-Prescott type models for predicting solar irradiation for different locations in Zimbabwe. *Strojniški vestnik - Journal of Mechanical Engineering, 68(1)*, 3–12.

[2] Khamdee, S., & Kongcharoen, P. (2021). Empirical models for calculating monthly average daily solar radiation in Thailand. *Khon Kaen University Journal of Science, 49(2),* 301–312.

[3] Ogbaka, D. T., Nwakaire, C., & Usman, H. M. (2020). Angstrom–Prescott model for predicting global solar radiation in Mubi, Nigeria. *American Journal of Basic and Applied Sciences, 2(3),* 64–70.

[4] Wattan, R., Pattarapanitchai, S., & Poonkaew, N. (2023). Empirical models for calculating monthly average daily global solar radiation from meteorological data for Thailand. *Khon Kaen University Journal of Science, 51(2),* 142–154.

O 11

การตรวจจับเส้นริ้วรอยจากภาพใบหน้าด้านหน้าอย่างอัตโนมัติ

ไพจิตร กชกรจารุพงศ์[1]* รัฐวรรณ พุฒนวล[2] และเดือนเพ็ญ กชกรจารุพงศ์[3]

บทคัดย่อ

การพิสูจน์ตัวตนโดยใช้ภาพใบหน้าเป็นวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการรักษาความปลอดภัย ภาพใบหน้าด้านหน้าเป็นภาพที่แสดงตัวบุคคลที่เห็นได้ชัดเจน อย่างไรก็ตามภาพใบหน้าของบุคคลเดียวกันที่มีอายุเพิ่มขึ้นทำให้มีริ้วรอยบนใบหน้าซึ่งอาจส่งผลต่อการจำแนกตัวตนของบุคคลในภาพนั้น การตรวจสอบริ้วรอยบนภาพใบหน้าจะช่วยเพิ่มความสามารถต่อการจำแนกตัวตนของบุคคลในภาพนั้น โดยการวิเคราะห์ภาพใบหน้าเพื่อตรวจสอบริ้วรอยบนภาพใบหน้าด้านหน้าจะช่วยให้สามารถแสดงริ้วรอยบนภาพใบหน้า เพื่อนำผลลัพธ์ของริ้วรอยไปใช้งานต่อไป ในบทความนี้อธิบายวิธีการประมวลผลภาพเพื่อตรวจสอบริ้วรอยบนภาพใบหน้าด้านหน้าอย่างอัตโนมัติ โดยเริ่มจากขั้นตอนการทำ Wrinkle Mask เพื่อตรวจหาริ้วรอยบนใบหน้า และ ขั้นตอนการเพิ่มความคมชัดของริ้วรอยโดยการใช้ Morphological Operations ขั้นตอนสุดท้ายเป็นการแสดงผลลัพธ์ของริ้วรอยบนภาพใบหน้า ผลการทำงานจากการทดลองโดยใช้ภาพใบหน้าด้านหน้าที่แตกต่างกันจำนวน 10 ภาพ พบว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถตรวจจับริ้วรอบของภาพใบหน้าได้ชัดเจนในทุกภาพ ซึ่งสามารถนำผลลัพธ์ไปใช้สำหรับการใช้งานพิสูจน์ตัวตนต่อไปได้ นอกจากนี้วิธีการนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์กับงานที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลภาพใบหน้าอื่น ๆ เช่น การประมาณอายุของบุคคลในภาพใบหน้า การปรับแต่งภาพใบหน้า เป็นต้น

คำสำคัญ: ริ้วรอย การประมวลผลภาพ ภาพใบหน้า

[1] อ.ดร., ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90110

[2] นักศึกษาปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90110

[3]ผศ.ดร., สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

[1] Dr., Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Songkhla, 90110, Thailand

[2] Student, Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Songkhla, 90110, Thailand

[3] Asst.Prof.Dr., Department of Computer Science and Information, Faculty of Science and Digital Innovation, Thaksin University, Phatthalung, 93210, Thailand

* Corresponding author: e-mail: paijit.k@psu.ac.th Tel.074-287342

Automatic Wrinkle Detection from Frontal Face Image

Paijit Kochakornjarupong[1*] Rattawan Putnual[2] and Duenpen Kochakornjarupong[3]

Abstract

Facial authentication is a widely used method of security. The frontal image of a person is an image that clearly shows the identity of the person. However, the face of the same person with increasing age will have wrinkles on the face, which may affect the identification of the person in the image. Detecting wrinkles on the face image can improve the identification ability of the person in the image. By analyzing the face image to detect wrinkles on the frontal image, wrinkles on the face image can be displayed, and the wrinkle results can be used for further applications. This paper describes an image processing method to automatically detect wrinkles on the frontal image of the person. It starts with the wrinkle mask step to detect wrinkles on the face, and the wrinkle sharpening step using morphological operations. The final step is to display the wrinkle results on the face image. The experimental results using 10 different frontal images show that the proposed method can clearly detect facial wrinkles in all images. The results can be used for further authentication. In addition, this method can be used for other tasks related to face processing, such as estimating the age of people in the face image, and face image enhancement.

Keywords: wrinkle, image processing, face image

บทนำ

การพิสูจน์ตัวตนโดยการใช้ภาพใบหน้าด้านหน้าได้ใช้งานอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน (Nguyen, & Lakshmanan& Sheng, 2018) เนื่องจากเป็นวิธีที่สะดวกที่ใช้ข้อมูลทางกายภาพของบุคคลโดยไม่ต้องสัมผัส อย่างไรก็ตามภาพใบหน้าของบุคคลที่มีอายุมากขึ้นอาจมีริ้วรอยที่ส่งผลต่อการทำงานของระบบรู้จำภาพใบหน้า (Mawale, & Chaugule, 2016) (Face Liveliness, 2022)

การวิเคราะห์ริ้วรอยของภาพใบหน้าเพื่อตรวจค้นหาริ้วรอยของภาพใบหน้าด้านหน้าที่เกิดจากอายุที่มากขึ้นจะช่วยให้จำแนกริ้วรอยของใบหน้าจากภาพของบุคคลเดิมได้ เพื่อนำผลลัพธ์ของริ้วรอยบนภาพใบหน้าที่ได้ไปใช้งานต่อไปได้อย่างเหมาะสม เช่น การนำไปช่วยในการการพิสูจน์ตัวตนต่อไปหรือการประมาณอายุของบุคคลในภาพ การวิเคราะห์ริ้วรอยของภาพใบหน้าด้านหน้าเป็นการใช้วิธีการประมวลผลภาพและหลักการทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องเพื่อตรวจจับริ้วรอยของภาพใบหน้าด้านหน้าที่ต้องการทดสอบ

บทความนี้นำเสนอวิธีการตรวจจับริ้วรอยของภาพใบหน้าด้านหน้าจากหลักการที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ ก่อนหน้านี้ การตรวจหาริ้วรอยของภาพใบหน้าที่มีผู้วิจัยก่อนหน้านี้ได้ใช้พื้นผิวของผิวหนังในการวิเคราะห์จากรูปแบบที่มีการกำหนดไว้ก่อนหน้าแล้ว จึงต้องมีการเตรียมรูปแบบต่าง ๆ ไว้ก่อน (Kose & Apvrille & Jean-Luc, 2015) (Chin, C. -L., et al., 2017) โดยวิธีการที่นำเสนอจะใช้การวิเคราะห์จากข้อมูลของภาพทดสอบเพียงภาพเดียวด้วยการใช้ภาพต้นฉบับโดยไม่ต้องมีการจัดรูปแบบอื่น ๆ สำหรับการวิเคราะห์เพิ่มเติม

การตรวจจับเส้นริ้วรอยจากภาพใบหน้าด้านหน้าเพื่อตรวจสอบริ้วรอยของภาพใบหน้าเป็นวิธีการที่นำไปใช้ประโยชน์กับงานที่เกี่ยวข้องกับภาพใบหน้าต่อไป เช่น ใช้สำหรับการประมาณอายุของบุคคล การจัดทำฐานข้อมูลภาพใบหน้าสำหรับระบบรู้จำภาพใบหน้า การรักษาความปลอดภัย เป็นต้น

วิธีการวิจัย

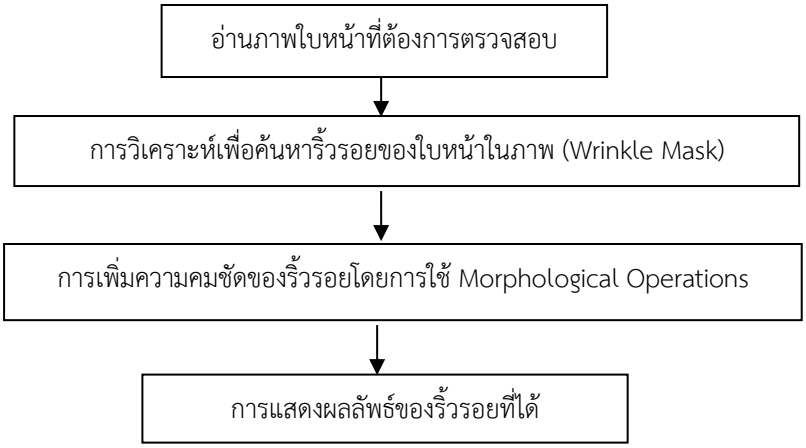
การตรวจจับเส้นริ้วรอยจากภาพใบหน้าด้านหน้าเป็นการวิเคราะห์ภาพใบหน้าด้านหน้าของบุคคลที่มีริ้วรอยจากวัยที่เพิ่มมากขึ้น โดยในบทความนี้จะนำเสนอวิธีการใหม่ที่ใช้การวิเคราะห์ภาพใบหน้าด้านหน้าที่ต้องการตรวจสอบริ้วรอยของภาพใบหน้าด้านหน้าโดยใช้ข้อมูลริ้วรอยของภาพที่ต้องการตรวจสอบและการเพิ่มริ้วรอยที่พบ ซึ่งวิธีการนี้สามารถทำให้ได้ขั้นตอนการวิเคราะห์ภาพใบหน้าที่ต้องการอย่างอัตโนมัติโดยไม่ต้องใช้รูปแบบสำหรับการวิเคราะห์เพิ่มเติม

การวิเคราะห์ริ้วรอยบนภาพใบหน้าด้านหน้า

การวิเคราะห์ริ้วรอยบนภาพใบหน้าด้านหน้าเพื่อตรวจหาริ้วรอยของภาพที่ต้องการตรวจสอบเพื่อให้ได้ผลลัพธ์เป็นริ้วรอยบนภาพใบหน้านั้น ซึ่งจะนำผลการวิเคราะห์ไปใช้สำหรับการงานหรือการประมวลผลที่เหมาะสมต่อไป

ขั้นตอนการวิเคราะห์ริ้วรอยบนภาพใบหน้าด้านหน้า

การวิเคราะห์ริ้วรอยของภาพใบหน้าด้านหน้ามีขั้นตอนเริ่มจากการอ่านภาพใบหน้าที่ต้องการตรวจสอบแล้วนำไปค้นหาริ้วรอยของใบหน้าในภาพ (Wrinkle Mask) จากนั้นขั้นตอนต่อไปเป็นการเพิ่มความคมชัดของริ้วรอยโดยการใช้ Morphological operations สำหรับขั้นตอนสุดท้ายเป็นการแสดงผลลัพธ์ของริ้วรอยบนภาพใบหน้า ขั้นตอนที่เสนอแสดงในรูปที่ 1



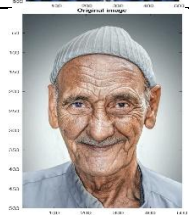
รูปที่ 1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ริ้วรอยของภาพใบหน้าด้านหน้า

ในขั้นตอนของการวิเคราะห์ภาพใบหน้าด้านหน้าเพื่อตรวจสอบริ้วรอยของภาพใบหน้าจะประมวลผลกับภาพใบหน้าขนาด 500 x 500 พิกเซล และใช้โปรแกรม Matlab มาประมวลผลการทำงาน

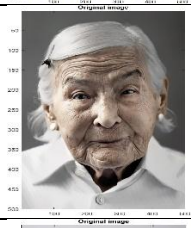
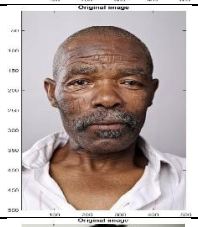
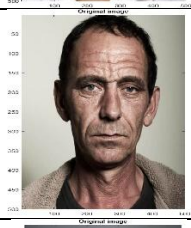
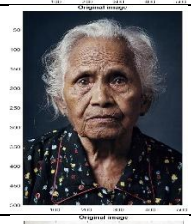
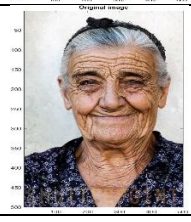
การตรวจหาริ้วรอยภาพใบหน้าด้านหน้าโดยการใช้วิธี Wrinkle Mask

หลังจากการอ่านภาพใบหน้าด้านหน้าโดยใช้ภาพขนาด 500x500 พิกเซลแล้ว จะทำการแปลงภาพจากภาพสี (Color Image) เป็นเป็นภาพสเกลสีเทา (Grayscale Image) ต่อมาจึงทำการประมวลผล Average Filter ของภาพโดยการคำนวณหาค่าพิกเซลในภาพด้วยค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มของสีเทา (Intensity Level) ในขอบเขตที่กำหนด ซึ่งทำให้สัดส่วนหรือขอบของภาพมีการเปลี่ยนแปลง เช่นการลดหรือเพิ่มความคมชัดของขอบ (Gonzalez-Barajas, Javier & Montenegro, Davis. 2016)

ตารางที่ 1 การแปลงภาพจากภาพสีเป็นภาพสเกลสีเทา

รูปที่	รูปภาพต้นฉบับ	รูปภาพสเกลสีเทา
1		
2		
3		

ตารางที่ 1 การแปลงภาพจากภาพสีเป็นภาพสเกลสีเทา (ต่อ)

รูปที่	รูปภาพต้นฉบับ	รูปภาพสเกลสีเทา
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

การเพิ่มความคมชัดของริ้วรอย

เป็นนำภาพที่ได้จากการทำ Wrinkle Mask มาประมวลผลภาพด้วยวิธี Morphological Operations ซึ่งเป็นวิธีการประมวลผลภาพชนิด Non-linear ที่สำคัญในการประมวลผลโดยเฉพาะภาพ binary หรือ ภาพ Gray-scale โดยเน้น

เรื่องรูปแบบและโครงสร้าง เพื่อการเปลี่ยนรูปร่างของวัตถุในภาพ เช่น การแยกวัตถุต่าง ๆ ออกจากกันหรือเชื่อมวัตถุต่าง ๆ เข้าด้วยกัน หรือการลดสัญญาณรบกวน (Srisha, Ravi & Khan, Am, 2013)
จากการทดลองพบว่าวิธี Dilation ช่วยเพิ่มขนาดเส้นของริ้วรอยทำให้เห็นริ้วรอยชัดเจนเส้นริ้วรอยมีความหนาขึ้น ซึ่งริ้วรอยส่วนใหญ่จะพบบริเวณหน้าผาก รอบดวงตา ร่องแก้ม และคาง

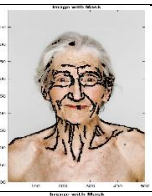
การแสดงผลลัพธ์ของริ้วรอยบนภาพใบหน้า

ผลจากการประมวลผลด้วยขั้นตอนการตรวจหาริ้วรอยภาพใบหน้าด้านหน้าโดยการใช้วิธี Wrinkle Mask และการเพิ่มความคมชัดของริ้วรอยด้วย Morphological Operations จะแสดงเป็นเส้นที่มีความหนากว่าเส้นขอบภาพปกติ

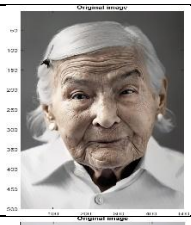
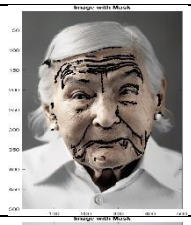
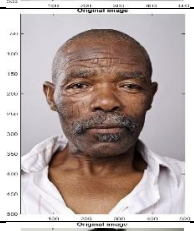
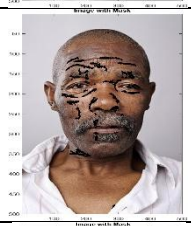
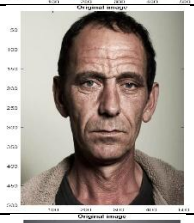
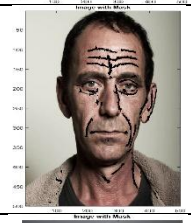
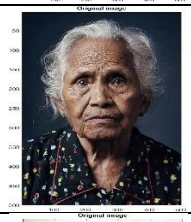
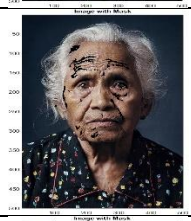
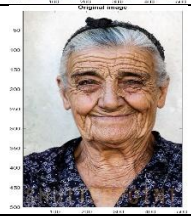
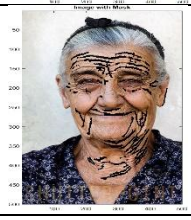
ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ในการวิจัยการวิเคราะห์ริ้วรอยของภาพใบหน้าด้านหน้าเพื่อตรวจหาริ้วรอยของภาพใบหน้าแบบอัตโนมัตินี้ ได้นำรูปภาพใบหน้าด้านหน้าของบุคคลจำนวน 10 คน ที่รวบรวมจากอินเตอร์เน็ตของภาพใบหน้ามาใช้ในการทดสอบ โดยภาพที่ใช้เป็นรูปแบบ JPEG (Joint Photographic Experts Group) ขนาด 500 x 500 พิกเซล ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ของภาพต้นฉบับพบริ้วรอยของใบหน้าแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลลัพธ์การหาริ้วรอยของภาพใบหน้าด้านหน้า

รูปที่	รูปภาพต้นฉบับ	รูปภาพต้นฉบับพร้อมริ้วรอยที่ตรวจพบ
1		
2		
3		
4		

ตารางที่ 1 ผลลัพธ์การหาริ้วรอยของภาพใบหน้าด้านหน้า (ต่อ)

รูปที่	รูปภาพต้นฉบับ	รูปภาพต้นฉบับพร้อมริ้วรอยที่ตรวจพบ
5		
6		
7		
8		
9		
10		

จากผลการทดลองพบว่าการวิเคราะห์ริ้วรอยของภาพใบหน้าด้านหน้าสามารถตรวจสอบพบริ้วรอยของภาพทั้งหมดได้ชัดเจนในทุกภาพ

สรุปผลการวิจัย

บทความนี้ได้นำเสนอขั้นตอนภาพใบหน้าด้านหน้าเพื่อตรวจสอบริ้วรอยของภาพใบหน้า โดยใช้การค้นหาริ้วรอยของใบหน้าในภาพ (Wrinkle Mask) จากนั้นขั้นตอนต่อไปเป็นการเพิ่มความคมชัดของริ้วรอยโดยการใช้ Morphological Operations ซึ่งสามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติ

ผลการทำงานจากการทดลองโดยใช้ภาพใบหน้าด้านหน้าของบุคคลที่แตกต่างกันจำนวน 10 ภาพ พบว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถตรวจหาริ้วรอยของภาพใบหน้าได้ในทุกภาพ วิธีการที่นำเสนอนี้สามารถใช้วิเคราะห์ริ้วรอยของภาพใบหน้า

ด้านหน้าที่ต้องการเพื่อตรวจสอบริ้วรอยของภาพใบหน้าด้านหน้าได้โดยใช้เพียงภาพที่ต้องการทดสอบอย่างเดียวได้อย่างอัตโนมัติ วิธีการที่นำเสนอจึงสามารถอำนวยความสะดวกกับผู้ใช้ได้ นอกจากนี้วิธีการนี้อาจนำไปใช้ประโยชน์กับการประมวลผลสำหรับระบบการรู้จำภาพใบหน้าต่อไป อย่างไรก็ตามวิธีที่นำเสนอนี้ไม่ได้รวมถึงการใช้งานในภาพของบุคคลที่มีการปิดบังบางส่วนของใบหน้าหรือภาพใบหน้าที่มีความสว่างของภาพไม่ชัดเจน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการเพิ่มเติมวิธีการวิเคราะห์อื่น ๆ ต่อไป

อ้างอิง

Ajmal, Aisha&Hollitt, Christopher&Frean,Marcus&Al-Sahaf,Harith. (2018) A Comparison of RGB and HSV Colour Spaces for Visual Attention Models. In **International Conference on Image and Vision Computing New Zealand (IVCNZ)**, 1-6.

Mawale, Ashwini & Chaugule, Archana. (2016) Facial Wrinkles Detection Techniques and its Application. **International Journal of Computer Applications**, 5-8.

Face Liveliness. (2022, July 28). **Impact of Aging on Face Recognition: Studies,Databases and Recognition Techniques**. https://antispoofing.org/impact-of-aging-on-face-recognition-studies-databases-and-recognition-techniques/

Gonzalez-Barajas, Javier & Montenegro, Davis. (2016). Average Filtering: Theory, Design and Implementation.

Srisha, Ravi & Khan, Am. (2013). Morphological Operations for Image Processing : Understanding and its Applications.

O 12

การประเมินผลของการใช้แผ่นรองเมาส์ต่อประสิทธิภาพการเคลื่อนที่และความแม่นยำตามกฎของฟิตส์

ชิตณัช ธชีพันธ์[1]* อภิรมย์ ฉายเพิ่มศักดิ์[2] และฆนัท พูลสวัสดิ์[3]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของการใช้แผ่นรองเมาส์ต่อประสิทธิภาพการใช้งานอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง โดยใช้เมาส์รุ่นเดียวกันในสองเงื่อนไข ได้แก่ การใช้บนพื้นโต๊ะเรียบ และการใช้บนแผ่นรองเมาส์ การประเมินดำเนินการภายใต้มาตรฐาน ISO 9241-9 ด้วยการทดสอบแบบ Multi-directional Pointing Task ตามกฎของฟิตส์ (Fitts' Law) และด้านความแม่นยำด้วยการวัดความเคลื่อนไหวของเมาส์ผ่านตัวแปรทั้ง 7 ตัว โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ จำนวน 11 คน ที่มีประสบการณ์ใช้งานเมาส์ไม่น้อยกว่า 5 ปี ผลการวิเคราะห์พบว่า การใช้แผ่นรองเมาส์ช่วยลดเวลาในการเคลื่อนที่ลงร้อยละ 2.5 นอกจากนี้การวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นระหว่างค่าดัชนีความยากและเวลาในการเคลื่อนที่ พบว่าในสถานการณ์ที่มีดัชนีความยากที่สูงขึ้น การมีแผ่นรองเมาส์จะช่วยช่วยลดเวลาในการเคลื่อนที่ลง ในขณะที่ด้านความแม่นยำ พบว่า แม้ตัวแปร MV ME TRE TAC MDC และ ODC แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ค่า MO มีแนวโน้มต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และจากผลการวิจัยจึงสรุปได้ว่าการใช้แผ่นรองเมาส์มีส่วนช่วยเสริมทั้งความเร็วและความแม่นยำในการใช้งานอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: แผ่นรองเมาส์ กฎของฟิตส์ การปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์ ISO 9241-9 ความแม่นยำในการเคลื่อนที่

[1] นักวิชาการสารเทศ, ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, นครปฐม, 73170

[2] เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป, ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, นครปฐม, 73170

[3] อาจารย์, ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, นครปฐม, 73170

[1] IT Officer, Computer Engineering Department Faculty of Engineering Mahidol University , Nakhon Pathom, 73170

[2] General Administative, Computer Engineering Department Faculty of Engineering Mahidol University , Nakhon Pathom, 73170

[3] Lecturer, Computer Engineering Department Faculty of Engineering Mahidol University , Nakhon Pathom, 73170

* Corresponding Author: E-mail: chitanut.tac@mahidol.ac.th, Tel: 0841559662

An Evaluation of Mouse Pad Usage Effects on Movement Efficiency and Accuracy Based on Fitts' Law

Chitanut Tachepan[1], Apirom Chaypermsak[2] and Kanat Poolsawad[3]

Abstract

The objective of this research was to examine the impact of using a mouse pad on the performance of a pointing device, utilizing the same mouse model under two conditions: on a smooth tabletop surface and on a mouse pad. The evaluation followed ISO 9241-9 standards, using the Multi-directional Pointing Task based on Fitts' Law. Accuracy was assessed by analyzing mouse movement across seven variables. The participants were 11 undergraduate students with at least five years of mouse-usage experience. The analysis revealed that using a mouse pad reduced movement time by 2.5%. In addition, linear regression analysis between the index of difficulty and movement time indicated that in situations with a higher difficulty index, the use of a mouse pad reduced movement time. Regarding accuracy, although the variables MV, ME, TRE, TAC, MDC, and ODC did not show statistically significant differences, the MO value tended to be significantly lower. Based on these findings, it can be concluded that using a mouse pad significantly improves both the speed and accuracy of mouse usage.

Keywords: Mouse Pad, Fitts' Law, Human-Computer Interaction, ISO 9241-9, Movement Accuracy

บทนำ

หนึ่งในอุปกรณ์ที่เป็นสื่อกลางระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์ที่สำคัญได้แก่อุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง (Pointing Devices) และอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งที่เป็นที่นิยมมากที่สุดคือ เมาส์ (Mouse) ด้วยเหตุผลหลายประการ เช่น ความแม่นยำ ความเร็วในการตอบสนอง และความคุ้นเคยในการใช้งานในหลากหลายบริบท ไม่ว่าจะเป็นงานเอกสารทั่วไป งานด้านวิศวกรรม งานมัลติมีเดีย หรือแม้กระทั่งการเล่นเกมระดับมืออาชีพ (MacKenzie, 2013)

งานวิจัยของภัทรพรและภูมิ (2554) เสนอว่าเมาส์ที่มีน้ำหนักที่ต่างกันย่อมส่งผลต่อการเคลื่อนที่ตลอดจนความแม่นยำในการระบุตำแหน่งในการใช้งานอย่างมีนัยยะสำคัญ โดยโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มผู้ใช้งานที่ต้องการความแม่นยำสูง เช่น นักออกแบบกราฟิก หรืออาชีพนักเล่นเกมส์อาชีพ เป็นต้น แม้ว่ารูปแบบทางกายภาพของเมาส์ เช่น รูปร่าง น้ำหนัก และความไวของการตรวจจับตำแหน่ง มักเป็นส่วนสำคัญในการออกแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งาน แต่ยังมีปัจจัยอื่นอีกหลายประการที่ส่งผลต่อการใช้งานของผู้ใช้เมาส์ โดยหนึ่งในนั้นคือ ลักษณะพื้นผิวที่เมาส์เคลื่อนที่ผ่าน ซึ่งอาจเป็นได้ทั้งพื้นโต๊ะเรียบ พื้นผิวมัน พื้นผิวผ้า หรือแผ่นรองเมาส์ที่ผลิตขึ้นเฉพาะเพื่อเพิ่มความลื่น ความเสถียร หรือความแม่นยำในการควบคุมทิศทางของเคอร์เซอร์ (Zhai, Kong, & Ren, 2004; Wright & Lee, 2013) สำหรับการประเมินประสิทธิภาพของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งโดยผ่านพื้นผิวที่ที่มีและไม่มีแผ่นรองเมาส์ในครั้งนี้นั้น ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้มาตรฐาน ISO 9241-9 ซึ่งเป็นมาตรฐานในการทดสอบสมรรถนะของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง ผ่านการทดลองที่เรียกว่า Multi-directional Pointing Task ซึ่งสามารถประเมินความเร็วและความแม่นยำของผู้ใช้ในแต่ละเงื่อนไขได้อย่างครอบคลุม (ISO, 1998)

โดยงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาผลของการมีเมาส์ต่อประสิทธิภาพการใช้งาน โดยใช้เมาส์รุ่นเดียวกันบนพื้นผิวที่แตกต่างกัน และดำเนินการประเมินผลผ่านโปรแกรมมาตรฐาน FittsTaskTwo ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้ทั้งด้านความเร็ว (Movement Time: MT) และความแม่นยำ (Accuracy Measures) อย่างเป็นระบบ โดยตัวชี้วัดด้านความแม่นยำที่นำมาใช้นั้นอ้างอิงจากงานของ MacKenzie, Kauppinen, และ Silfverberg (2001) ซึ่งเสนอชุดตัวชี้วัดใหม่สำหรับประเมินอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งที่สามารถวัดพฤติกรรมการเคลื่อนที่ระหว่างภารกิจได้อย่างละเอียด ได้แก่ Target Re-entry (TRE), Task Axis Crossing (TAC), Movement Direction Change (MDC), Orthogonal Direction Change (ODC), Movement Variability (MV), Movement Error (ME) และ Movement Offset (MO) ซึ่งช่วยอธิบายลักษณะความแม่นยำที่ไม่สามารถระบุได้จากเพียงตำแหน่งสุดท้ายของตัวชี้ (Endpoint Accuracy) เพียงอย่างเดียวพร้อมทั้งวิเคราะห์เปรียบเทียบผลลัพธ์ด้วยวิธีการเชิงสถิติเพื่อยืนยันนัยสำคัญของผลการทดลอง ผลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้มีเป้าหมายเพื่อเสนอหลักฐานเชิงประจักษ์ว่าการใช้แผ่นรองเมาส์ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการใช้งานจริงหรือไม่ และผลการศึกษานี้อาจเป็นประโยชน์ต่อทั้งการออกแบบพื้นที่ทำงาน การเลือกใช้อุปกรณ์ และการให้คำแนะนำเชิงวิศวกรรมในด้านปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. กฎของฟิตส์ (Fitts' Law)

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้ได้ประยุกต์ใช้ กฎของฟิตส์ (Fitts' Law) ซึ่งเป็นทฤษฎีที่ใช้อธิบายพฤติกรรมการเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง โดยประสิทธิภาพในการทำงานจะขึ้นอยู่กับระยะห่าง (A) และความกว้างของเป้าหมาย (W) ตามสมการที่ (1)

$$ID = log_2(\frac{A}{W} + 1) \quad (1)$$

โดยที่ ID คือ ดัชนีความยาก (Index of Difficulty)

A คือ ระยะทางจากจุดเริ่มต้นถึงเป้าหมาย (Distance)

W คือ ความกว้างของเป้าหมาย (Width)

ในสถานการณ์จริง ผู้เข้าร่วมทดสอบอาจไม่ได้กดตรงศูนย์กลางเป้าหมายเสมอไป จึงต้องคำนวณค่าความกว้างเป้าหมายที่แท้จริง (Effective Target Width: We) เพื่อสะท้อนความแปรปรวนในการกดเป้าหมาย ดังสมการที่ (2)

$$\mathrm{W_e} = 4.133 \times \mathrm{SD}_x \qquad (2)$$

โดยที่ W_e คือ ความกว้างของเป้าหมายที่แท้จริง (Effective Width) คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตำแหน่งที่ผู้ทดสอบกดเมื่อได้ค่า $\mathrm{W_e}$ แล้ว จะคำนวณค่าดัชนีความยากที่แท้จริง (IDe) ตามสมการ (3)

$$ID_e = log_2(\frac{A}{\mathrm{W_e}} + 1) \quad (3)$$

โดยระยะเวลาในการเคลื่อนที่ (Movement Time: MT) มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับ ID_e ตามสมการ

$$MT = a + b \cdot ID_e \qquad (4)$$

โดยที่ a คือ ค่าคงที่ (intercept)

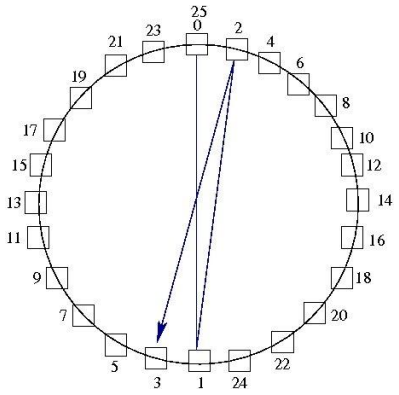
b คือ ความชัน (slope) ของสมการถดถอย

และสุดท้าย ความสามารถในการดำเนินงาน (Throughput: TP) จะคำนวณได้จากสมการ (5)

$$TP = \frac{ID_e}{MT} \qquad (5)$$

2. มาตรฐาน ISO 9241-9:2000 (ISO 9241-400:2007)

การทดสอบในงานวิจัยนี้ดำเนินการภายใต้มาตรฐาน ISO 9241-9 ซึ่งกำหนดแนวทางการประเมินอุปกรณ์นำเข้าข้อมูลที่ไม่ใช่แป้นพิมพ์ เช่น เมาส์ แทร็คบอล และปากกาสไตลัส โดยใช้รูปแบบการทดสอบแบบ Multi-directional pointing task ซึ่งผู้เข้าทดสอบจะต้องคลิกเป้าหมายที่จัดเรียงตามแนววงกลมจำนวน 25 ตำแหน่ง (ดังภาพที่ 1) โดยการคลิกเป้าหมายจะเป็นแบบ Point and Click กล่าวคือ ไม่สนใจเส้นทางการเคลื่อนที่ แต่เน้นวัดระยะเวลาและความแม่นยำในการกดที่เป้าหมายเท่านั้น



ภาพที่ 1 Multi-directional Pointing Task (ที่มา: Götzen, Serafin, & Kojs, 2004)

ทั้งนี้ระยะห่างระหว่างเป้าหมาย (A) และความกว้างของเป้าหมาย (W) จะถูกปรับเปลี่ยนไปตามค่าดัชนีความยาก (Index of Difficulty: ID) ที่กำหนดไว้ล่วงหน้า และการกำหนดระดับความยากจะอ้างอิงตามมาตรฐาน ISO 9241-411:2012 ซึ่งแบ่งระดับความยากออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ สูง ปานกลาง ต่ำ และต่ำมาก เพื่อให้ครอบคลุมช่วงความยากอย่างเหมาะสมในการประเมินสมรรถนะการใช้งานอุปกรณ์โดยระยะห่าง (D) และขนาดของเป้าหมาย (W) จะเปลี่ยนไปตามดัชนีความยาก ผู้ทดสอบจะ Point and Click ยังเป้าหมายตามลาดับในภาพที่ 2 ไปจนครบ 25 ครั้ง การกาหนดระดับความยากอ้างอิงตาม มาตรฐาน ISO 9241-411:2012 ที่แบ่งดัชนีความยากออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่

1) C1, ระดับสูง (High) ค่า ID > 6

2) C2, ระดับปานกลาง (Medium) ค่า 4 < ID < 6

3) C3, ระดับต่า (Low) ค่า 3 < ID < 4

4) C4, ระดับต่ามาก (Very Low) ค่า ID < 3

ภูมิ และ ภัทรพร (2555) ได้เสนอแนะว่าค่าดัชนีความยาก (ID) ควรอยู่ในช่วงระหว่าง 2–6 บิท เพื่อให้ครอบคลุมระดับความยากทั้ง 4 ระดับ และหลีกเลี่ยงการทดสอบที่ง่ายเกินไป (ID < 2) หรือยากเกินไป (ID > 6) ดังนั้น ในการศึกษานี้ ผู้วิจัยจึงได้กำหนดระยะห่าง (A) และขนาดของเป้าหมาย (W) ตามเงื่อนไขที่แสดงในตารางที่ 1 โดยคำนวณค่าดัชนีความยากจากสมการ (1) เพื่อให้ได้ค่าที่อยู่ภายในช่วงดังกล่าว ครอบคลุมทั้งหมด 9 เงื่อนไข ดังแสดงในตารางต่อไป

ตาราง 1 ค่าดัชนีความยาก

A (pixel)	W (pixel)	ID (bit)
160	50	2.07
160	30	2.66
320	50	2.89
320	30	3.54
640	50	3.79
160	10	4.09
640	30	4.48
320	10	5.04
640	10	6.02

3. อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

1) เมาส์แบบ Optical Sensor รุ่นเดียวกัน จำนวน 1 ตัว
2) แผ่นรองเมาส์ชนิด Speed และโต๊ะพื้นผิวเรียบ โดยการทดลองประกอบด้วย 2 เงื่อนไข คือ การใช้เมาส์ ร่วมกับแผ่นรองเมาส์ การใช้เมาส์ บนพื้นโต๊ะโดยไม่ใช้แผ่นรองเมาส์โดยผู้เข้าร่วมทำการทดสอบทั้งสองเงื่อนไข เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบผลได้ภายใต้การควบคุมตัวแปรภายใน
3) โปรแกรม FittsTaskTwo ซึ่งเป็นโปแกรมวัดความเคลื่อนไหวตากฎของฟิตต์ และแนวทางการประเมิน ISO 9241-9

4. การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล

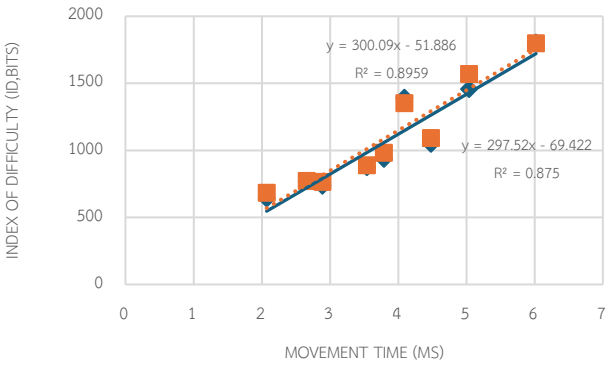
การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลในครั้งนี้ดำเนินการโดยใช้อาสาสมัครจำนวน 11 คน ซึ่งเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ อายุระหว่าง 20–22 ปี ทุกคนถนัดมือขวาและมีประสบการณ์ใช้งานเมาส์ไม่น้อยกว่า 5 ปี รูปแบบการทดสอบเป็นแบบ Within-subjects design โดยผู้เข้าร่วมแต่ละรายจะทำการทดสอบเมาส์ทั้งสองเงื่อนไข ได้แก่ การใช้เมาส์บนพื้นโต๊ะโดยไม่มีแผ่นรองเมาส์ และการใช้ร่วมกับแผ่นรองเมาส์ โดยในแต่ละเงื่อนไขจะคลิกเป้าหมายจำนวน 25 ครั้งต่อค่าดัชนีความยาก (Index of Difficulty: ID) ทั้งหมด 9 ระดับ

โปรแกรมที่ใช้ในการทดสอบจะบันทึกข้อมูลระยะเวลาในการเคลื่อนที่ (Movement Time: MT) และตัวชี้วัดด้านความแม่นยำ ได้แก่ Movement Variability (MV), Movement Error (ME), Movement Offset (MO), Target Re-entry (TRE), Task Axis Crossing (TAC), Movement Direction Change (MDC) และ Orthogonal Direction Change (ODC)

หลังการเก็บข้อมูล จะนำค่าภายใต้แต่ละระดับของ ID มาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของ MT และใช้การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) เพื่อประเมินความสัมพันธ์ระหว่าง MT กับ ID นอกจากนี้ยังเปรียบเทียบค่าความแม่นยำระหว่างเงื่อนไขมีและไม่มีแผ่นรองเมาส์ เพื่อประเมินผลต่อคุณภาพการควบคุมและความเสถียรในการเคลื่อนที่ของตัวชี้อย่างครอบคลุม

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิเคราะห์ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ (Movement Time: MT) ภายใต้เงื่อนไขการใช้งานเมาส์ที่แตกต่างกันพบว่าการใช้แผ่นรองเมาส์ส่งผลให้ระยะเวลาเฉลี่ยในการเคลื่อนที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใช้แผ่นรองเมาส์ โดยในกรณีที่ไม่มีแผ่นรองเมาส์มีค่า MT เฉลี่ยเท่ากับ 1101.12 มิลลิวินาที ขณะที่กรณีที่มีแผ่นรองเมาส์มีค่า MT เฉลี่ยลดลงเหลือ 1073.73 มิลลิวินาที จะเห็นได้ว่าการการมีแผ่นรองเมาส์นั้นจะมีประสิทธิภาพดีกว่าถึงร้อยละ 2.5 ผลลัพธ์ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าแผ่นรองเมาส์มีบทบาทในการช่วยลดระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของเมาส์ได้อย่างมีนัยสำคัญเชิงปฏิบัติ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดด้านการยศาสตร์ที่ระบุว่าพื้นผิวที่เหมาะสมสามารถส่งเสริมประสิทธิภาพของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งได้ โดยจากการวิเคราะห์ข้อมูลผ่าน โดยใช้ค่าดัชนีความยากเป็นตัวแปรอิสระ และเวลาในการเคลื่อนที่ เป็นตัวแปรตาม จากนั้นวิเคราะห์ผลโดยสมการถดถอยเชิงเส้นพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การทำนาย (R^2) ของการใช้แผ่นรองเมาส์และไม่ใช่แผ่นรองเมาส์เท่ากับ 0.8959 และ 0.8750 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าร้อยละ 80 และเมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์ความชันมาเปรียบเทียบพบว่ากรณีใช้แผ่นรองเมาส์มีค่าสัมประสิทธิ์ความชันที่ 297.52 ซึ่งต่ำกว่ากรณีที่ไม่ใช้แผ่นรองเมาส์ที่ 300.09 เพียงเล็กน้อย สรุปได้ว่า งานที่มีดัชนีความยากที่มากขึ้นแผ่นรองเมาส์ส่งผลเพียงเล็กน้อยต้องการทำงาน ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่ (MT) กับดัชนีความยาก (ID) ระหว่างการมีและไม่มีแผ่นรองเมาส์

จากผลการวิเคราะห์พบว่า ค่า Movement Variability (MV), Movement Error (ME), Target Re-entry (TRE), Task Axis Crossing (TAC), Movement Direction Changes (MDC) และ Orthogonal Direction Changes (ODC) ในทั้งสองเงื่อนไขมีค่าที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญมากนัก อย่างไรก็ตาม โดยภาพรวมจะเห็นได้ว่าค่าที่ได้จากเงื่อนไขการใช้แผ่นรองเมาส์มีแนวโน้มต่ำกว่ากรณีที่ไม่ใช้แผ่นรองเมาส์ในทุกตัวแปร ความหมายของค่าที่ต่ำกว่าคือ มีความแม่นยำในการควบคุมการเคลื่อนที่ของเมาส์ได้ดีกว่า ซึ่งสอดคล้องกับหลักการที่ว่า ค่าความผิดพลาดยิ่งน้อยยิ่งสะท้อนถึงประสิทธิภาพที่สูงขึ้นในการควบคุมทิศทางและความแม่นยำของผู้ใช้ โดยตัวแปรที่แสดงความแตกต่างได้ชัดเจนที่สุดคือ Movement Offset (MO) โดยในกรณีที่ใช้แผ่นรองเมาส์ ค่า MO ต่ำกว่ากรณีที่ไม่ใช้แผ่นรองเมาส์อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสะท้อนว่าผู้ใช้งานสามารถขยับเมาส์เข้าใกล้ศูนย์กลางของเป้าหมายได้แม่นยำมากยิ่งขึ้น การมีแผ่นรองเมาส์จึงมีบทบาทสำคัญในการเสริมสร้างความแม่นยำในการชี้ตำแหน่ง และทำให้การเคลื่อนที่ของเคอร์เซอร์มีความตรงเป้าหมายและมีเสถียรภาพมากยิ่งขึ้นดังแสดงในตารางที่ 2

ตาราง 2 เปรียบเทียบความแม่นยำระหว่างการมีแผ่นรองเมาส์และไม่มีแผ่นรองเมาส์

	ไม่มีแผ่นรองเมาส์	มีแผ่นรองเมาส์
MV	10.644	10.765
ME	12.146	12.198
MO	0.615	0.120
TRE	0.038	0.035
TAC	0.467	0.433
MDC	1.640	1.592
ODC	0.736	0.751

ผลการทดลองพบว่าการใช้แผ่นรองเมาส์ช่วยลดระยะเวลาในการเคลื่อนที่ (Movement Time: MT) โดยมีค่าเฉลี่ยลดลงจาก 1101.12 มิลลิวินาทีเป็น 1073.73 มิลลิวินาที ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดที่ว่าพื้นผิวที่เหมาะสมสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งได้ นอกจากนี้ การวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นระหว่างค่าดัชนีความยาก (ID) และ MT พบว่าการใช้แผ่นรองเมาส์ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ความชันต่ำกว่า สะท้อนว่าความยากของงานส่งผลต่อเวลาน้อยลงเมื่อมีแผ่นรองเมาส์ ด้านความแม่นยำพบว่าค่าความผิดพลาด เช่น MV, ME, TRE, TAC, MDC และ ODC ในเงื่อนไขที่มีแผ่นรองมีแนวโน้มต่ำกว่า แม้ความแตกต่างโดยรวมจะไม่เด่นชัด แต่ค่า Movement Offset (MO) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ แสดงถึงความสามารถในการควบคุมเคอร์เซอร์ให้ตรงเป้าหมายได้ดีขึ้น การใช้แผ่นรองเมาส์จึงมีส่วนช่วยเสริมทั้งความเร็วและความแม่นยำในการใช้งานเมาส์อย่างชัดเจน

สรุปผลการวิจัย

1. การใช้แผ่นรองเมาส์ช่วยลดระยะเวลาในการเคลื่อนที่ (Movement Time: MT) เมื่อเทียบกับการไม่ใช้แผ่นรองเมาส์ โดย MT เฉลี่ยลดลงจาก 1101.12 มิลลิวินาทีเหลือ 1073.73 มิลลิวินาที

2. ค่าสัมประสิทธิ์ความชันจากการถดถอยเชิงเส้นระหว่างดัชนีความยาก (ID) และ MT ของกรณีมีแผ่นรองเมาส์ต่ำกว่ากรณีไม่มีแผ่นรองเมาส์ แสดงว่าความยากของงานมีผลกระทบน้อยลงเมื่อใช้แผ่นรองเมาส์

3. ด้านความแม่นยำ ค่า MV, ME, TRE, TAC, MDC และ ODC มีแนวโน้มต่ำกว่ากรณีไม่มีแผ่นรองเมาส์ สะท้อนถึงการควบคุมการเคลื่อนที่ที่เสถียรและแม่นยำขึ้น

4. ตัวแปร Movement Offset (MO) มีความแตกต่างอย่างชัดเจน โดยค่า MO ในกรณีมีแผ่นรองเมาส์ต่ำกว่ากรณีไม่มีแผ่นรองอย่างมีนัยสำคัญ แสดงถึงความสามารถในการขยับเมาส์ได้ใกล้ศูนย์กลางเป้าหมายมากกว่า

5. การใช้แผ่นรองเมาส์ส่งเสริมทั้งประสิทธิภาพการทำงานและความแม่นยำในการควบคุมอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง

อ้างอิง

ภูมิ เหลืองจามีกร และ ภัทรพร เกียรติธรรม. (2555). การประเมินสมรรถนะการใช้งานเมาส์การยศาสตร์สำหรับงานชี้ตำแหน่ง. ใน เอกสารสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการเครือข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ (หน้า 635–642). ชะอำ เพชรบุรี.

ภัทรพร เกียรติธรรม และ ภูมิ เหลืองจามีกร. (2554). ผลกระทบของน้ำหนักเมาส์ที่มีต่อความเร็วและความแม่นยำของการชี้ตำแหน่ง. ใน เอกสารสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการเครือข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ (หน้า 509–512). ชะอำ เพชรบุรี.

Fitts, P. M. (1954). The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. Journal of Experimental Psychology, 47(6), 381–391. https://doi.org/10.1037/h0055392

Götzen, Amalia & Serafin, Stefania & Kojs, J. (2004). Fitts'law in an audio perspective. 29-32. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Amalia-Goetzen/publication/236268051

International Standard Organization (ISO). ISO 9241-9 Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) - Part 9: Requirement for non-keyboard input devices. First Edition. Geneva Switzerland; 2000.

MacKenzie, I. S., Kauppinen, T., & Silfverberg, M. (2001). Accuracy measures for evaluating computer pointing devices. In Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2001) (pp. 9–16). New York, NY: ACM. https://doi.org/10.1145/365024.365028

MacKenzie, I. S. (2013). Human-computer interaction: An empirical research perspective. Amsterdam, Netherlands: Elsevier.

Wright, R., & Lee, P. (2013). An evaluation of surface material on pointing device performance. International Journal of Human-Computer Studies, 71(7–8), 663–672. https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2013.02.004

Zhai, S., Kong, J., & Ren, X. (2004). Speed-accuracy tradeoff in Fitts' law tasks—On the equivalency of actual and nominal pointing precision. International Journal of Human-Computer Studies, 61(6), 823–856. https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2004.09.007

O 13

การประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากวัสดุธรรมชาติ เพื่อใช้เป็นสารดูดกลืนแสงในเซลล์แสงอาทิตย์

กีรติ สุขกาย[1]* ณัทกานณ์ ยิ่งดำนุ่น[2] และนางสาวศรันยา หวังดี[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง (DSSC) โดยใช้สารสกัดจากพืชธรรมชาติ ได้แก่ ผลมะเกลือ เปลือกลำต้นตะบูนดำ ดอกอัญชัน ขมิ้น และใบเตย เป็นแหล่งของสีย้อม ซึ่งสกัดด้วยเอทานอล และศึกษาความสามารถในการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Visible Spectrophotometer ผลการทดลองพบว่าสารสกัดจากผลมะเกลือมีช่วงการดูดกลืนแสงกว้างที่สุด (400–700 นาโนเมตร) ครอบคลุมแสงที่ตามองเห็นได้ทั้งหมด และให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ 0.97 ที่อัตราส่วน 18:100 g/mL (ผลมะเกลือ:เอทานอล) ในขณะที่อัตราส่วนต่ำสุดให้ค่าเพียง 0.62 แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของสารสกัดมีผลต่อประสิทธิภาพของการดูดกลืนแสง สำหรับสารละลายอิเล็กโทรไลต์ พบว่าอัตราส่วนโพแทสเซียมไอโอไดด์ต่อไอโอดีน 18:10 g/mL ให้ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงสุดที่ 0.74 V ซึ่งสูงกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ทั่วไปที่ใช้สีย้อมสังเคราะห์ (0.68 V) คิดเป็นการเพิ่มขึ้น 8.82% นอกจากนี้ เซลล์แสงอาทิตย์จากผลมะเกลือยังสามารถเก็บประจุไฟฟ้าได้นานกว่า แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของสารสกัดจากพืชธรรมชาติ โดยเฉพาะผลมะเกลือ ในการเป็นทางเลือกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ได้อย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากวัสดุธรรมชาติ สารสีย้อมไวแสง ขั้วเวิร์คกิ้ง ขั้วเคาน์เตอร์ สารละลายอิเล็กโทรไลต์

[1] นักเรียน, โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย กระบี่, จังหวัดกระบี่, 81120

[2] นักเรียน, โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย กระบี่, จังหวัดกระบี่, 81120

[3] นักเรียน, โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย กระบี่, จังหวัดกระบี่, 81120

[1] Students, Kanchanapisekwittayalai Krabi, Krabi province, 81120

[2] Students, Kanchanapisekwittayalai Krabi, Krabi province, 81120

[3] Students, Kanchanapisekwittayalai Krabi, Krabi province, 81120

*Corresponding Author: E-mail: Keerati.bon@gmail.com, Tel: 0821512747

The Fabrication of Dye-Sensitized Solar Cells from Natural Materials as Light-Absorbing Agents in Solar Cells

Keerati Sukkai[1], Nattakan Yingdumnun[2] and Saranya Hwangdee[3]

Abstract

This research aimed to develop dye-sensitized solar cells (DSSCs) using natural plant extracts as light-absorbing agents. The selected plants included ebony fruit, black mangrove bark, butterfly pea flower, turmeric, and pandan leaf. The dye was extracted using ethanol and analyzed for light absorption capability using a UV-Visible Spectrophotometer.

The results showed that the extract from ebony fruit exhibited the broadest absorption range (400–700 nanometers), covering the entire visible spectrum. It also recorded the highest absorbance value of 0.97 at a concentration ratio of 18:100 g/mL (ebony fruit:ethanol), whereas the lowest concentration ratio of 10:100 g/mL yielded an absorbance of only 0.62. This indicates that dye concentration significantly affects light absorption efficiency.

For the electrolyte solution, a potassium iodide to iodine ratio of 18:10 g/mL provided the highest voltage output at 0.74 V, which is higher than that of conventional DSSCs using synthetic dyes (0.68 V), representing an 8.82% increase. Additionally, the DSSCs made from ebony fruit extract demonstrated longer charge retention compared to standard solar cells. These findings highlight the potential of natural plant extracts, particularly ebony fruit, as eco-friendly and efficient alternatives for dye-sensitized solar cell applications.

Keywords: natural dye-sensitized solar cell, dye sensitizer, working electrode, counter electrode, electrolyte solution

บทนำ

พลังงานแสงอาทิตย์มีบทบาทสำคัญในการผลิตไฟฟ้าในประเทศไทย เนื่องจากประเทศตั้งอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร จึงได้รับแสงแดดตลอดปี โดยมีค่าเฉลี่ยความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ที่สูงถึง 18.0 เมกกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน (หรือ 5.0 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อวัน) ซึ่งสูงเมื่อเทียบกับหลายประเทศ การใช้เทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์ในการผลิตไฟฟ้ามีข้อดีหลายประการ เช่น ใช้แสงแดดที่มีอยู่อย่างไม่จำกัด, สามารถเปลี่ยนแสงเป็นไฟฟ้าได้ถึง 15-40% และมีอายุการใช้งานยาวนาน 10-20 ปี (กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2558) โดยไม่สร้างมลพิษและช่วยประหยัดทรัพยากรธรรมชาติ 1) ใช้แสงแดดจากดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงาน ได้ซึ่งมีอยู่อย่างไม่จำกัด 2) มีสมรรถนะสามารถเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นกระแสไฟฟ้าตรงได้สูงถึง 15- 40 เปอร์เซ็นต์ 3) มีความเสถียรภาพการใช้งานยาวนานและยังมีประสิทธิภาพสูงยาวนานมากกว่า 10 - 20 ปี การใช้พลังงานโซลาร์เซลล์ช่วยให้เกิดการประหยัดพลังงานและ ค่าใช้จ่าย ไม่สร้างมลพิษ เป็นมิตรกับสิงแวดล้อม รวมทังช่วยประหยัดทรัพยากรธรรมชาติ (จฑาพัฒน์ ธิโสภา, 2562)

เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง (Dye-Sensitized Solar Cells) ถูกพัฒนาโดย M. Gratzel ในปี 1991 ซึ่งมีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน คือ ขั้วเวิร์คกิ้ง, ขั้วเคาน์เตอร์, และสารละลายอิเล็กโทรไลต์ โดยการทำงานของเซลล์นี้จะใช้สารสีย้อมไวแสงดูดกลืนแสงและเปลี่ยนเป็นกระแสไฟฟ้าได้ประสิทธิภาพสูงสุดถึง 15% (ธนชัย พลเคน และอภิสิทธิ์ เกียรติเจริญ, 2561).

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง โดยมุ่งเน้นพัฒนาในส่วนของสารสีย้อมไวแสงที่สามารถสกัดจากวัสดุธรรมชาติ โดยวัสดุธรรมชาติที่เลือกใช้ ได้แก่ 1.) ผลมะเกลือ 2.)เปลือกลำต้นตะบูนดำ 3.)ดอกอัญชัน 4.) ขมิ้น 5.)ใบเตย

วิธีดำเนินการวิจัย

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

1) ผลมะเกลือ
2) เปลือกลำต้นตะบูนดำ
3) ดอกอัญชัน
4) เอทานอล (ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์)
5) สารละลายไอโอดีน 1 เปอร์เซ็นต์
6) สารละลายอิเล็กโทรไลต์
7) ไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2)
8) โพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI)
9) กรดอะซิติก
10) เครื่องบดขึ้นงานให้ละเอียด
11) ปีกเกอร์ ขนาด 250 ml และขนาด 100 ml
12) ตาชั่ง
13) กระจกหนา 3 มิลลิเมตร
14) คลิปหนีบกระดาษ
15) กระดาษกรอง
16) ขวดสีขา ขนาด 60 มิลลิลิตร
17) หลอดหยด
18) Uv-visible Spectrophotometer
29) เครื่องมัลติมิเตอร์
20) ตู้อบลมร้อน memmert un55
21) แห่งแก้วคนสาร
22) สก๊อตเทป
23) ดินสอไม้กอล์ฟ
24) ช้อนคนสาร
25) Hot plate
26) กระดาษทราย
27) แผ่นทองแดง

ตอนที่ 1 การสกัดสารสีย้อมไวแสงจากผลมะเกลือ เปลือกลำต้นตะบูนดำ ดอกอัญชัน ขมิ้น และใบเตย

1. ใช้วัสดุธรรมชาติผลมะเกลือ, เปลือกลำต้นตะบูนดำ, ดอกอัญชัน, ขมิ้น, ใบเตย
2. อบแห้งที่ 60–100°C นาน 3 วัน จนน้ำระเหยหมด
3. หั่นหรือบดเป็นชิ้นเล็ก แช่ใน เอทานอล 3 วัน
4. สกัดโดยใช้ 10 กรัมผง ต่อ เอทานอล 100 มล. แช่ 24 นาที
5. วิเคราะห์ด้วยเครื่อง UV-Visible Spectrophotometer เพื่อดูการดูดกลืนแสง

ตอนที่ 2 การศึกษาอัตราส่วนของสารสกัดย้อมไวแสงจากผลมะเกลือ และอัตราส่วนของสารละลายอิเล็กโทรไลต์

2.1 ศึกษาอัตราส่วนของสารสกัดย้อมไวแสงจากผลมะเกลือ

1. การสกัดสารสีย้อมไวแสงจากผลมะเกลือโดยใช้อัตราส่วนผลมะเกลือและเอทานอลเป็น 10:100, 12:100, 14:100, 16:100 และ 18:100 (กรัม:มิลลิลิตร) โดยมีขั้นตอนดังนี้
2. นำผลมะเกลือไปอบโดยใช้อุณหภูมิ 60-100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 วันหรือจนกว่าน้ำของพืชออกจนหมด
3. เมื่อแห้งแล้วนำมาบดเป็นผงละเอียด แล้วนำไปร่อน ในตะแกรงเพื่อให้ได้ผงวัสดุธรรมชาติที่มีขนาดเท่ากัน
4. นำผงละเอียดที่ได้จากข้อ 3 แต่ละชนิดผสมเอทานอล ด้วยอัตราส่วนของสารผง 10 12 14 16 และ 18 กรัม ต่อเอทานอล 100 มิลลิลิตร ผสมโดยวิธีแช่ เป็นเวลา 24 นาที นำสารละลายสีย้อมไวแสงที่สกัดได้จาก ผลมะเกลือ ไปวิเคราะห์สมบัติเชิงแสงคือดูลักษณะการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นต่างๆ ด้วยยูวีวีสีเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (UV-visible Spectrophotometer)

2.2 ศึกษาอัตราส่วนของสารละลายอิเล็กโทรไลต์

1. การเตรียมสารละลายอิเล็กโทรไลต์โดยใช้อัตราส่วนโพแทสเซียมไอโอไดด์และสารละลายไอโอดีนเป็น 10:10, 12:10 และ 14:10 (กรัม:มิลลิลิตร) หรือ 10:8, 10:10, 10:12 และ 10:14 โดยขั้นตอนดังนี้
2. นำโพแทสเซียมไอโอไดด์ ผสมด้วยด้วยสารละลายไอโอดีนโดยใช้อัตราส่วนโพแทสเซียมไอโอไดด์ 10 12 และ 14 กรัม ต่อสารละลายไอโอดีน 10 มิลลิตร และผสมสารให้เข้ากัน
3. การเตรียมขั้วไฟฟ้าสารกึ่งตัวนำ

ตอนที่ 3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเก็บประจุไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์จากผลมะเกลือ และเซลล์แสงอาทิตย์ทั่วไป

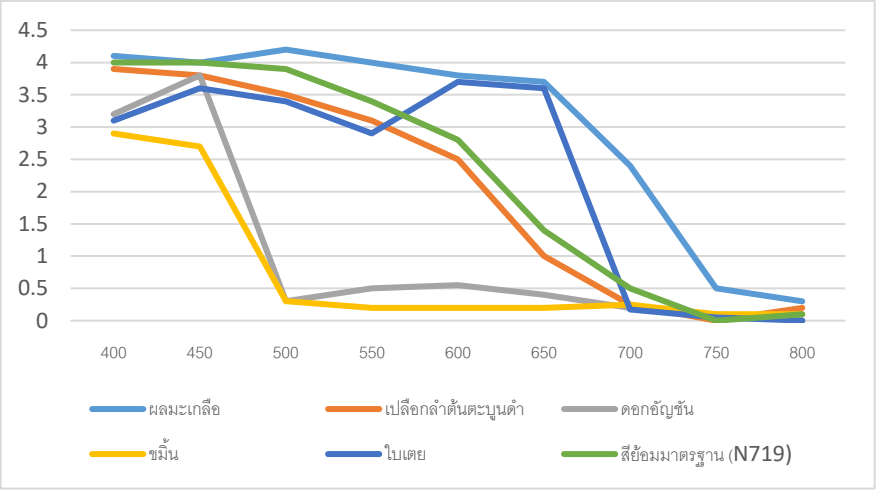
1. นำเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีอัตราส่วนของสารสกัดย้อมไวแสงจากผลมะเกลือและสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่เหมาะสม และเซลล์แสงอาทิตย์ทั่วไปที่มีขนาดเท่ากัน ต่อกับนำแผงวงจรที่ดัดแปลงแล้วเชื่อมต่อกับเซลล์แสงอาทิตย์และตัวเก็บประจุไฟฟ้า
2. นำเซลล์แสงอาทิตย์จากข้อ 1 ไปรับแสงอาทิตย์ 3 ชั่วโมง(9.00 – 12.00 น.)
3. วัดประจุไฟฟ้าด้วยเครื่อง LCR Meter บันทึกผล
4. เปรียบเทียบประสิทธิภาพโดยใช้สูตร

$$\text{ประสิทธิภาพ } (Efficiency) = \frac{\text{พลังงานที่ใช้ได้จริง } (Output\ Energy)}{\text{พลังงานที่ใช้ทั้งหมด } (Input\ Energy)} \times 100$$

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ตอนที่ 1 การสกัดสารสีย้อมไวแสงจากผลมะเกลือ เปลือกลำต้นตะบูนดำ ดอกอัญชัน ขมิ้น และใบเตย

จากการนำผงจากผลมะเกลือ เปลือกลำต้นตะบูนดำ ดอกอัญชัน ขมิ้น และใบเตย ผสมในเอทานอล ได้สารละลายสีย้อมไวแสง นำไปวิเคราะห์สมบัติเชิงแสงคือดูลักษณะการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นต่างๆ ด้วยยูวีวีสีเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ได้ผลการทดสอบแสดงดังภาพท



จากกกรเปรียบเทียบการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นต่างๆ ด้วยยูวีวีสีเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (UV-vis spectrophotometer) ผลการทดลองพบว่า สารสีย้อมไวแสงที่สกัดจากผลมะเกลือ สามารถดูดกลืนแสงได้ดีที่สุดในช่วงความยาวคลื่นเดียวกัน เท่ากับ 400 - 700 nm เมื่อเทียบกับสีย้อมมาตรฐาน (N719) ประมาณ 0.75 ถึง 3.25 Abs เปลือกต้นตะบูนดำมีค่าการดูดกลืนแสงในช่วง 460 - 580 nm ดอกอัญชันมีค่าการดูดกลืนแสงในช่วง 570 - 610 nm ขมิ้นมีค่าการดูดกลืนแสงในช่วง 420 - 460 nm ใบเตยมีค่าการดูดกลืนแสงในช่วง 430 - 460 nm ซึ่งลักษณะของสารสีย้อมสกัดจากผลมะเกลือมีสีดำอาจจะได้สารสีย้อมไวแสงที่มีค่าพลังงานมากได้

ตอนที่ 2 การศึกษาอัตราส่วนของสารสกัดย้อมไวแสงจากผลมะเกลือ และอัตราส่วนของสารละลายอิเล็กโทรไลต์

การศึกษาค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของสารสกัดย้อมไวแสงจากผลมะเกลือ และอัตราส่วนของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ โดยใช้อัตราส่วนผลมะเกลือและเอทานอลเป็น 10:100, 12:100, 14:100, 16:100 และ 18:100 (กรัม:มิลลิลิตร) ได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ศึกษาสารละลายสีย้อมไวแสงที่สกัดได้จากผลมะเกลือ นำไปวิเคราะห์สมบัติเชิงแสงคือดูลักษณะการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นต่างๆ ด้วยยูวีวีสีเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (UV-visible Spectrophotometer

สัดส่วนของผลมะเกลือ:เอทานอล (g:Ml)	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)
10:100	0.62
12:100	0.75
14:100	0.83
16:100	0.93
18:100	0.97

จากการทดลองพบว่า การเพิ่มอัตราส่วนของผลมะเกลือต่อเอทานอลช่วยเพิ่มค่าการดูดกลืนแสงอย่างมีนัยสำคัญ โดยอัตราส่วน 18:100 g:mL ให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ 0.97 Abs ขณะที่อัตราส่วนต่ำสุดที่ 10:100 g:mL ให้ค่าเพียง 0.62 Abs แสดงให้เห็นว่า การเพิ่มปริมาณผลมะเกลือสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการดูดกลืนแสงของสารสีย้อมไวแสงได้ ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ในทางบวก

ตารางที่ 2 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ในอัตราส่วนต่างกัน ของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่ผสมโพแทสเซียมไอโอไดด์และสารละลายไอโอดีน

สัดส่วนของโพแทสเซียมไอโอไดด์:ไอโอดีน (g:mL)	ค่าต่างศักย์ไฟฟ้า (V)			
	1	2	3	เฉลี่ย
10:10	0.42	0.47	0.46	0.45
12:10	0.51	0.53	0.52	0.52
14:10	0.64	0.58	0.61	0.61
16:10	0.68	0.69	0.67	0.68
18:10	0.71	0.75	0.76	0.74

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การเพิ่มสัดส่วนของโพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) ต่อไอโอดีน (I_2) ส่งผลให้ ค่าศักย์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยสัดส่วน 18:10 g:mL ให้ค่าศักย์ไฟฟ้าสูงสุดที่ 0.74 V จากค่าเริ่มต้นที่ 0.45 V ที่สัดส่วน 10:10 g:mL ซึ่งสะท้อนถึงการนำไฟฟ้าที่ดีขึ้นตามอัตราส่วนของ KI ที่เพิ่มขึ้น และสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าอิเล็กโทรไลต์ที่เหมาะสมจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์

ตอนที่ 3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเก็บประจุไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์จากผลมะเกลือ และเซลล์แสงอาทิตย์ทั่วไป

นำเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีอัตราส่วนของสารสกัดย้อมไวแสงจากผลมะเกลือและสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่เหมาะสม และเซลล์แสงอาทิตย์ทั่วไปที่มีขนาดเท่ากัน ต่อกับนำแผงวงจรที่ดัดแปลงแล้วเชื่อมต่อกับเซลล์แสงอาทิตย์และตัวเก็บประจุไฟฟ้า บันทึกผลและใช้สูตร ได้ผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเก็บประจุไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์จากผลมะเกลือ และเซลล์แสงอาทิตย์ทั่วไป

ตัวแปรทดลอง	ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า (V)
เซลล์แสงอาทิตย์จากผลมะเกลือ	0.74
เซลล์แสงอาทิตย์ทั่วไป	0.68
เปรียบเทียบประสิทธิภาพ (%)	+8.82%

จากการทดลองพบว่า เซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้สารสกัดจากผลมะเกลือ มีค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า 0.74 V ซึ่งสูงกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ทั่วไปที่มีค่า 0.68 V เพิ่มประสิทธิภาพได้ประมาณ 8.82% แสดงให้เห็นว่า สารสีย้อมไวแสงจากผลมะเกลือสามารถเพิ่มความสามารถในการดูดกลืนแสงและแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ดียิ่งขึ้น โดยเฉพาะจากการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นกว้าง จึงช่วยให้เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากขึ้น

อภิปรายผล

จากผลการทดลอง พบว่าสารสีย้อมจาก ผลมะเกลือ มีคุณสมบัติในการดูดกลืนแสงที่ครอบคลุมช่วงความยาวคลื่นกว้างกว่าสารสีย้อมธรรมชาติอื่น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของสารสีดำที่สามารถดูดกลืนแสงได้ในทุกช่วงคลื่น

จากการทดลองผลของอัตราส่วน สารสกัดจากผลมะเกลือ ต่อเอทานอลที่แตกต่างกันแสดงให้เห็นว่า ความเข้มข้นของสารสกัดมีผลต่อค่าการดูดกลืนแสงโดยตรง โดยเมื่อสัดส่วนของสารสกัดเพิ่มขึ้น ค่าการดูดกลืนแสงก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วย

จากการทดลองอิเล็กโทรไลต์ระบุว่า การเพิ่มปริมาณ KI ในอิเล็กโทรไลต์ช่วยเพิ่มค่าศักย์ไฟฟ้า ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์

เมื่อเปรียบเทียบกับเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้สีย้อมมาตรฐาน พบว่า สารสกัดจากผลมะเกลือช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ได้ 8.82% แสดงให้เห็นว่าสามารถนำมาใช้แทนสีย้อมมาตรฐานได้

สรุปผลการวิจัย

ตอนที่ 1 การสกัดสารสีย้อมไวแสงจากผลมะเกลือ เปลือกลำต้นตะบูนดำ ดอกอัญชัน ขมิ้น แลใบเตย

จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง UV-vis spectrophotometer พบว่า สารสกัดจากผลมะเกลือมีประสิทธิภาพในการดูดกลืนแสงดีที่สุด ในช่วงความยาวคลื่น 400–700 nm ซึ่งใกล้เคียงกับช่วงของแสงที่เซลล์แสงอาทิตย์สามารถนำไปใช้ได้มากที่สุด โดยมีค่าการดูดกลืนสูงสุดถึง 3.25 Abs เมื่อเทียบกับวัสดุอื่นๆ เช่น เปลือกตะบูนดำ ดอกอัญชัน ขมิ้น และใบเตย แสดงให้เห็นว่าผลมะเกลือเหมาะสมที่สุดสำหรับใช้เป็นสารสีย้อมไวแสงในเซลล์แสงอาทิตย์ จากวัสดุธรรมชาติ

ตอนที่ 2 การศึกษาอัตราส่วนของสารสกัดย้อมไวแสงจากผลมะเกลือ และอัตราส่วนของสารละลายอิเล็กโทรไลต์

จากการทดลองพบว่า อัตราส่วนของผลมะเกลือต่อเอทานอลที่ 18:100 g:mL ให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงที่สุดที่ 0.97 Abs แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มปริมาณผลมะเกลือช่วยเพิ่มความสามารถในการดูดกลืนแสงได้อย่างมีนัยสำคัญ และจากการศึกษาสัดส่วนของโพแทสเซียมไอโอไดด์ต่อไอโอดีน พบว่า เมื่อเพิ่มสัดส่วนของ KI จะทำให้ค่าศักย์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามลำดับ โดยสัดส่วน 18:10

g:mL ให้ค่าศักย์ไฟฟ้าสูงสุดที่ 0.74 โวลต์ ซึ่งแสดงว่า องค์ประกอบของอิเล็กโทรไลต์มีผลต่อประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์อย่างชัดเจน

ตอนที่ 3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเก็บประจุไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์จากผลมะเกลือ และเซลล์แสงอาทิตย์ทั่วไป

จากการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเก็บประจุไฟฟ้าแสดงให้เห็นว่าเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้สารสกัดจากผลมะเกลือสามารถเก็บประจุไฟฟ้าได้สูงกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ทั่วไป โดยค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้สารสกัดจากผลมะเกลืออยู่ที่ 0.74 โวลต์ ซึ่งสูงกว่าค่าของเซลล์แสงอาทิตย์ทั่วไปที่ 0.68 โวลต์ คิดเป็นการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพประมาณ 8.82%

คำขอบคุณ

คณะผู้จัดทำขอขอบคุณทุกท่านที่ให้ความสนใจและสนับสนุนผลงานวิจัยเรื่องการประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากวัสดุธรรมชาติ เพื่อใช้เป็นสารดูดกลืนแสงในเซลล์แสงอาทิตย์ มา ณ โอกาสนี้ การดำเนินงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องด้วยความร่วมมือจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งสมาชิกในกลุ่ม คุณครูที่ปรึกษา คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ผลงานวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาและการพัฒนาองค์ความรู้ในด้านที่เกี่ยวข้องต่อไป

อ้างอิง

Grätzel, M. (1991). Photoelectrochemical cells. *Nature*, *353*, 737–740. https://doi.org/10.1038/353737a0 (ถ้ามี DOI)

Hao, S., Wu, J., Huang, Y., & Lin, J. (2006). Natural dyes for dye-sensitized solar cell. *Journal of Renewable Energy*.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2558). *การใช้เทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์ในการผลิตไฟฟ้า*.

คงศักดิ์ ปัตตาฤทธิ์. (2561). การใช้สีย้อมจากพืชธรรมชาติในเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง. *โครงงานวิจัยระดับมัธยมศึกษา*.

จุฑาพัฒนา โทสภา. (2562). *การใช้พลังงานโซลาร์เซลล์และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม*.

ดร.อนุชา วรรณสว่าง. (2563). *คู่มือปฏิบัติการเคมีสีและการสกัดจากพืช*. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ธนชัยพล เคน, & อภิสิทธิ์ เกียรติเจริญ. (2561). *การพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง*.

บัวผัน สายแสง. (2556). *เคมีแสงและการนำไปใช้ในเทคโนโลยี*.

พรพิมล โกศลกาญจน์. (2558). การประยุกต์ใช้สารสกัดธรรมชาติในระบบโฟโตโวลตาอิก. *วารสารพลังงานหมุนเวียน*, *14*(2), 77–84.

พิชัย รัตนธรรม. (2561). ปฏิกิริยาโฟโตอิเล็กทริกในเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์. *บทความวิชาการออนไลน์*.

O 14

ระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับบ้านอัจฉริยะ บนแพลตฟอร์ม IoT

ปฐมรัตน์ พงษ์พรม[1]* จตุภัทร ขวัญทอง[2] อารีย์รัตน์ ส่งสกุลวัฒนา[3] และสุมนา เกษมสวัสดิ์[4]

บทคัดย่อ

ปัจจุบันเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาอุปกรณ์อัจฉริยะที่สามารถช่วยเพิ่มความสะดวกสบายและประสิทธิภาพในการใช้พลังงานภายในบ้าน บทความนี้นำเสนอการพัฒนาแอปพลิเคชัน Smart Home ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้สามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านผ่านสมาร์ตโฟน โดยอาศัยการเชื่อมต่อกับระบบอินเทอร์เน็ต เพื่อสั่งงาน เปิด-ปิดอุปกรณ์จากระยะไกล รวมถึงมีฟังก์ชันแจ้งเตือนเมื่อมีการเปิดอุปกรณ์ทิ้งไว้นานเกินกำหนด นอกจากนี้ แอปพลิเคชันยังสามารถเชื่อมต่อกับ Firebase เพื่อบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูลการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้าระบบที่พัฒนาขึ้นช่วยให้สามารถจัดการการใช้พลังงานในบ้านได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดความสิ้นเปลืองพลังงาน และเพิ่มความปลอดภัยให้กับผู้ใช้งาน อย่างไรก็ตาม ยังพบข้อจำกัดที่สำคัญ เช่น การพึ่งพาการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตเป็นหลัก อาจส่งผลต่อการทำงานของระบบในกรณีที่เครือข่ายขัดข้อง นอกจากนี้ การรองรับอุปกรณ์ไฟฟ้าอาจขึ้นอยู่กับมาตรฐานของอุปกรณ์แต่ละประเภท ทำให้ยังมีข้อจำกัดในการใช้งานร่วมกับอุปกรณ์บางชนิด จากการศึกษานี้ พบว่าการพัฒนาแอปพลิเคชัน Smart Home มีศักยภาพในการเพิ่มความสะดวกและความปลอดภัยในการใช้พลังงานภายในบ้าน อย่างไรก็ตาม ควรมีการพัฒนาต่อยอดเพื่อเพิ่มความสามารถในการทำงานแบบออฟไลน์ รวมถึงเพิ่มการรองรับอุปกรณ์ไฟฟ้าหลากหลายประเภท เพื่อให้ระบบสามารถใช้งานได้อย่างครอบคลุมและมีความเสถียรยิ่งขึ้นในอนาคต

คำสำคัญ: Smart Home; Internet of Things (IoT)

[1] นักศึกษา, มหาวิทยาลัยรังสิต ปทุธานี12000

[2] นักศึกษา, มหาวิทยาลัยรังสิต ปทุธานี 12000

[3] อาจารย์ที่ปรึกษา, มหาวิทยาลัยรังสิต ปทุธานี 12000

[4] อาจารย์ที่ปรึกษา, มหาวิทยาลัยรังสิต ปทุธานี 12000

[1] Student, Rangsit University, Pathum Thani 12000

[2] Student, Rangsit University, Pathum Thani 12000

[3] Advisor, Rangsit University, Pathum Thani 12000

[4] Advisor, Rangsit University, Pathum Thani 12000

* Corresponding Author: E-mail :prthomrat.p65@rsu.ac.th

Smart Home Control System based IoT Platform

Prthomrat Pongporm[1], Chatuphat khwanthong[2], Areerat Songsakulwattana[3], and Sumana Kasaemsawas[4]

Abstract

Currently, Internet of Things (IoT) technology is employed to make smart devices which can provide higher convenience and efficiency in terms of energy at home. In this article, development of a smart home application has been presented in which the domestic electrical appliances are controlled by a user using smartphones, utilizing an internet connection for sending commands. Application allows users to remotely turn devices on and off and has a notification system that will alert them if a device has been on for an extended period. The application can also connect to Firebase to log and analyze the usage trend of electrical devices. The system helps to effectively manage domestic energy consumption. Reduce wastage of energy and improve the safety of users. However, there are still significant limitations, such asRelying predominantly on an internet connection can affect the functioning of the system in case of network failure. Furthermore, the compatibility of electrical equipment can vary based on the standards for each category, which can lead to limitations when using some types of equipment. In this study, it was found that the development of Smart Home applications can enhance convenience and safety in home energy consumption. However, further growth is needed to increase offline functions and compatibility with various electrical devices so that the system will be more complete and stable in the future.

Keywords: Smart Home; Internet of Things (IoT); Firebase;

บทนำ

ในปัจจุบัน แนวคิดบ้านอัจฉริยะ (Smart Home) ได้รับความสนใจอย่างมากในประเทศไทย เนื่องจากความต้องการเพิ่มความสะดวกสบายและประหยัดพลังงานในการดำรงชีวิตประจำวัน ข้อมูลจากบทความของ HappySmart ระบุว่าตลาดบ้านอัจฉริยะในประเทศไทยกำลังเติบโตอย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตาม การนำเทคโนโลยีเหล่านี้มาใช้ยังคงมีความท้าทาย เช่น ความเข้ากันได้ระหว่างอุปกรณ์จากผู้ผลิตต่าง ๆ และความซับซ้อนในการใช้งาน งานวิจัยที่ผ่านมาได้ศึกษาเกี่ยวกับการนำเทคโนโลยี (IoT) มาประยุกต์ใช้ในบ้านอัจฉริยะ แต่ยังขาดการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาระบบที่เน้นความง่ายในการใช้งานและความสามารถในการขยายตัวในอนาคต

พื้นที่วิจัยของงานนี้คือประเทศไทย ซึ่งกำลังเผชิญกับการเติบโตของตลาดบ้านอัจฉริยะ กลุ่มเป้าหมายหลักคือผู้บริโภคที่สนใจนำเทคโนโลยีมาใช้ในบ้านเพื่อเพิ่มความสะดวกสบายและประหยัดพลังงาน นักวิจัยมีประสบการณ์ในการพัฒนาระบบ (IoT) และการออกแบบอินเทอร์เฟซผู้ใช้ที่เป็นมิตร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องก่อนหน้านี้ได้สำรวจความต้องการของผู้บริโภคและการนำเทคโนโลยีมาใช้ในบ้านอัจฉริยะ แต่ยังไม่มีการศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับการพัฒนาระบบที่สามารถรองรับการขยายตัวของเทคโนโลยีในอนาคต

1 Smart Home

สมาร์ทโฮมคือการใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ การควบคุม การแสดงผล และการสื่อสารผ่านเครือข่ายของอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในบ้านเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งาน โดยควบคุมระบบอัตโนมัติทั้งหมดและบริหารจัดการได้สะดวกยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังเพิ่มปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้และอุปกรณ์ในสภาพแวดล้อมสมาร์ทโฮมระบบสมาร์ทโฮมในปัจจุบันมักเชื่อมต่อกับเทคโนโลยีเครือข่ายเซนเซอร์แบบไร้สาย ซึ่งช่วยลดต้นทุนการติดตั้งสายไฟ และยังเพิ่มความยืดหยุ่นให้ระบบสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์เพิ่มเติมในอนาคตได้ สถานะของอุปกรณ์สามารถตรวจสอบได้ทุกเวลา ในปัจจุบัน สมาร์ทโฮมช่วยให้เราควบคุมบ้านจากระยะไกลได้ โดยมีฮับสมาร์ทโฮมที่เชื่อมต่อผ่านคลาวด์หรือแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน พร้อมด้วยปัญญาประดิษฐ์ (AI) ที่มีบทบาทสำคัญในสมาร์ทโฮม AI ภายในบ้านสามารถช่วยให้การทำงานประจำวันง่ายขึ้น

2 Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT)ได้รับการพัฒนามาจากแนวคิดที่ว่าอุปกรณ์ต่างๆ ต้องสามารถสื่อสารกันได้อัตโนมัติผ่านทางอินเทอร์เน็ต ซึ่งเป็นที่ชัดเจนว่า IoT กำลังถูกพัฒนาเพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้และสร้างข้อได้เปรียบทางธุรกิจ ระบบสามารถเก็บรวบรวมข้อมูลที่มีคุณค่ามากมาย บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ความเข้าใจที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้นเกี่ยวกับการใช้งานและการประยุกต์ใช้ Internet of Things(IoT) ในหลากหลายสาขา รวมถึงประเด็นด้านความปลอดภัยและข้อควรระวังที่ผู้ใช้ควรทราบผู้ใช้งาน Internet of Things(IoT) สามารถตระหนักถึงประโยชน์ที่ได้รับและพัฒนาความพร้อมในการรับมือกับยุคที่เทคโนโลยีจะมีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันของเราในอนาคตโดยคำว่า"Things"หมายถึงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หลากหลายชนิดที่เข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของเครือข่ายดังกล่าว

3 การทำงานของระบบอัตโนมัติในบ้าน (Home Automation)

Home Automation คือการใช้เทคโนโลยีและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อควบคุมและดำเนินการอุปกรณ์ภายในบ้านโดยอัตโนมัติ ผู้ใช้งานสามารถตั้งค่าและควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้อย่างสะดวกรวดเร็วผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนหรืออุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับระบบบ้าน นอกจากนี้ยังสามารถติดตามสถานะและควบคุมอุปกรณ์จากระยะไกลแม้อยู่ภายนอกบ้าน ระบบ

Home Automation ช่วยเพิ่มความสะดวกสบายและสามารถปรับแต่งให้เหมาะสมกับความต้องการและไลฟ์สไตล์ของผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4 Home Assistant

Home Assistant คือโปรแกรมโอเพนซอร์สที่ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางของระบบสมาร์ทโฮม ช่วยให้ผู้ใช้สามารถรวมอุปกรณ์ IoT หรือสมาร์ทโฮมจากหลายยี่ห้อและระบบเข้าด้วยกัน โดยไม่ต้องใช้คลาวด์ของผู้ผลิต สามารถทำงานได้แม้ไม่มีอินเทอร์เน็ต ตราบใดที่มีสัญญาณ Wi-Fi จากเราเตอร์ในบ้าน Home Assistant ค้นหาและเชื่อมโยงอุปกรณ์ต่างๆ บนเครือข่าย Wi-Fi ให้ทำงานร่วมกันได้ง่าย พร้อมทั้งสามารถออกแบบหน้าจอ Dashboard ตามสไตล์ผู้ใช้.

5.Raspberry Pi

Raspberry Pi เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาดเล็กที่มีขนาดประมาณบัตรเครดิต หรืออีกนัยหนึ่งก็คือคอมพิวเตอร์ขนาดจิ๋วที่อยู่บนแผงวงจรเดียว โดยเฉพาะอย่างยิ่งมันถูกออกแบบมาสำหรับนักเรียนที่สนใจด้านอิเล็กทรอนิกส์และการเขียนโปรแกรม มันเป็นคอมพิวเตอร์ราคาถูกมาก แต่ยังมาพร้อมกับชุดขา GPIO (General Purpose Input Output) ที่ช่วยให้สามารถควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ ได้สำหรับการประมวลผลทางกายภาพ (Physical Computing) และการสำรวจโลกของ Internet of Things (IoT)Raspberry Pi ใช้พลังงานน้อยมากเมื่อเทียบกับคอมพิวเตอร์ทั่วไป และสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่อพ่วงและบอร์ดวงจรอื่นๆ ได้อย่างง่ายดาย มันทำงานด้วยซอฟต์แวร์แบบโอเพ่นซอร์ส และให้นักเรียนมีโอกาสทดลองซอฟต์แวร์ต่างๆ ได้ตามความต้องการของแอปพลิเคชัน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. การเพิ่มความสะดวกสบายและคุณภาพชีวิต
2. การประหยัดพลังงาน การศึกษาวิธีการใช้เทคโนโลยีในการลดการใช้พลังงานภายในบ้าน
3. การเพิ่มความปลอดภัย การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มความปลอดภัยในบ้าน

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้แบ่งออกเป็นขั้นตอนดังนี้:

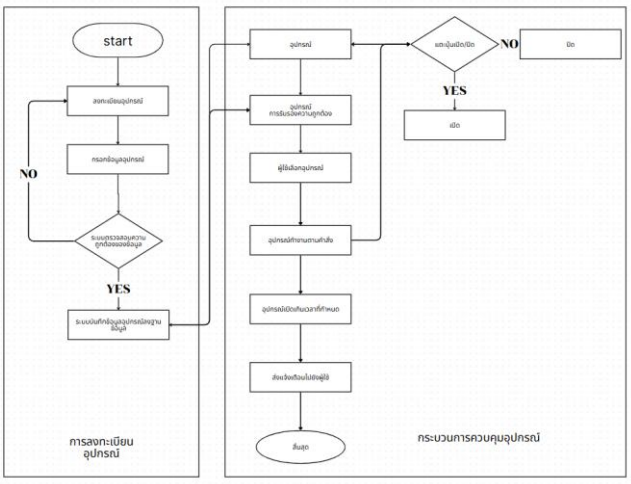
ออกแบบระบบ พัฒนาระบบSmartHomeใช้บอร์ด raspberry pi 5 เชื่อมต่อกับHome Assistant สำหรับควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

พัฒนาแอปพลิเคชันควบคุม พัฒนาแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนด้วย Flutter เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถตั้งเวลาเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าในบ้าน และตรวจสอบสถานะของระบบแบบเรียลไทม์ผ่าน Wi-Fi

ติดตั้งเซ็นเซอร์และระบบควบคุม เชื่อมต่อ Relay เข้ากับบอร์ด raspberry pi 5 เพื่อใช้ควบคุมอุฟกรณ์ไฟฟ้า และใช้สำหรับตั้งเวลาเปิด-ปิดการทำงานของอุปกรณ์อัตโนมัติตามที่ผู้ใช้งานกำหนดผ่านแอปพลิเคชัน

ทดสอบและเก็บข้อมูล ทำการทดสอบระบบโดยตั้งโปรแกรมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าในช่วงเวลาต่าง ๆ เพื่อประเมินความแม่นยำในการทำงานตามเวลาที่กำหนด ความเสถียรของการทำงานของรีเลย์และประสิทธิภาพในการสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์กับแอปพลิเคชันแบบเรียลไทม์ผ่าน Wi-Fi รวมถึงการแจ้งเตือนเมื่อมีการตรวจจับความเคลื่อนไหวหรือผู้บุกรุก

วิเคราะห์ข้อมูลจากการทดสอบเพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบ ทั้งในด้าน ความแม่นยำในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า, ความรวดเร็วในการรับส่งข้อมูลและแจ้งเตือน, รวมถึง ความสะดวกในการใช้งานผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน



ภาพที่ 1 Flowchart Diagram

ระบบทำงานตามขั้นตอนหลัก 2 ส่วน ดังอธิบายในรูป ได้แก่

1. การลงทะเบียนอุปกรณ์

เริ่มต้นระบบ ผู้ใช้ลงทะเบียนอุปกรณ์โดยกรอกข้อมูล ระบบตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล หากไม่ถูกต้อง ระบบจะให้กรอกใหม่ หากถูกต้อง ระบบจะบันทึกข้อมูลอุปกรณ์ลงฐานข้อมูล

2. กระบวนการควบคุมอุปกรณ์

ตรวจสอบสถานะและความถูกต้องของอุปกรณ์ผู้ใช้กดปุ่ม “เปิด/ปิด”ถ้าไม่กด ระบบจะปิดอุปกรณ์ ถ้ากด ระบบจะเปิดอุปกรณ์และเริ่มทำงาน อุปกรณ์ทำงานตามคำสั่งจนถึงเวลาที่กำหนด ระบบปิดอุปกรณ์อัตโนมัติ แจ้งเตือนผลการทำงานกลับไปยังผู้ใช้ สิ้นสุดกระบวนการ

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากการออกแบบและพัฒนาระบบสมาร์ทโฮมที่สามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าเปิด-ปิดตามเวลาที่กำหนดและตรวจจับผู้บุกรุกผ่านเซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวและกล้องพบว่าระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการทดสอบสามารถสรุปได้ดังนี้:

1. ความแม่นยำในการควบคุมอุปกรณ์

ค่าความคลาดเคลื่อนของเวลาระบบสามารถเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าตามเวลาที่ตั้งไว้ได้อย่างแม่นยำ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนของเวลาน้อยกว่า ±1 วินาที ซึ่งอยู่ในระดับที่ยอมรับได้สำหรับการใช้งานในชีวิตประจำ

2. ความเสถียรของระบบสื่อสาร

การเชื่อมต่อระหว่างบอร์ด raspberry pi 5 กับแอปพลิเคชันผ่าน Wi-Fi มีความเสถียร สามารถควบคุมและแสดงสถานะของอุปกรณ์ได้แบบเรียลไทม์โดยไม่มีการดีเลย์ที่เห็นได้ชัดในระยะทดสอบ 10 เมตรจากเราเตอร์

3. ประสิทธิภาพในการตรวจจับผู้บุกรุก

เซ็นเซอร์ PIR สามารถตรวจพบการเคลื่อนไหวภายในระยะ 5-7 เมตรได้อย่างแม่นยำ และระบบสามารถส่งการแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชันได้ภายใน 2-5 วินาทีหลังจากตรวจพบ

4. ความสะดวกในการใช้งาน

แอปพลิเคชันที่พัฒนาด้วย home assistant มีหน้าตาใช้งานง่าย ผู้ใช้งานสามารถตั้งเวลาการเปิด-ปิดอุปกรณ์ ตรวจสอบสถานะระบบ และรับแจ้งเตือนเหตุผิดปกติได้สะดวกจากสมาร์ตโฟน

5. ข้อเสนอแนะและการปรับปรุง

จากทดลองออกแบบวงจรและใช้งานจริง พบว่าระบบสามารถทำงานได้ดีในสภาพแวดล้อมปกติแต่หากอยู่ในพื้นที่ที่มีสัญญาณ Wi-Fi อ่อน จะมีผลต่อความเร็วในการส่งข้อมูล ดังนั้นในอนาคตอาจพัฒนาระบบให้สามารถทำงานแบบออฟไลน์ได้บางส่วน หรือเชื่อมต่อผ่าน โปรโตคอลที่มีความเสถียรมากขึ้น เช่น MQTT

สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยและพัฒนาระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะด้วย Home Assistant บนแพลตฟอร์ม IoT โดยใช้บอร์ด Raspberry Pi 5 ร่วมกับแอปพลิเคชันที่พัฒนาด้วย Flutter และเชื่อมต่อกับ Firebase เพื่อจัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลการใช้งาน พบว่าระบบสามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า เปิด-ปิดตามเวลาที่กำหนด ตรวจจับความเคลื่อนไหว และแจ้งเตือนไปยังผู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระบบมีความแม่นยำสูงในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า มีความเสถียรในการเชื่อมต่อผ่านเครือข่าย Wi-Fi และสามารถแสดงผลข้อมูลแบบเรียลไทม์ แอปพลิเคชันมีอินเทอร์เฟซที่ใช้งานง่ายและตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างดี อย่างไรก็ตาม ระบบยังมีข้อจำกัดในเรื่องของความสามารถในการทำงานในพื้นที่ที่สัญญาณอินเทอร์เน็ตไม่เสถียร ดังนั้นควรมีการพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อให้รองรับการทำงานแบบออฟไลน์ หรือเพิ่มทางเลือกในการเชื่อมต่อด้วยโปรโตคอลที่มีความเสถียรยิ่งขึ้น เช่น MQTT รวมถึงการขยายการรองรับอุปกรณ์ไฟฟ้าหลากหลายประเภท เพื่อเพิ่มขีดความสามารถและความยืดหยุ่นของระบบในอนาคต

อ้างอิง

Winitpittayakul, B., & Hou, Y. (2022). Smart home for YOLD in Thailand. *Thai-Journal Citation Index Centre*. https://so07.tci-thaijo.org/index.php/dsr/article/view/1354?utm_source=chatgpt.com

ขจรฤทธ, เ., ชัยพรแก้ว, ป., & เอ้งฉ้วน, ห. (2017). An application of internet of things technology to control the illumination systems in smart home. *ph02.tci-thaijo.org*. https://doi.org/10.14456/jist.2017.1

Dachjiramanee, C., Kuntawong, P., & Siripornpreeda, C. (2023, June 16). *ความตั้งใจซื้อผลิตภัณฑ์นวัตกรรม Internet of Things (IoT) : ปลั๊กไฟอัจฉริยะ*. https://so05.tci-thaijo.org/index.php/tgt/article/view/256797

ห้วยหงส์ทอง, อ., ร่ารื่น, ว., สายใจ, เ., & พานทอง, ศ. (2023). ระบบกล้องรักษาความปลอดภัยพร้อมแจ้งเตือนผ่านเทเลแกรม. *วารสารงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ โดยสมาคม ECTI*, *3*(2), 36–43. https://doi.org/10.37936/ectiard.2023-3-2.249616

Yangsila, C. (2023). Android Application for Face Recognition and Verification using MobileFaceNets. *JOURNAL OF INFORMATION SCIENCE AND TECHNOLOGY*, *13*(1), 1–9. https://doi.org/10.14456/jist.2023.1

smarthome. (2024, November 30). *ทำไม Home Assistant ถึงเป็นทางเลือกที่ดี ที่สุดสำหรับบ้านของคุณ*. Smarthome. https://happysmart.co/why-home-assistant-is-the-best-choice-for-your-home/

Khairnar, P., Bansode, S., Sahota, B., & Chourasia, P. (2021). Automation of Home (IoT) using Raspberry Pi. *International Journal of Scientific Research in Science Engineering and Technology*, 235–239. https://doi.org/10.32628/ijsrset218335

O 15

การพัฒนากระบอกอัดถ่านอเนกประสงค์สำหรับวิสาหกิจชุมชนบ้านทอนอามาน

พงษ์พัฒน์ ชัชวาลย์[1]* พลากร พรหมเมศร์[2] ปรุฬห์ มะยะเฉี่ยว[3] ชลธิศา รัตนชู[4] และสมพล มะสิกะ[5]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและทดสอบกระบอกอัดถ่านอเนกประสงค์สำหรับวิสาหกิจชุมชนบ้านทอนอามานโดยลงพื้นที่สัมภาษณ์เชิงลึกกับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านทอนอามาน เพื่อทราบถึงปัญหา และความต้องการของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านทอนอามานพบว่ามีความต้องการเพิ่มมูลค่าให้กับถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวและสร้างรายได้เพิ่มขึ้นให้กับวิสาหกิจชุมชนแต่หากจะมีเครื่องอัดถ่านหลายเครื่องจะเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายมากขึ้นทางผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการกระบอกอัดถ่านอเนกประสงค์สำหรับวิสาหกิจชุมชนบ้านทอนอามาน โดยผลการสร้างกระบอกอัดถ่านอเนกประสงค์สำหรับวิสาหกิจชุมชนบ้านทอนอามาน พบว่ามีขนาดอยู่ที่ 50x80x90 เซนติเมตรโดยมีหัว Extrusion แบบทรงกระบอก หัว Extrusion แบบทรงหกเหลี่ยม และหัว Extrusion แบบทรงลูกบาศก์ ซึ่งสามารถเปลี่ยนได้ตามความต้องการ ผลการทดสอบกระบอกอัดถ่านอเนกประสงค์สำหรับวิสาหกิจชุมชนบ้านทอนอามานจากการทดลองอัดถ่านพบว่าเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการอัดอยู่ที่ 6.38 นาที โดยจำนวนถ่านที่อัดได้อยู่ที่ 60 ก้อน การทดสอบอัดถ่านทรงหกเหลี่ยมพบว่าเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการอัดอยู่ที่ 6.42 นาที โดยจำนวนถ่านที่อัดได้อยู่ที่ 60 ก้อน การทดสอบอัดถ่านทรงหกเหลี่ยมพบว่าเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการอัดอยู่ที่ 6.20 นาที โดยจำนวนถ่านที่อัดได้อยู่ที่ 80 ก้อน ซึ่งเป็นการเพิ่มความหลากหลายของสินค้า และเพิ่มยอดขายรวมถึงเพิ่มรายได้ให้กับวิสาหกิจชุมชนบ้านทอนอามาน

คำสำคัญ: วิสาหกิจชุมชนบ้านทอนอามาน ถ่านอัดแท่ง กะลามะพร้าว หัว Extrusion

---

[1] สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ จังหวัดนราธิวาส 96000

[2] รองศาสตราจารย์, สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ จังหวัดนราธิวาส 96000

[3] ผู้ช่วยศาสตราจารย์, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ จังหวัดนราธิวาส 96000

[4] ผู้ช่วยศาสตราจารย์, สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ จังหวัดนราธิวาส 96000

[5] อาจารย์, สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคนราธิวาส มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ จังหวัดนราธิวาส 96000

[1] Technology and Innovation Management, Faculty of Engineering, Princess of Naradhiwas University Narathiwat 96000

[2] associate professor, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Princess of Naradhiwas University Narathiwat 96000

[3] assistant professor, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Princess of Naradhiwas University Narathiwat 96000

[4] assistant professor, Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Princess of Naradhiwas University Narathiwat 96000

[5] lecturer, Auto mechanic branch, Narathiwat Technical College, Princess of Naradhiwas University Narathiwat 96000

* Corresponding Author: E-mail: pongpad9719@gmail.com, Tel: 0801459719

Development of multi-purpose charcoal cylinders for the Ban Ton Aman community enterprise

Pongpad Chatchawal1[1], Palakorn Prommet 2[2] Paroon Mayachearw 3[3] Chonthisa Rattanachu 4[4] and Sompol Masika 5[5]

Abstract

This research aimed to create and test a multi-purpose charcoal press for the Ton Aman community enterprise by conducting in-depth interviews with the Ton Aman community enterprise group to learn about the problems and needs of the Ton Aman community enterprise group. It was found that there was a need to add value to coconut shell charcoal briquettes and generate more income for the community enterprise. However, having multiple charcoal presses would increase the cost. Therefore, the researcher came up with the idea of a multi-purpose charcoal press for the Ton Aman community enterprise. The results of creating a multi-purpose charcoal press for the Ton Aman community enterprise showed that the dimensions were 50x80x90 centimeters with a cylindrical extrusion head, a hexagonal extrusion head, and a cubic extrusion head, which could be changed according to the needs. The results of the multi-purpose charcoal press test for the Ban Thon Aman community enterprise from the charcoal press test found that the average time used for pressing was 6.38 minutes with 60 charcoal blocks. The hexagonal charcoal press test found that the average time used for pressing was 6.42 minutes with 60 charcoal blocks. The hexagonal charcoal press test found that the average time used for pressing was 6.20 minutes with 80 charcoal blocks, which increases product variety and increases sales and income of the Ban Thon Aman community enterprise.

Keywords: Ban Ton Aman Community Enterprise, Charcoal briquette, Coconut shell, Extrusion head

บทนำ

พลังงานเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิตในปัจจุบัน โดยเฉพาะพลังงานเชื้อเพลิงมีปริมาณการใช้เพิ่มสูงขึ้น ถ่านและฟืน เป็นพลังงานเชื้อเพลิงชนิดหนึ่งที่นิยมใช้กันมากในครัวเรือนและธุรกิจร้านอาหารสำหรับประกอบอาหารประเภทปิ้ง ย่าง แต่เนื่องจากทรัพยากรป่าไม้ในประเทศมีปริมาณลดลง จึงมีการนำเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมการเกษตรมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงในรูปแบบของถ่านอัดแท่ง เพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนที่อาจหมดไปในอนาคต และช่วยอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมให้คงอยู่สืบไป[1]

จากปัญหาในด้านพลังงานดังกล่าวผู้วิจัยได้เห็นถึงข้อดีของถ่านอัดแท่งซึ่งเหมาะที่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนแก๊สหุงต้ม จากการศึกษาพบว่าถ่านอัดแท่ง ถ่านอัดแท่งมีราคาถูกกว่าแก๊สหุงต้มในระยะยาว โดยเฉพาะการปรุงอาหารที่ต้องใช้การความร้อนเป็นเวลานาน มีความปลอดภัยสูงกว่าแก๊สหุงต้มเนื่องจากไม่มีความเสี่ยงจากการรั่วไหลของแก๊สหรืออุบัติเหตุที่อาจเกิดจากการใช้แก๊สหุงต้ม ซึ่งถ่านอัดแท่งสามารถใช้งานได้ในกรณีที่ไม่มีแหล่งแก๊สหรือไฟฟ้า และถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากวัสดุธรรมชาติซึ่งมักจะปล่อยคาร์บอนน้อยกว่าแก๊สหุงต้ม ซึ่งช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งสอดคล้องกับภาครัฐที่ได้ส่งเสริมแนวคิดนำวัสดุเหลือใช้มาพัฒนาให้เป็นเศรษฐกิจ ที่เกิดมูลค่ามากขึ้น ทำให้มีผู้ที่พยายามนำกะลามะพร้าวมาใช้เป็นเชื้อเพลิง ซึ่งเป็นการใช้กะลามะพร้าวเป็นเชื้อเพลิงมี มาแล้วแต่โบราณ โดยการใช้เป็นวัตถุดิบก่อไฟให้ความร้อนและแสงสว่าง ต่อมามีการเผากะลาเป็นถ่านเก็บไว้ก่อไฟในรูปของถ่านกะลามะพร้าว แต่ไม่มีความสะดวกเก็บและ สะดวกใช้ เพราะกะลามะพร้าวในรูปถ่านมีลักษณะ บาง เปราะแตกหักง่าย ไม่เป็นที่นิยมของผู้ใช้งาน จึงมีผู้คิดค้นถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่ง ทำให้ให้เป็นที่นิยมของตลาด โดยเพื่อช่วยลดการตัดไม้ทำลายป่า ช่วยลดมลภาวะจากวัสดุเหลือใช้จากผลิตภัณฑ์มะพร้าว และช่วยสร้างงาน สร้างอาชีพ สร้างรายได้แก่ท้องถิ่น

จากการลงพื้นที่สัมภาษณ์เชิงลึกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านทอนอามาน จังหวัดนราธิวาส ซึ่งเป็นกลุ่มแปรรูปผลิตภัณฑ์จากมะพร้าวจากผลการดำเนินงานของวิสาหกิจชุมชน พบว่าผลิตภัณฑ์หลักจากมะพร้าวมี 3 ชนิด ได้แก่น้ำมันมะพร้าว มะพร้าวคั่วและถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าว ซึ่งทางวิสาหกิจชุมชนบ้านทอนอามานได้มีวัสดุเหลือใช้จากมะพร้าว เช่น กะลามะพร้าว ซึ่งทางวิสาหกิจชุมชนบ้านทอนอามานได้นำกะลามะพร้าวมาแปรรูปเป็นถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวแสดงดังภาพที่ 1 จากภาพที่ 1 ปัจจุบันเครื่องอัดถ่านของวิสาหกิจชุมชนบ้านทอนอามานผลิตถ่านออกมาในรูปแบบแท่งรูปทรงกระบอกได้รูปทรงเดียว

ภาพที่ 1 ถ่านอัดแท่งของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านทอนอามาน

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า กฤษฎา นามวงษ์ และมงคล คธาพันธ์ (2560) ได้ทำการศึกษาการออกแบบและพัฒนาเครื่องอัดแห่งเชื้อเพลิงจากเศษใบสะเดาแห้งผสมขี้เลื่อยเผาด้วยเทคนิคเกลียวอัด [2] เพื่อใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงแห่งจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรโดยสามารถอัดถ่านทรงกระบอกได้ ผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพการใช้งานทางความร้อนสูงสุดอยู่ที่ 51.59% และประสิทธิภาพเฉลี่ยของเกลียวอัดคือ 34.2776 เชื้อเพลิงแท่งที่ได้จากการอัดใบสะเดาแห้งผสมขี้เลื่อยเผาสามารถใช้ทดแทนถ่านทั่วไปที่ใช้ในครัวเรือนและชุมชนได้ สุห์ดี นิเซ็ง และคณะ (2567) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับเครื่องอัดถ่านกะลามะพร้าวทรงลูกบาศก์และคุณสมบัติเชิงความร้อนของถ่านกะลามะพร้าว [3] โดยออกแบบให้เบ้าอัดสามารถอัดถ่านกะลามะพร้าวทรงลูกบาศก์ขนาด 2.5x2.5x2.5 นิ้ว พบว่า การอัดถ่านน้ำหนัก 20 กรัมต่อก้อน และเมื่อนำถ่านวิเคราะห์องค์ประกอบ พบว่าค่าความร้อนสูงกว่า 5000 kcal/kg เมื่อนำไปไปเปรียบเทียบกับถ่านอัดในลักษณะเดียวกันที่ขายอยู่ในท้องตลาด พบว่ามีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน เสริมศักดิ์ เกิดวัน และคณะ (2562) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกต้นสาคู [4] ถ่านอัดแท่งที่ได้มีลักษณะทางกายภาพตามรูปทรงที่ต้องการ หน้าตัดรูปหกเหลี่ยม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร อัดขึ้นรูปได้ง่าย เกาะตัวกันแน่น ไม่มีรอยแตกร้าว จากนั้นนำไปลดความชื้นด้วยการตากแดดเป็นเวลา 16 ชั่วโมงจากนั้นนำตัวอย่างถ่านอัดแท่งเข้าทดสอบคุณสมบัติในห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน ASTM ได้ผลดังนี้ ค่าความชื้น 23.87 % เถ้า 13.68 ปริมาณคาร์บอนคงตัว 51.68 % ค่าความจุความร้อน 5,649 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม สารระเหยได้ 34.64 %

จากการลงพื้นที่สัมภาษณ์เชิงลึกและการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องผู้วิจัยได้เล็งเห็นว่ากลุ่มวิสาหกิจชุมชนจะต้องมีผลิตภัณฑ์ถ่านกะลามะพร้าวหลากหลายรูปทรงเพื่อที่จะเพิ่มมูลค่าให้กับถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวและสร้างรายได้เพิ่มขึ้นให้กับวิสาหกิจชุมชนแต่หากจะมีเครื่องอัดถ่านหลายเครื่องจะเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายมากขึ้นทางผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการกระบอกอัดถ่านอเนกประสงค์สำหรับวิสาหกิจชุมชนบ้านทอนอามาน โดยตัวเครื่องสามารถเปลี่ยนหัวอัด และอัดถ่านได้ 3 แบบ คือ ทรงกระบอก ทรงหกเหลี่ยม และทรงลูกบาศก์ เพื่อที่จะให้ตรงกับความต้องการของตลาด ซึ่งสามารถทำงานโดยเครื่องเดียว โดยตัวเครื่องสามารถใช้งานง่าย มีความปลอดภัย และสามารถบำรุงรักษาได้ง่ายซึ่งมีวัตถุประสงค์งานวิจัยดังนี้ เพื่อสร้างและทดสอบกระบอกอัดถ่านอเนกประสงค์สำหรับวิสาหกิจชุมชนบ้านทอนอามาน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. โครงสร้างและการทำงานของเครื่องอัดถ่านกะลามะพร้าว

กระบอกอัดถ่านอเนกประสงค์สำหรับวิสาหกิจชุมชนบ้านทอนอามาน มีขนาดอยู่ที่ 50x80x90 เซนติเมตร ประกอบด้วย ส่วนที่ 1 โครงสร้าง ใช้สำหรับเป็นจุดยึดรับแรงในการติดตั้งชิ้นส่วนและอุปกรณ์ต่างๆ ส่วนที่ 2 มอเตอร์ เป็นต้นกำลังในการขับชิ้นส่วนที่ใช้ในการอัดถ่าน ส่วนที่ 3 สายพานส่งกำลัง ใช้สำหรับส่งกำลังจากมอเตอร์ไปยังเกียร์ทดรอบ ส่วนที่ 4 เกียร์ทดรอบ ใช้สำหรับทดรอบมอเตอร์เพื่อให้ได้ความเร็วรอบที่ต้องการ ส่วนที่ 5 ถาดรับวัตถุดิบ ใช้สำหรับรองรับวัตถุดิบที่จะป้อนเข้าสู่ช่องลำเลียงวัตถุดิบ ส่วนที่ 6 ช่องลำเลียงวัตถุดิบ ใช้สำหรับลำเลียงวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการอัดถ่าน ส่วนที่ 7 เสื้อเกลียวอัดถ่าน ใช้สำหรับเป็นที่ติดตั้งเกลียวอัดถ่าน ส่วนที่ 8 เพลาปลายเกลียวอัด ใช้สำหรับสร้างโพรงกลวงเพื่อเพิ่มพื้นที่ในการเผาไหม้ให้กับถ่านอัดแท่ง ส่วนที่ 9 หัว Extrusion ใช้สำหรับสร้างรูปทรงถ่านตามลักษณะของหัว Extrusion ดังภาพที่ 2

โดยมีหลักการทำงานดังนี้ ตัวเครื่องมีต้นกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ส่งกำลังผ่านสายพานเพื่อขับเกียร์ทดรอบมอเตอร์ ขับเคลื่อนเพลาของใบเกลียวอัดถ่านโดยส่วนบนของตัวเครื่องมีถาดรองรับวัตถุดิบเพื่อที่จะป้อนวัตถุดิบเข้าสู่เกลียวอัดถ่าน

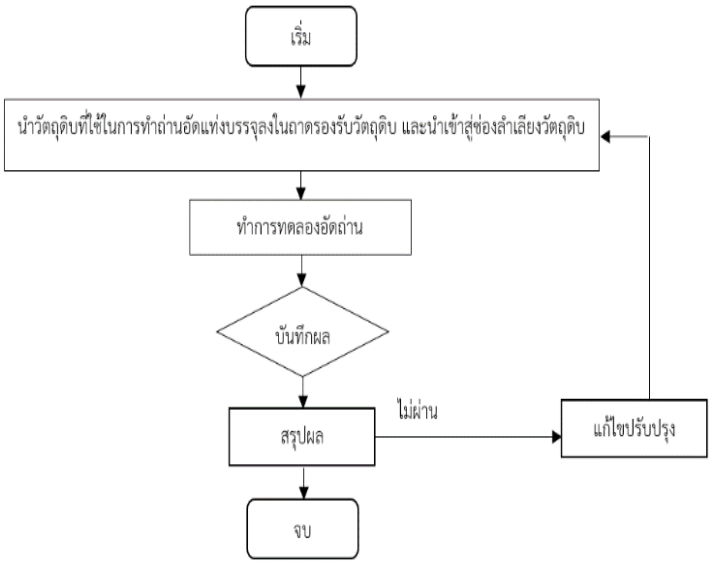
โดยถ่านที่ถูกอัดจะผ่านหัว Extrusion ที่ใช้สร้างถ่านแต่ละแบบตามความต้องการของผู้ผลิตที่กำหนดรูปทรงของถ่านไว้ โดยมีหัว Extrusion แบบทรงกระบอก หัว Extrusion แบบทรงหกเหลี่ยม และหัว Extrusion แบบทรงลูกบาศก์ ดังรูปที่ 3

ภาพที่ 2 กระบอกอัดถ่านอเนกประสงค์สำหรับวิสาหกิจชุมชนบ้านทอนอามาน

ภาพที่ 3 หัว Extrusion แบบทรงกระบอก แบบทรงหกเหลี่ยม และแบบทรงลูกบาศก์

2. ขั้นตอนการทดลอง

การทดสอบกระบอกอัดถ่านอเนกประสงค์สำหรับวิสาหกิจชุมชนบ้านทอนอามาน



ภาพที่ 4 ขั้นตอนการทดสอบกระบอกอัดถ่านอเนกประสงค์สำหรับวิสาหกิจชุมชนบ้านทอนอามาน

จากภาพที่ 4 ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการทำงานของกระบอกอัดถ่านอเนกประสงค์สำหรับวิสาหกิจชุมชนบ้านทอนอามาน มีขั้นตอนดังนี้ โดยทำการทำการทดลองอัดถ่าน ทรงกระบอก ทรงหกเหลี่ยม และ ทรงลูกบาศก์ โดยทำการนำวัตถุดิบที่ใช้ในการทำถ่านอัดแท่งบรรจุลงในถาดรองรับวัตถุดิบ และนำเข้าสู่ช่องลำเลียงวัตถุดิบครั้งละ 10 กิโลกรัม ทำการเปิดระบบควบคุมทางไฟฟ้า และทำการตัดถ่านที่ผ่านการอัดแท่งเมื่อออกมาจากหัว Extrusion ให้ได้ตามขนาดที่ต้องการ เมื่อทำการอัดถ่านครบ 10 กิโลกรัม ทำการปิดระบบควบคุมทางไฟฟ้าพร้อมบันทึกผล

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการทดสอบการทำงานของกระบอกอัดถ่านอเนกประสงค์สำหรับวิสาหกิจชุมชนบ้านทอนอามาน

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการทำงานของกระบอกอัดถ่านอเนกประสงค์สำหรับวิสาหกิจชุมชนบ้านทอนอามานโดย ทำการอัดถ่านทรงกระบอก ทรงหกเหลี่ยม และทรงลูกบาศก์ ทำการป้อนวัตถุดิบในการอัดถ่านครั้งละ 10 กิโลกรัม โดยทำการทดสอบ 3 ครั้ง โดยขนาดของถ่านทรงหกเหลี่ยมและทรงกระบอกมีความ 10 เซนติเมตร ทรงลูกบาศก์ มีขนาด 3x3x3 เซนติเมตร

รูปทรงถ่านอัดแท่ง	เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการอัด (นาที)	จำนวนถ่านที่อัดได้ (ก้อน)
ทรงกระบอก	6.38	60
ทรงหกเหลี่ยม	6.42	60
ทรงลูกบาศก์	6.20	80

จากตารางที่ 1 เห็นได้ว่าการทดสอบการทำงานของกระบอกอัดถ่านอเนกประสงค์สำหรับวิสาหกิจชุมชนบ้านทอนอามาน โดยทำการอัดถ่านทรงกระบอก ทรงหกเหลี่ยม และทรงลูกบาศก์ การป้อนวัตถุดิบในการอัดถ่านครั้งละ 10 กิโลกรัม โดย

ทำการทดสอบ 3 ครั้ง โดยขนาดของถ่านทรงหกเหลี่ยมและทรงกระบอกมีความ 10 เซนติเมตร ทรงลูกบาศก์มีขนาด 3x3x3 เซนติเมตร จากการทดสอบอัดถ่านทรงกระบอกพบว่าเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการอัดอยู่ที่ 6.38 นาที โดยจำนวนถ่านที่อัดได้อยู่ที่ 60 ก้อน การทดสอบอัดถ่านทรงหกเหลี่ยมพบว่าเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการอัดอยู่ที่ 6.42 นาที โดยจำนวนถ่านที่อัดได้อยู่ที่ 60 ก้อน การทดสอบอัดถ่านทรงหกเหลี่ยมพบว่าเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการอัดอยู่ที่ 6.20 นาที โดยจำนวนถ่านที่อัดได้อยู่ที่ 80 ก้อน

ภาพที่ 5 ถ่านอัดแท่งทรงกระบอก

ภาพที่ 6 ถ่านอัดแท่งทรงหกเหลี่ยม

ภาพที่ 7 ถ่านอัดแท่งทรงลูกบาศก์

สรุปผลการวิจัย

จากการลงพื้นที่สัมภาษณ์เชิงลึกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านทอนอามานโดยจะต้องมีผลิตภัณฑ์ถ่านกะลามะพร้าวหลากหลายรูปทรงเพื่อที่จะเพิ่มมูลค่าให้กับถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวและสร้างรายได้เพิ่มขึ้นให้กับวิสาหกิจชุมชนจนนำไปสู่ผล ผลการสร้างกระบอกอัดถ่านอเนกประสงค์สำหรับวิสาหกิจชุมชนบ้านทอนอามาน พบว่ามีขนาดอยู่ที่ 50x80x90 เซนติเมตรโดยมีหัว Extrusion แบบทรงกระบอก หัว Extrusion แบบทรงหกเหลี่ยม และหัว Extrusion แบบทรงลูกบาศก์ ซึ่งสามารถเปลี่ยนได้ตามความต้องการ

ผลการทดสอบกระบอกอัดถ่านอเนกประสงค์สำหรับวิสาหกิจชุมชนบ้านทอนอามานจากการทดลองอัดถ่านพบว่าเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการอัดอยู่ที่ 6.38 นาที โดยจำนวนถ่านที่อัดได้อยู่ที่ 60 ก้อน การทดสอบอัดถ่านทรงหกเหลี่ยมพบว่าเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการอัดอยู่ที่ 6.42 นาที โดยจำนวนถ่านที่อัดได้อยู่ที่ 60 ก้อน การทดสอบอัดถ่านทรงหกเหลี่ยมพบว่าเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการอัดอยู่ที่ 6.20 นาที โดยจำนวนถ่านที่อัดได้อยู่ที่ 80 ก้อน ซึ่งเป็นการเพิ่มความหลากหลายของสินค้า และเพิ่มยอดขายรวมถึงเพิ่มรายได้วิสาหกิจชุมชนบ้านทอนอามาน

อ้างอิง

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2562). *ปัญหาการขาดแคลนพลังงานในอนาคตอันใกล้*. https://e-report.energy.go.th/eppo_files/media-03.pdf

[2] กฤษฎา นามวงษ์ และมงคล คธาพันธ์. 2560. *การออกแบบและพัฒนาเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงจากใบสะเดาแห้งร่วมกับขี้เลื่อยเผา*. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 31. 4-7 กรกฎาคม 2560.

[3] สุห์ดี นิเซ็ง และคณะ. 2567. *เครื่องอัดถ่านกะลามะพร้าวทรงลูกบาศก์และคุณสมบัติเชิงความร้อนของถ่านกะลามะพร้าว*. ในการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 35. 23-25 พฤษภาคม 2567.

[4] เสริมศักดิ์ เกิดวัน และคณะ. (2562). *การผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกต้นสาคู*. https://riss.rmutsv.ac.th/upload/doc/201910/zSfdLlejnD8vpkqX8MHE/zSfdLlejnD8vpkqX8MHE.pdf

[5] สุรพงษ์ รามัญจิตต์. 2567. การออกแบบและพัฒนาเครื่องอัดถ่านแท่งระบบสกรูเกลียวแบบมีตัวตัดอัตโนมัติ. ในการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 31. 2560.

[6] เนตรวดี เพชรประดับ./(2567)./การวิเคราะห์ความสามารถในการทำกำไรของผลิตภัณฑ์มะพร้าว เพื่อการลงทุนพัฒนาผลิตภัณฑ์ กรณีศึกษา : วิสาหกิจชุมชนแปรรูปมะพราวอามาน ตำบลโคกเคียน อำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส./ *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*,/ปีที่ 5/(ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2561),/87-95. https://so05.tci-thaijo.org/index.php/pnuhuso/article/view/115934/100085

สมบัติทั่วไปของเกือบสามสิ่งอันดับพีทาโกรัส

ธิดารัตน์ พวงจันทร์[1*] และเอกสิทธิ์ สังข์วิสุทธิ์[2]

บทคัดย่อ

เกือบสามสิ่งอันดับพีทาโกรัส (Almost Pythagorean Triple หรือเรียกว่า APT) คือ สามสิ่งอันดับ (x,y,z) โดยที่ (x,y,z) เป็นจำนวนเต็มบวกที่สอดคล้องกับสมการ

$$x^2+y^2=z^2+1$$

ในการศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. เพื่อศึกษาภาวะคู่คี่ของเกือบสามสิ่งอันดับพีทาโกรัส (x,y,z)
2. เพื่อพิสูจน์ว่า ห.ร.ม. ของเกือบสามสิ่งอันดับพีทาโกรัส (x,y,z) มีค่าเท่ากับ 1 เสมอ
3. เพื่อหาค่าของเกือบสามสิ่งอันดับพีทาโกรัส (x,y,z) ทั้งหมด เมื่อทำการตรึงค่าของ $z-y=k$ โดยที่ $k=1-3$ และหาสูตรทั่วไป

และในการศึกษาครั้งนี้มีขอบเขตการศึกษา คือ เกือบสามสิ่งอันดับทาโกรัส (x,y,z) ที่ x,y,z

คำสำคัญ : Almost Pythagorean Triples

---

[1] นิสิต, คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง จังหวัดพัทลุง 93110

[2] อาจารย์, คณะวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง จังหวัดพัทลุง 93110

[1] Undergraduate, Faculty of Education Thaksin University Phatthalung 93110

[2] Professor, Faculty of Science and Digital Innovation Thaksin University Phatthalung 93110

(General Properties of Almost Pythagorean Triples)

Thidarat Puangjan[1*] andEkkasit Sangwisut[2]

Abstract

Almost Pythagorean Triple (APT) is, three things of order (x,y,z) where (x,y,z) is a positive integer, satisfy the equation

$$x^2 + y^2 = z^2 + 1$$

In this study, the objectives are as follows

1. To study the odd-even condition of Almost Pythagorean Triple (x,y,z).

2. To prove that the least common multiple of Almost Pythagorean Triple equal to 1 always .

3. To find the value of All Almost Pythagorean Triple (x,y,z) When fixing the value of $z - y = k$, where $k = 1 - 3$ and find general formulas

And in this study, the scope of study is to study Almost Pythagorean Triple (x,y,z), where x,y,z

Keywords : Almost Pythagorean Triples

บทนำ

ORRIN FRINK ได้ศึกษาลำดับ $5,10,15,20,25,30,...$ แล้วนำตัวเลขบางคู่มายกกำลังสองแล้วนำมาบวกกัน และนำมาเขียนในรูปตัวเลขยกกำลังสองบวกหนึ่ง เช่น

$$10^2+15^2=18^2+1$$
$$20^2+25^2=32^2+1$$
$$25^2+35^2=43^2+1$$

ซึ่งมีตัวเลขบางตัวที่นำมาเขียนในรูปแบบนี้ได้ เมื่อนำมาเขียนในรูปแบบทั่วไปจะได้สมการไดโอแฟนไทน์

$$x^2+y^2=z^2+1$$

โดยเรียกสามสิ่งอันดับที่เป็นจำนวนเต็มที่สอดคล้องกับสมการนี้ว่า Almost Pythagorean Triple (APT) เช่น $(1,1,1)$, $(1,2,2)$, $(1,3,3)$, $(5,5,7)$, $(4,7,8)$, $(8,9,12)$, $(7,11,13)$, $(10,15,18)$, $(11,13,17)$

จากการศึกษาเนื้อหาข้างต้นทำให้ผู้ศึกษาเกิดความสนใจที่จะศึกษาเรื่องสมบัติทั่วไปของเกือบสามสิ่งอันดับพีทาโกรัส

วิธีการดำเนินการ ผลการวิจัย และอภิปรายผลการวิจัย

บทนิยาม 1 เกือบสามสิ่งอันดับพีทาโกรัส (Almost Pythagorean Triple หรือเรียกว่า APT) คือ สามสิ่งอันดับ (x,y,z) โดยที่ (x,y,z) เป็นจำนวนเต็มบวกที่สอดคล้องกับสมการ

$$x^2+y^2=z^2+1$$

ตัวอย่าง 2 สามสิ่งอันดับเหล่านี้เป็นสามสิ่งอันดับพีทาโกรัส (APT) เช่น $(4,7,8)$, $(5,5,7)$, $(6,17,18)$, $(7,11,13)$ และ $(8,9,12)$

ข้อสังเกต 3 สามสิ่งอันดับพีทาโกรัส (APT) $(1,y,y)$ และ $(x,1,x)$ ทุกๆ $x,y\in$ เป็นสามสิ่งอันดับพีทาโกรัส (APT) เสมอ

ทฤษฎีบท 4 ไม่มีเกือบสามสิ่งอันดับพีทาโกรัส (x,y,z) ที่ x เป็นจำนวนคู่ และ y เป็นจำนวนคู่

การพิสูจน์ พิสูจน์โดยวิธีขัดแย้ง โดยสมมติว่ามีสามสิ่งอันดับพีทาโกรัส (APT) (x,y,z) ที่ x เป็นจำนวนคู่ และ y เป็นจำนวนคู่

ให้ $x=2m$, $y=2n$ สำหรับบาง m,n

ดังนั้น
$$\begin{aligned} z^2+1=x^2+y^2&=(2m)^2+(2n)^2\\ &=4m^2+4n^2\\ &=4(m^2+n^2) \end{aligned} \quad (1)$$

จะได้ว่า z^2+1 เป็นจำนวนคู่ ดังนั้น z^2 เป็นจำนวนคี่ นั่นคือ z เป็นจำนวนคี่

ให้ $z=2k+1$ สำหรับบาง k

ดังนั้น
$$\begin{aligned} z^2+1&=(2k+1)^2+1\\ &=4k^2+4k+2\\ &=2(2k^2+2k+1) \end{aligned} \quad (2)$$

จาก (1) และ (2) จะได้

$$4(m^2+n^2)=2(2k^2+2k+1)$$

ดังนั้น $2(m^2+n^2)=(2k^2+2k+1)$

นั่นคือ $2\mid(2k^2+2k+1)$ ซึ่งเกิดข้อขัดแย้ง

ดังนั้น x เป็นจำนวนคี่ หรือ y เป็นจำนวนคี่ □

ดังนั้น ภาวะคู่คี่ของเกือบสามสิ่งอันดับพีทาโกรัส (x,y,z) ที่เป็นไปได้ คือ (คู่ , คี่ , คู่) , (คี่ , คี่ , คี่) , (คี่ , คู่ , คู่) เช่น $(4,7,8)$, $(5,5,7)$ และ $(7,11,13)$

ทฤษฎีบท 5 ให้ (x,y,z) เป็นเกือบสามสิ่งอันดับพีทาโกรัส ดังนั้น $\gcd(x,y,z)=1$

การพิสูจน์ ให้ $\gcd(x,y,z)=d$

ดังนั้น $x=dm$, $y=dn$, $z=dk$ สำหรับบาง m,n,k

จาก $x^2+y^2=z^2+1$

จะได้ $1=x^2+y^2-z^2$

$=(dm)^2+(dn)^2-(dk)^2$

$=d^2m^2+d^2n^2-d^2k^2$

$=d^2(m^2+n^2-k^2)$

ดังนั้น $d^2=1$ นั่นคือ $d=1$

□

ทฤษฎีบท 6 ระบบสมการ $z-y=k$ และ $z+y=l$ สำหรับบาง $k,l\in$ มีคำตอบเป็นจำนวนเต็มก็ต่อเมื่อ k และ l มีภาวะคู่คี่แบบเดียวกัน

การพิสูจน์ ให้ $z-y=k$ (3)

และ $z+y=l$ (4)

สำหรับบาง $k,l\in$ มีคำตอบเป็นจำนวนเต็ม ดังนี้

$(3)+(4)$ จะได้ $2z=l+k$ ดังนั้น $z=\frac{l+k}{2}\in$

$(4)-(3)$ จะได้ $2y=l-k$ ดังนั้น $y=\frac{l-k}{2}\in$

$(\rightarrow)$ $z=\frac{l+k}{2}\in$, $y=\frac{l-k}{2}\in$

ดังนั้น แบ่งเป็น 4 กรณี

กรณีที่ 1 k เป็นจำนวนเต็มคู่ และ l เป็นจำนวนเต็มคู่

ดังนั้น $k=2m$ และ $l=2a$ สำหรับบาง $m,a\in$

จาก $z=\frac{l+k}{2}$ จะได้ $z=\frac{2a+2m}{2}=(a+m)\in$

และ $y=\frac{l-k}{2}$ จะได้ $y=\frac{2a-2m}{2}=(a-m)\in$

กรณีที่ 2 k เป็นจำนวนเต็มคี่ และ l เป็นจำนวนเต็มคี่

ดังนั้น $k=2n+1$ และ $l=2b+1$ สำหรับบาง $n,b\in$

จาก $z=\frac{l+k}{2}$ จะได้ $z=\frac{2n+1+2b+1}{2}=(n+b+1)\in$

และ $y=\frac{l-k}{2}$ จะได้ $y=\frac{2b+1-2n-1}{2}=(b-n)\in$

กรณีที่ 3 k เป็นจำนวนเต็มคู่ และ l เป็นจำนวนเต็มคี่

ดังนั้น $k=2m$ และ $l=2b+1$ สำหรับบาง $m,b\in$

จาก $z=\frac{l+k}{2}$ จะได้ $z=\frac{2b+1+2m}{2}=(b+m+\frac{1}{2})\notin$

และ $y=\frac{l-k}{2}$ จะได้ $y=\frac{2b+1-2m}{2}=(b-m+\frac{1}{2})\notin$

ซึ่งเกิดข้อขัดแย้ง

กรณีที่ 4 k เป็นจำนวนเต็มคี่ และ l เป็นจำนวนเต็มคู่

ดังนั้น $k=2n+1$ และ $l=2a$ สำหรับบาง $n,a\in$

จาก $z=\frac{l+k}{2}$ จะได้ $z=\frac{2a+2n+1}{2}=(a+n+\frac{1}{2})\notin$

และ $y=\frac{l-k}{2}$ จะได้ $y=\frac{2a-2n-1}{2}=(a-n+\frac{1}{2})\notin$

ซึ่งเกิดข้อขัดแย้ง

เพราะฉะนั้น k และ l มีภาวะคู่คี่แบบเดียวกัน

$(\leftarrow)$

ให้ k กับ l เป็นจำนวนเต็มที่มีภาวะคู่คี่แบบเดียวกัน

จะได้ $(k,l)=(2q,2c)$ หรือ $(k,l)=(2s+1,2d+1)$ โดยที่ $q,s,c,d\in$

กรณีที่ 1 k เป็นจำนวนเต็มคู่ และ l เป็นจำนวนเต็มคู่

ดังนั้น $k=2q$ และ $l=2c$ สำหรับบาง $q,c\in$

จาก $z=\frac{l+k}{2}$ จะได้ $z=\frac{2c+2q}{2}=(q+c)\in$

และ $y=\frac{l-k}{2}$ จะได้ $y=\frac{2c-2q}{2}=(c-q)\in$

กรณีที่ 2 k เป็นจำนวนเต็มคี่ และ l เป็นจำนวนเต็มคี่

ดังนั้น $k=2s+1$ และ $l=2d+1$ สำหรับบาง $s,d\in$

จาก $z=\frac{l+k}{2}$ จะได้ $z=\frac{2d+1+2s+1}{2}=(d+s+1)\in$

และ $y=\frac{l-k}{2}$ จะได้ $y=\frac{2d+1-2s-1}{2}=(d-s)\in$

ดังนั้น สรุปได้ว่า ระบบสมการ $z-y=k$ และ $z+y=l$ สำหรับบาง $k,l\in$

มีคำตอบเป็นจำนวนเต็มก็ต่อเมื่อ k และ l มีภาวะคู่คี่แบบเดียวกัน

□

ทฤษฎีบท 7 ให้ (x,y,z) เป็นเกือบสามสิ่งอันดับพีทาโกรัส โดยที่ $z-y=k$ สำหรับบางจำนวนเต็ม k ดังนั้น (x,y,z) สามารถเขียนได้ในรูปแบบ $\left(x,\frac{x^2-k^2-1}{2k},\frac{x^2+k^2-1}{2k}\right)$ โดยที่ x เป็นคำตอบของสมภาค $x^2\equiv k^2+1(\mathrm{mod}\,2k)$

การพิสูจน์

เมื่อ $z=y+k$ จาก $x^2+y^2=z^2+1$

จะได้

$$x^2+y^2=(y+k)^2+1=y^2+2yk+k^2+1$$

ดังนั้น $x^2=2yk+k^2+1$

นั่นคือ $2yk=x^2-k^2-1$ หรือ $y=\frac{x^2-k^2-1}{2k}$

และ $z=y+k=\frac{x^2-k^2-1}{2k}+k=\frac{x^2+k^2-1}{2k}$

จาก y $\frac{x^2-k^2-1}{2k}$

นั่นคือ พิจารณาค่าของ x ที่เป็นคำตอบของสมภาค x^2 k^2 $1(\mathrm{mod}\,2k)$

จาก z $\frac{x^2-k^2-1}{2k}$

นั่นคือ พิจารณาค่าของ x ที่เป็นคำตอบของสมภาค x^2 k^2 $1(\mathrm{mod}\,2k)$

k^2 $1(\mathrm{mod}\,2k)$

โดยที่ค่าบาง x คือคำตอบของสมภาคดังกล่าว

ดังนั้น (x,y,z) สามารถเขียนได้ในรูปแบบ $\left(x,\frac{x^2-k^2-1}{2k},\frac{x^2+k^2-1}{2k}\right)$

□

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการศึกษาสมบัติทั่วไปของเกือบสามสิ่งอันดับพีทาโกรัส (APT) ได้ทฤษฎีบท 4 ทฤษฎีบท ดังนี้

- ไม่มีเกือบสามสิ่งอันดับพีทาโกรัส (x,y,z) ที่ x เป็นจำนวนคู่ และ y เป็นจำนวนคู่
- ให้ (x,y,z) เป็นเกือบสามสิ่งอันดับพีทาโกรัส ดังนั้น $\gcd(x,y,z)=1$
- ระบบสมการ $z-y=k$ และ $z+y=l$ สำหรับบาง $k,l\in$ มีคำตอบเป็นจำนวนเต็มก็ต่อเมื่อ k และ l มีภาวะคู่คี่แบบเดียวกัน
- ให้ (x,y,z) เป็นเกือบสามสิ่งอันดับพีทาโกรัส โดยที่ $z-y=k$ สำหรับบางจำนวนเต็ม k

  ดังนั้น (x,y,z) สามารถเขียนได้ในรูปแบบ $\left(x,\frac{x^2-k^2-1}{2k},\frac{x^2+k^2-1}{2k}\right)$

  โดยที่ x ที่เป็นคำตอบของสมภาค x^2 k^2 $1(\mathrm{mod}\,2k)$

อภิปรายผล

จากการจัดทำโครงงาน เรื่อง สมบัติทั่วไปของเกือบสามสิ่งอันดับพีทาโกรัส (APT) พบว่า สามารถหาค่าของเกือบสามสิ่งอันดับพีทาโกรัส (x,y,z) เมื่อกำหนดให้ $z-y=k$ สำหรับบางจำนวนเต็มบวก k ที่ถูกตรึงค่าไว้ เมื่อ พบว่า เกือบสามสิ่งอันดับพีทาโกรัส (APT) (x,y,z) ที่ $z=y+1$ สามารถเขียนได้เป็น $\left(x,\frac{x^2-2}{2},\frac{x^2}{2}\right)$ และสังเกตว่า x^2 เป็นจำนวนคู่ ดังนั้น x เป็นจำนวนคู่

เกือบสามสิ่งอันดับพีทาโกรัส (APT) (x,y,z) ที่ $z=y+2$ สามารถเขียนได้เป็น $\left(x,\frac{x^2-5}{4},\frac{x^2+3}{4}\right)$ และ สังเกตว่า x คือคำตอบของสมภาค $x^2\equiv 1(\mathrm{mod}\,4)$

ส่วนเกือบสามสิ่งอันดับพีทาโกรัส (APT) ที่ $z=y+3$ สามารถเขียนได้เป็น $\left(x,\frac{x^2-10}{6},\frac{x^2+8}{6}\right)$ และสังเกตว่า x คือคำตอบของสมภาค $x^2\equiv 4(\mathrm{mod}\,6)$

ข้อเสนอแนะ

สำหรับผู้สนใจเพิ่มเติมสามารถศึกษาสมบัติทั่วไปของสามสิ่งอันดับ (x,y,z) ที่สอดคล้องกับสมการ $x^2+y^2=z^2+n$ สำหรับบางจำนวนนับ n บางจำนวนที่ตรึงค่าไว้ได้ในทำนองเดียวกัน

อ้างอิง

[1] ราชบัณฑิตยสถาน. (2559). *พจนานุกรมศัพท์คณิตศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสภา* (พิมพ์ครั้งที่ 11). กรุงเทพฯ : สำนักงานราชบัณฑิตยสภา.

[2] สมใจ จิตพิทักษ์. (2545). *ทฤษฎีจำนวน* (พิมพ์ครั้งที่ 2). สงขลา : ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ.

[3] Arcavi, A. and Bruckheimer, M. (2000, July). “Farey rabbits,” *The Mathematical Gazette*. (84), 223 – 226.

[4] Chartrand, G. and Lesniak, L. (1996). *Graphs & Digraphs*. (3rd ed). London: Chapman & Hall.

[5] Weisstein, E. W. (2006, April 28) . *Algebraic Number*. Retrieved June 7, 2006, from http://mathworld.wolfram.com/AlgebraicNumber.html

Session

วิทยาศาสตร์สุขภาพ

O 17

การพัฒนาและการประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของไมโครแคปซูลสารสกัดพรมมิ

ศศิธร อุ่นสอน[1] ธรรมรัตน์ แก้วมณี[2] และศศิธร ชูศรี[3*]

บทคัดย่อ

พรมมิ (*Bacopa monnieri* (L.) Wettst.) เป็นพืชสมุนไพรที่มีสรรพคุณช่วยบำรุงสมองและระบบประสาท รวมถึงเสริมสร้างการเรียนรู้และความจำ อย่างไรก็ตามผู้คนมักไม่นิยมบริโภคพรมมิเนื่องจากมีรสขมและประสิทธิภาพในการดูดซึมต่ำ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาไมโครแคปซูลสารสกัดพรมมิเพื่อลดข้อจำกัดโดยใช้กระบวนการไมโครเอนแคปซูเลชันด้วยวิธีการอบแห้งพ่นฝอยโดยใช้มอลโตเด็กซ์ตรินและแป้งกล้วยเป็นสารห่อหุ้ม ผลการศึกษาพบว่าไมโครแคปซูลสูตร BM110-180 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยรวมดีที่สุด โดยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 1.46±0.10 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมของสารตัวอย่างและมีความสามารถในการดักจับอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS โดยมีค่าความเข้มข้นที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 เท่ากับ 13.07±0.24 และ 5.87±0.22 มิลลิกรัมต่อมิลลิตรของสารตัวอย่าง ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีความสามารถในการรีดิวซ์ประจุเฟอร์ริกที่ 1.63±0.01 ไมโครโมลาร์สมมูลของเฟอรัสซัลเฟตต่อมิลลิกรัมของสารตัวอย่างและค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเปอร์ออกซิลเท่ากับ 1.19±0.02 ไมโครโมลาร์สมมูลของโทรลอกซ์ต่อมิลลิกรัมของสารตัวอย่าง ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าไมโครแคปซูลที่พัฒนาขึ้นสามารถคงสารสำคัญและรักษาคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของพรมมิได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามการพัฒนาไมโครแคปซูลสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารยังจำเป็นต้องมีการศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซึมในร่างกายเพิ่มเติม

คำสำคัญ: พรมมิ ไมโครแคปซูล ไมโครเอนแคปซูเลชัน ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

[1] นักศึกษา, สาขาวิชาวิทยาการวิเคราะห์ทางสุขภาพและชีวการแพทย์ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง 57100
[2] อาจารย์, ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 94000
[3] อาจารย์, สาขาวิชาวิทยาการวิเคราะห์ทางสุขภาพและชีวการแพทย์ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง 57100
[1] Student, Health and Biomedical Analytics, School of Health science, Mae Fah Luang University, Chaing Rai, 571000
[2] Lecturer, Food Science and Nutrition, Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University, Pattani, 94000
[3] Lecturer, Health and Biomedical Analytics, School of Health science, Mae Fah Luang University, Chaing Rai, 571000
* Corresponding Author: E-mail: sasitorn.chu@mfu.ac.th

Development and Antioxidant Evaluation of Microencapsulated *Bacopa monnieri* Extract

Sasithon Aunsorn[1], Thammarat Kaewmanee[2], and Sasitorn Chusri[3*]

Abstract

Bacopa monnieri (L.) Wettst, commonly known as Brahmi is a medicinal plant known for neuroprotective effects, enhancing cognitive function and memory. However, its bitterness and low bioavailability limit its consumption. This study aimed to develop *Bacopa monnieri* extract microcapsules to overcome these limitations using spray-drying microencapsulation with maltodextrin and banana flour as wall materials. The results showed that the BM110-180 formulation had the highest overall antioxidant activity. It contained a total phenolic content of 1.46±0.10 GAE/g of sample. Additionally, it demonstrated free radical scavenging activity with IC_{50} values of 13.07±0.24 and 5.87±0.22 mg/mL for DPPH and ABTS assays, respectively. The ferric reducing antioxidant power was 1.63±0.01 µM $FeSO_4$ equivalent/mg sample, while the peroxyl radical scavenging capacity was 1.19±0.02 µM TAE/ mg sample. These findings suggest that the developed microcapsules effectively preserve *Bacopa monnieri* bioactive compounds and antioxidant properties. However, further studies on solubility and bioavailability are necessary for food product applications.

Keywords: Brahmi, *Bacopa monnieri*, Microcapsules, Microencapsulation, Antioxidant activity

บทนำ

พรมมิ (*Bacopa monnieri* (L.) Wettst.) เป็นพืชในวงศ์ Plantaginaceae พบได้ทั่วไปในพื้นที่ชุ่มน้ำของเขตอากาศอบอุ่นและเขตร้อน รวมถึงทุกภูมิภาคของประเทศไทย พรมมิเป็นที่รู้จักในทางการแพทย์อายุรเวทว่ามีสรรพคุณในการบำรุงระบบประสาท เสริมสร้างการเรียนรู้และความจำ นอกจากนี้ยังมีสรรพคุณทางยา ได้แก่ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ ต้านจุลชีพ บรรเทาปวด ลดไข้ ต้านซึมเศร้าและลดความวิตกกังวล พรมมิประกอบด้วยสารสำคัญหลายชนิด ได้แก่ ซาโปนิน (Saponins) อัลคาลอยด์ (Alkaloids) สเตียรอยด์ (Steroids) และฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) (กรกนก อิงคนินันท์, 2561) สารสำคัญที่พบในพรมมิเป็นกลุ่มซาโปนินไกลโคไซด์ (Saponin glycosides) นั่นคือ บาโคไซด์เอ (Bacoside A) ซึ่งเป็นสารที่ประกอบด้วยบาโคไซด์เอทรี (Bacoside A_3), บาโคปาไซด์ทู (Bacopaside II), บาโคปาไซด์เท็น (Bacopaside X) และบาโคปาซาโปนินซี (Bacopasaponin C) (Malishev et al., 2017)

ถึงแม้ว่าพรมมิจะมีประโยชน์และสรรพคุณทางยาแต่คนทั่วไปมักไม่ค่อยนิยมรับประทานเนื่องจากมีรสขม นอกจากนี้พรมมิยังมีความสามารถในการดูดซึมต่ำเนื่องจากละลายน้ำได้ยาก อีกทั้งยังไวต่อความร้อนและสภาวะที่เป็นกรด ซึ่งส่งผลให้คุณภาพและประสิทธิภาพของสารสำคัญลดลง (Phrompittayarat et al., 2008) ทางคณะผู้วิจัยจึงได้นำกระบวนการไมโครเอนแคปซูเลชัน (Microencapsulation) ซึ่งเป็นวิธีการห่อหุ้มสารให้อยู่ในรูปขนาดเล็กที่ประกอบด้วยชั้นแกนกลาง (Core layer) และชั้นห่อหุ้ม (Wall layer) (Chaturvedi & Sharma, 2024) ด้วยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray-drying) มาห่อหุ้มสารสกัดพรมมิใช้เพื่อกำจัดข้อจำกัดต่างๆ เนื่องจากกระบวนการนี้สามารถเพิ่มคุณสมบัติของสารสำคัญได้ โดยช่วยเพิ่มความคงตัว ยืดอายุการเก็บรักษาและลดการเสื่อมสภาพ อีกทั้งยังสามารถปกปิดรสชาติและกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ รวมถึงลดความเป็นพิษได้อีกด้วย นอกจากนี้ยังสามารถปกป้องสารสำคัญจากความชื้น ออกซิเจนแสงและปัจจัยแวดล้อมอื่นๆได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Calderón-Oliver & Ponce-Alquicira, 2022)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาสูตรไมโครแคปซูลสารสกัดพรมมิเพื่อแก้ไขข้อจำกัดที่มีอยู่ อีกทั้งยังสนับสนุนให้ผู้บริโภคสามารถรับประทานพรมมิได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ยังได้ทำการประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพื่อทดสอบว่าสูตรไมโครแคปซูลที่พัฒนาขึ้นสามารถคงรักษาคุณประโยชน์และความคงตัวของสารสำคัญได้หรือไม่

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วิธีการพัฒนาไมโครแคปซูลสารสกัดพรมมิ

สารสกัดพรมมิ (*Bacopa monnieri* (L.) Wettst.) ที่ใช้ในการพัฒนาไมโครแคปซูลได้มาจากการจัดซื้อจากบริษัท AP Operations Co., Ltd. (ชลบุรี, ประเทศไทย) ภายใต้เลขกำกับสินค้า BCP-2209147 โดยมีสารสำคัญคือบาโคไซด์ (Bacosides) ในปริมาณร้อยละ 21.24 สารสกัดดังกล่าวถูกใช้เป็นสารแกนกลางโดยนำมาละลายกับเอทานอล 95% แล้วจึงผสมกับแป้งกล้วย 100 กรัมและมอลโตเด็กซ์ตริน 400 กรัม เพื่อเตรียมเข้าสู่กระบวนการไมโครเอนแคปซูเลชัน โดยมีอัตราส่วนสารแกนกลางและสารห่อหุ้มที่แตกต่างกัน สูตรไมโครแคปซูลสารสกัดที่ได้จะถูกคนอย่างต่อเนื่องที่ความเร็ว 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 12 ชั่วโมง หลังจากนั้นจะทำการอบแห้งด้วยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray-dryer) โดยใช้เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยสองหัวฉีดสำหรับห้องปฏิบัติการ โดยตั้งอุณหภูมิขาเข้าและอุณหภูมิขาออกที่แตกต่างกัน โดยมีความดันอากาศของคอมเพรสเซอร์อยู่ที่ 1-31 บาร์ หลังจากนั้นผงไมโครแคปซูลสารสกัดพรมมิจะถูกเก็บในภาชนะแก้วโดยใช้เครื่องไซโคลนคัดแยกอนุภาคสูง จากนั้นนำผง

ไมโครแคปซูลที่ได้ไปเก็บไว้ในโถดูดความชื้นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วที่อุณหภูมิห้อง เพื่อใช้ในการทดสอบผลผลิตจากกระบวนการห่อหุ้ม (Encapsulation yield) ซึ่งจะแสดงผลเป็นค่าร้อยละ

2. วิธีการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบสำคัญ

2.1 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content assay)

นำตัวอย่างละลายในเอทานอล 95% ปริมาตร 10 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลาย Folin-Ciocalteu ปริมาตร 100 ไมโครลิตรและสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ปริมาตร 80 ไมโครลิตร บ่มในที่มืดเป็นเวลา 45 นาทีที่อุณหภูมิห้อง วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร โดยค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดรายงานเป็นมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมของสารตัวอย่าง (mg gallic acid equivalent (GAE)/g sample)

2.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (Total flavonoid content assay)

นำตัวอย่างละลายในเอทานอล 95% ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ผสมกับน้ำกลั่น 80 ไมโครลิตรและโซเดียมไนไตรต์ ($NaNO_2$) ปริมาตร 6 ไมโครลิตร บ่มในที่มืดเป็นเวลา 6 นาทีที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นผสมอะลูมิเนียมไตรคลอไรด์ ($AlCl_3$) ปริมาตร 6 ไมโครลิตร บ่มในที่มืดเป็นเวลา 6 นาทีที่อุณหภูมิห้องอีกครั้ง หลังจากนั้นผสมโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ปริมาตร 40 และน้ำกลั่น ปริมาตร 48 ไมโครลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร โดยปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดรายงานเป็นมิลลิกรัมสมมูลของคาเทชินต่อกรัมของสารตัวอย่าง (mg catechin equivalent (CAE)/g sample)

3. วิธีการประเมินฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

3.1 การทดสอบความสามารถในการดักจับอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (DPPH radical scavenging activity)

นำตัวอย่างละลายในเอทานอล 95% ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลาย DPPH ปริมาตร 180 ไมโครลิตร บ่มในที่มืดเป็นเวลา 5 นาทีที่อุณหภูมิห้อง วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร โดยใช้สารมาตรฐานโทรลอกซ์ (Trolox) เป็นตัวควบคุมเชิงบวก คำนวณหาค่าร้อยละการต้านอนุมูลอิสระและรายงานค่าความเข้มข้นที่ยับยั้งได้ร้อยละ 50 (Half maximal inhibition concentration, IC_{50}) เป็นมิลลิกรัมต่อมิลลิตรของสารตัวอย่าง (mg/mL)

3.2 การทดสอบความสามารถในการดักจับอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS (ABTS radical scavenging activity)

นำตัวอย่างละลายในเอทานอล 95% ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลาย $ABTS^+$ ปริมาตร 180 ไมโครลิตร บ่มในที่มืดเป็นเวลา 6 นาทีที่อุณหภูมิห้อง วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร โดยใช้สารมาตรฐานโทรลอกซ์ (Trolox) เป็นตัวควบคุมเชิงบวก คำนวณหาค่าร้อยละการต้านอนุมูลอิสระและรายงานค่าความเข้มข้นที่ยับยั้งได้ร้อยละ 50 (Half maximal inhibition concentration, IC_{50}) เป็นมิลลิกรัมต่อมิลลิตรของสารตัวอย่าง (mg/mL)

3.3 การทดสอบความสามารถในการรีดิวซ์ประจุเฟอร์ริก (Ferric reducing antioxidant power, FRAP)

นำตัวอย่างละลายในเอทานอล 95% ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลาย FRAP ปริมาตร 180 ไมโครลิตร บ่มในที่มืดเป็นเวลา 30 นาทีที่อุณหภูมิห้อง วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร โดยใช้สารมาตรฐานผงจุลธาตุเหล็ก ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) เป็นตัวควบคุมเชิงบวก โดยค่าความสามารถในการรีดิวซ์ประจุเฟอร์ริกรายงานเป็นไมโครโมลาร์สมมูลของเฟอรัสซัลเฟตต่อมิลลิกรัมของสารตัวอย่าง (μM $FeSO_4$ equivalent/g sample)

3.4 การทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเปอร์ออกซิล (Oxygen radical absorbance capacity, ORAC)

นำตัวอย่างละลายในเอทานอล 95% ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลายฟลูออเรสซีน (Fluorescein) ปริมาตร 150 ไมโครลิตรและเอเอพีเอช (2,2'-Azobis(2-amidinopropane) dihydrochloride, AAPH) ปริมาณ 25 ไมโครลิตร ไมโครลิตร บ่มในที่มืดเป็นเวลา 15 นาทีที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นสำหรับการกระตุ้น 485 นาโนเมตรและความยาวคลื่นสำหรับการเปล่งแสง 528 นาโนเมตร ทุก ๆ 5 นาทีเป็นเวลา 3 ชั่วโมง โดยค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเปอร์ออกซิลรายงานเป็นไมโครโมลาร์สมมูลของโทรลอกซ์ต่อมิลลิกรัมของสารตัวอย่าง (μM trolox equivalent (TAE)/g sample)

4. การวิเคราะห์ทางสถิติ

การประเมินความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในทุกวิธีดำเนินการซ้ำอย่างน้อย 3 ครั้ง โดยแสดงผลเป็นค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) โดยใช้โปรแกรม SPSS (IBM SPSS Statistics, version 25) และตรวจสอบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้วยวิธีของ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ $p<0.05$

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. การพัฒนาไมโครแคปซูลสารสกัดพรมมิ

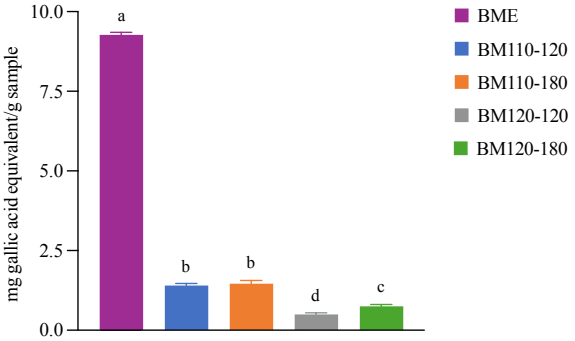
ไมโครแคปซูลสารสกัดพรมมิได้รับการพัฒนาโดยการใช้กระบวนการไมโครเอนแคปซูเลชันด้วยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอย ไมโครแคปซูลสารสกัดพรมมิประกอบด้วย 4 สูตร BM110-120 BM110-180 BM120-120 และ BM120-180 โดยมีอัตราส่วนสารแกนกลางต่อสารห่อหุ้มเท่ากับ 1:10 และ 1:20 โดยตั้งอุณหภูมิขาเข้าที่ 120 และ 180 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิขาออกที่ 75 และ 105 องศาเซลเซียส จากการทดสอบร้อยละผลได้จากการห่อหุ้มพบว่าไมโครแคปซูลสารสกัดพรมมิที่มีค่าสูงที่สุดคือ BM110-120 มีค่าเท่ากับ 40.62 รองลงมาคือ BM120-180 (39.14) BM110-180 (39.08) และ BM120-120 (37.14) ตามลำดับ ดังแสดงใน**ตารางที่ 1** ในงานวิจัยนี้เลือกใช้มอลโตเดกซ์ทรินและแป้งกล้วยเป็นสารห่อหุ้ม เนื่องจากทั้งสองสารนี้เป็นสารเคลือบที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากละลายได้ดี มีความหนืดต่ำ สามารถสร้างเป็นฟิล์มได้และราคาถูก (Nur Hanani & Abdullah, 2016; Xiao et al., 2022) นอกจากนี้แป้งกล้วยยังเป็นส่วนประกอบอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการและมีฟังก์ชันสูง โดยมีแป้งต้านทานการย่อย (Resistant starch) และใยอาหารสูง ซึ่งเหมาะสมสำหรับการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารต่อไป (Munir et al., 2024) ผลการทดลองพบว่าไมโครแคปซูลที่ใช้อุณหภูมิขาเข้าและขาออกที่ต่ำกว่าส่งผลให้ร้อยละผลได้จากการห่อหุ้มสูงขึ้น นอกจากนี้อัตราส่วนสารแกนกลางต่อสารห่อหุ้มที่สูงขึ้นยังช่วยเพิ่มค่าร้อยละผลได้จากการห่อหุ้มเช่นเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Grassia และคณะ (2021) ที่ทำการห่อหุ้มสารสกัดฟีนอลิกจากเปลือกโกโก้ด้วยมอลโตเด็กซ์ตรินโดยใช้วิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยในอัตราส่วนสารแกนกลางต่อสารห่อหุ้มและอุณหภูมิที่แตกต่างกัน พบว่าร้อยละผลได้จากการห่อหุ้มมีความแตกต่างกันตามอัตราส่วนและอุณหภูมิที่ใช้

ตารางที่ 1 อัตราส่วนของสารแกนกลางและสารห่อหุ้มของไมโครแคปซูลสารสกัดพรมมิและผลได้จากการห่อหุ้ม

สูตร	อัตราส่วน สารแกนกลาง:สารห่อหุ้ม	อุณหภูมิ (°C)		ผลได้จากการ ห่อหุ้ม (%)
		ขาเข้า	ขาออก	
BM110-120	1:10	120	75	40.62
BM110-180	1:10	180	105	39.08
BM120-120	1:20	120	75	37.14
BM120-180	1:20	180	105	39.14

2. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบสำคัญ

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดพรมมิและไมโครแคปซูลสารสกัดพรมมิโดยรายงานเป็นมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมของสารตัวอย่าง พบว่าสารสกัดพรมมิมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 9.27±0.08 และไมโครแคปซูลสารสกัดพรมมิที่มีค่ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุดคือ BM110-180 มีค่าเท่ากับ 1.46±0.10 รองลงมาคือ BM110-120 (1.40±0.07) BM120-180 (0.75±0.06) และ BM120-120 (0.50±0.05) ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p<0.05$ ดังแสดงในภาพที่ 1 อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของสารสกัดพรมมิและไมโครแคปซูลสารสกัดพรมมิโดยรายงานเป็นมิลลิกรัมสมมูลของคาเทชินต่อกรัมของสารตัวอย่าง พบว่าสารสกัดพรมมิมีปริมาณเท่ากับ 8.04±0.15 แต่ไม่สามารถตรวจพบได้ในทุกสูตรของไมโครแคปซูลสารสกัดพรมมิที่ทำการวิเคราะห์ทั้งหมด สารสกัดพรมมิสามารถพบสารประกอบฟีนอลิกและสารประกอบฟลาโวนอยด์ในปริมาณมาก เนื่องจากทั้งสองเป็นกลุ่มสารประกอบสำคัญที่พบได้ในพืช แต่สารประกอบฟลาโวนอยด์เป็นเพียงกลุ่มย่อยหนึ่งของสารประกอบฟีนอลิกจึงทำให้พบในปริมาณที่น้อยกว่า (Hassanpour & Doroudi, 2023; Sun & Shahrajabian, 2023) โดยในกระบวนการไมโครเอนแคปซูลเลชันที่มีการใช้อุณหภูมิสูงส่งผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในไมโครแคปซูลสารสกัดพรมมิลดลงและไม่สามารถตรวจพบสารประกอบฟลาโวนอยด์ได้เนื่องจากการเสื่อมสภาพจากความร้อนของสารประกอบทั้งสอง (Antony & Farid, 2022)



ภาพที่ 1 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดพรมมิ (BME) และไมโครแคปซูลสารสกัดพรมมิ (BM) โดยมีตัวอักษร $^{a-d}$ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p<0.05$

3. การประเมินฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

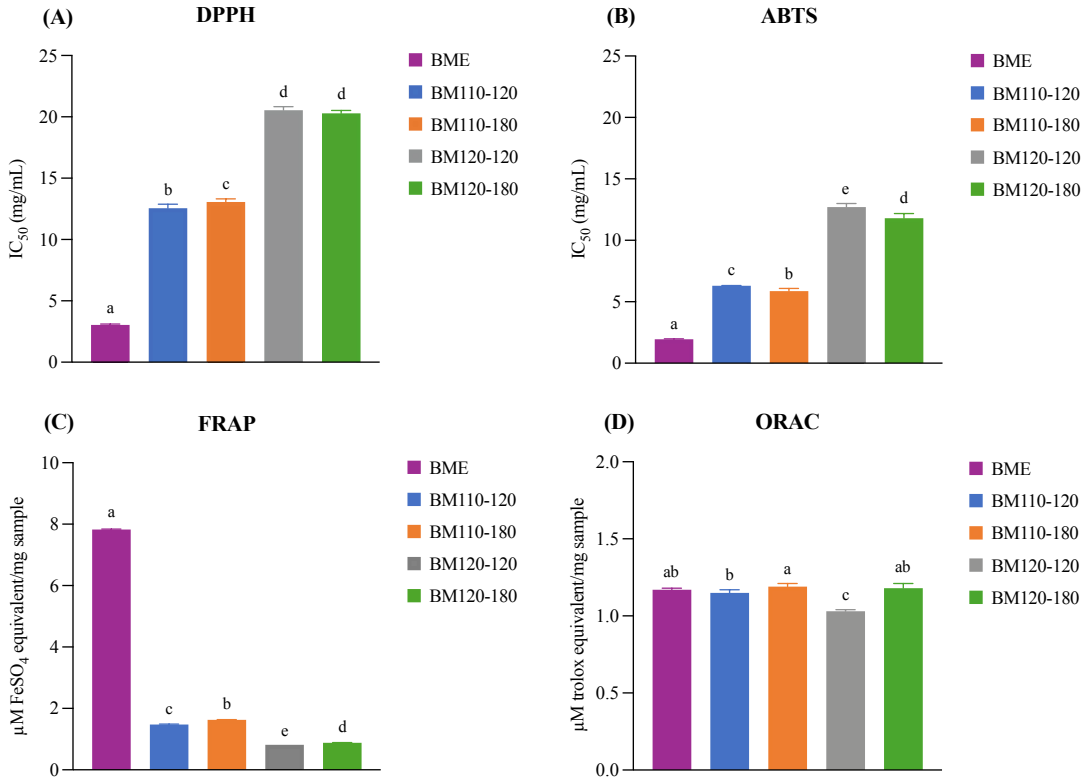
จากการความสามารถในการดักจับอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของสารสกัดพรมมิและไมโครแคปซูลสารสกัดพรมมิโดยรายงานค่าความเข้มข้นที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 เป็นมิลลิกรัมต่อมิลลิตรของตัวอย่าง พบว่าสารสกัดพรมมิมีค่าเท่ากับ 3.05±0.07 และไมโครแคปซูลสารสกัดพรมมิที่มีค่าต่ำที่สุดคือ BM110-120 มีค่าเท่ากับ 12.56±0.33 และ รองลงมาคือ BM110-180 (13.07±0.24) BM120-180 (20.29±0.24) และ BM120-120 (20.54±0.30) ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p<0.05$ ดังแสดงใน**ภาพที่ 2A** และความสามารถในการดักจับอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS ของสารสกัดพรมมิและไมโครแคปซูลสารสกัดพรมมิโดยรายงานค่าความเข้มข้นที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 เป็นมิลลิกรัมต่อมิลลิตรของตัวอย่าง พบว่าสารสกัดพรมมิมีค่าเท่ากับ 1.95±0.04 และไมโครแคปซูลสารสกัดพรมมิที่มีค่าสูงที่สุดคือ BM110-180 มีค่าเท่ากับ 5.87±0.22 รองลงมาคือ BM110-120 (6.31±0.02) BM120-180 (11.81±0.38) และ BM120-120 (12.70±0.30) ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p<0.05$ ดังแสดงใน**ภาพที่ 2B** โดยทั้งสองวิธีเป็นเทคนิคที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการทดสอบในสารสกัดจากพืชและน้ำมันหอมระเหยด้วยกลไกการถ่ายโอนไฮโดรเจนอะตอมและการถ่ายโอนอิเล็กตรอน เนื่องจากมีความง่าย สะดวก รวดเร็ว และสามารถตรวจจับสารต้านอนุมูลอิสระที่มีความเข้มข้นต่ำได้ (Johari & Khan, 2022) แต่อย่างไรก็ตาม DPPH สามารถละลายได้เฉพาะในตัวทำละลายอินทรีย์ ในขณะที่ ABTS สามารถละลายได้ทั้งในตัวทำละลายอินทรีย์และน้ำ ทำให้ ABTS สามารถใช้ทดสอบตัวอย่างได้หลากหลายมากกว่า ทั้งในสารละลายน้ำและสารละลายในไขมัน นอกจากนี้ ABTS ยังเกิดปฏิกิริยาและตอบสนองต่ออนุมูลอิสระได้เร็วกว่า DPPH ส่งผลให้มีประสิทธิภาพในการดักจับอนุมูลอิสระที่ดีกว่า (Floegel et al., 2011; Lee et al., 2015)

นอกจากนั้นการทดสอบความสามารถในการรีดิวซ์ประจุเฟอร์ริกของสารสกัดพรมมิและไมโครแคปซูลสารสกัดพรมมิโดยรายงานเป็นไมโครโมลาร์สมมูลของเฟอรัสซัลเฟตต่อมิลลิกรัมของสารตัวอย่าง พบว่าสารสกัดพรมมิมีค่าความสามารถเท่ากับ 7.83±0.01 และไมโครแคปซูลสารสกัดพรมมิที่มีค่าความสามารถสูงที่สุดคือ BM110-180 มีค่าเท่ากับ 1.63±0.01 รองลงมาคือ BM110-120 (1.48±0.01) BM120-180 (0.88±0.01) และ BM120-120 (0.82±0.00) ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p<0.05$ ดังแสดงใน**ภาพที่ 2C** ผลการทดลองนี้แสดงให้ถึงความสามารถของทั้งสารสกัดพรมมิและไมโครแคปซูลสารสกัดพรมมิในการรีดิวซ์ประจุเฟอร์ริก (Fe^{3+}) ให้เป็นประจุเฟอร์รัส (Fe^{2+}) ด้วยกลไกการถ่ายโอนอิเล็กตรอน (Munteanu & Apetrei, 2021) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Polanco และคณะ (2024) ที่ทำการห่อหุ้มสารสกัดใบโบลโด (*Peumus boldus* M.) ด้วยมอลโตเด็กซ์ตรินโดยใช้วิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่แตกต่างกันของอัตราส่วนสารแกนกลางต่อสารห่อหุ้ม อุณหภูมิและเวลา เมื่อศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ พบว่าไมโครแคปซูลที่มีค่าความสามารถในการดักจับอนุมูลอิสระสูงจากวิธี DPPH และ ABTS มีแนวโน้มที่จะมีค่าความสามารถในการรีดิวซ์ประจุเฟอร์ริกสูงเช่นกัน

รวมถึงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเปอร์ออกซิลของสารสกัดพรมมิและไมโครแคปซูลสารสกัดพรมมิโดยรายงานเป็นไมโครโมลาร์สมมูลของโทรลอกซ์ต่อมิลลิกรัมของสารตัวอย่าง พบว่าสารสกัดพรมมิมีค่าความสามารถเท่ากับ 1.17±0.01 และไมโครแคปซูลสารสกัดพรมมิที่มีค่าความสามารถสูงที่สุดคือ BM110-180 มีค่าเท่ากับ 1.19±0.02 รองลงมาคือ BM120-180 (1.18±0.03) BM110-120 (1.15±0.02) และ BM120-120 (1.03±0.01) ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p<0.05$ ดังแสดงใน**ภาพที่ 2D** ผลการทดลองนี้แสดงถึงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเปอร์ออกซิล (Peroxyl free radicals) ผ่านกลไกการถ่ายโอนไฮโดรเจนอะตอม (Prior, 2015) โดยพบว่าค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเปอร์ออกซิลของสารสกัดพรมมิและไมโครแคปซูลสารสกัดพรมมิยังคงอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งบ่งชี้ว่าแม้กระบวนการไมโครเอนแคปซูลเลชันจะส่งผลต่อการ

ลดลงของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระบางชนิด แต่ยังสามารถคงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเปอร์ออกซิลไว้ได้ ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Moreno และคณะ (2016) ที่ทำการห่อหุ้มสารสกัดกากองุ่น (Grape marc) ด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน (Maltodextrin) เวย์โปรตีน (Whey protein) หรือโปรตีนจากถั่วลันเตา (Pea protein) โดยใช้กระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิขาเข้าและขาออกต่างกัน พบว่าทุกสภาวะการผลิตสามารถรักษาค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเปอร์ออกซิลไว้ได้

เมื่อเปรียบเทียบกับสารสกัดพรมมิพบว่าการพัฒนาสูตรไมโครแคปซูลส่งผลให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการใช้อุณหภูมิที่สูงในกระบวนการผลิตและการเจือจางของสารสกัดด้วยสารห่อหุ้ม (Vonghirundecha et al., 2022) ดังนั้นควรมีการปรับปรุงสูตรไมโครแคปซูลโดยควบคุมอุณหภูมิในกระบวนการผลิตและปรับอัตราส่วนของสารแกนกลางต่อสารห่อหุ้มให้เหมาะสมเพื่อรักษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของไมโครแคปซูล



ภาพที่ 2 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดพรมมิ (BME) และไมโครแคปซูลสารสกัดพรมมิ (BM) (**A**) ความสามารถในการดักจับอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (**B**) ความสามารถในการดักจับอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS (**C**) ความสามารถในการรีดิวซ์ประจุเฟอร์ริก (**D**) ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเปอร์ออกซิล โดยมีตัวอักษร $^{a-d}$ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p<0.05$

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้พัฒนาไมโครแคปซูลสารสกัดพรมมิด้วยกระบวนการไมโครเอนแคปซูเลชันแบบอบแห้งพ่นฝอย โดยใช้มอลโตเดกซ์ทรินและแป้งกล้วยเป็นสารห่อหุ้มในอัตราส่วนสารแกนกลางต่อสารห่อหุ้มและอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ผลการทดสอบพบว่าไมโครแคปซูลสารสกัดพรมมิ BM120-180 มีปริมาณสารประกอบสำคัญและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยรวมดีที่สุดเมื่อทดสอบด้วยวิธีต่าง ๆ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไมโครแคปซูลสูตรนี้สามารถคงสารสำคัญและรักษาคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดพรมมิได้แม้ผ่านกระบวนการไมโครเอนแคปซูเลชัน

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวงในการสนับสนุนการทำงานวิจัยและงบประมาณในโครงการ การสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสารสกัดพรมมิ: การพัฒนาส่วนประกอบฟังก์ชันที่ได้มาตรฐานจากไมโครแคปซูลของสารสกัด เลขที่ 672A05017 รวมถึงขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาการวิเคราะห์ทางสุขภาพและชีวการแพทย์ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพในการสนับสนุนอุปกรณ์และสถานที่ในการทำงานวิจัย

อ้างอิง

กรกนก อิงคนินันท์. (2561). พรมมิ สมุนไพรบำรุงความจำ (พิมพ์ครั้งที่ 1). พิษณุโลก: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร.

Antony, A., & Farid, M. (2022). Effect of Temperatures on Polyphenols during Extraction. *Applied Sciences (Basel, Switzerland)*, *12*(4), 2107. https://doi.org/10.3390/app12042107

Calderón-Oliver, M., & Ponce-Alquicira, E. (2022). The role of microencapsulation in food application. *Molecules (Basel, Switzerland)*, *27*(5), 1499. https://doi.org/10.3390/molecules27051499

Chaturvedi, P., & Sharma, P. (2024). A review on microencapsulation as method of drug delivery. *BIO Web of Conferences*, *86*, 01033. https://doi.org/10.1051/bioconf/20248601033

Floegel, A., Kim, D.-O., Chung, S.-J., Koo, S. I., & Chun, O. K. (2011). Comparison of ABTS/DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich US foods. *Journal of Food Composition and Analysis: An Official Publication of the United Nations University, International Network of Food Data Systems*, *24*(7), 1043–1048. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2011.01.008

Grassia, M., Messia, M. C., Marconi, E., Demirkol, Ö̈. Şakiyan, Erdoğdu, F., Sarghini, F., Cinquanta, L., Corona, O., & Planeta, D. (2021). Microencapsulation of phenolic extracts from cocoa shells to enrich chocolate bars. *Plant Foods for Human Nutrition (Dordrecht, Netherlands)*, *76*(4), 449–457. https://doi.org/10.1007/s11130-021-00917-4

Hassanpour, S. H., & Doroudi, A. (2023). Review of the antioxidant potential of flavonoids as a subgroup of polyphenols and partial substitute for synthetic antioxidants. *Avicenna Journal of Phytomedicine*, *13*(4), 354–376. https://doi.org/10.22038/AJP.2023.21774

Johari, A., & Khan, M. H. (2022). Evaluation of antioxidant activity of essential oils of some Indian medicinal plants by DPPH, FRAP and ABTS assay. *Journal of Pharmaceutical Negative Results*, 2602–2607. https://doi.org/10.47750/pnr.2022.13.s06.335

Lee, K. J., Oh, Y. C., Cho, W. K., & Ma, J. Y. (2015). Antioxidant and anti-inflammatory activity determination of one hundred kinds of pure chemical compounds using offline and online screening HPLC assay. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine: eCAM*, *2015*, 165457. https://doi.org/10.1155/2015/165457

Malishev, R., Shaham-Niv, S., Nandi, S., Kolusheva, S., Gazit, E., & Jelinek, R. (2017). Bacoside-A, an Indian traditional-medicine substance, inhibits β-amyloid cytotoxicity, fibrillation, and membrane interactions. *ACS Chemical Neuroscience*, *8*(4), 884–891. https://doi.org/10.1021/acschemneuro.6b00438

Moreno, T., de Paz, E., Navarro, I., Rodríguez-Rojo, S., Matías, A., Duarte, C., Sanz-Buenhombre, M., & Cocero, M. J. (2016). Spray drying formulation of polyphenols-rich grape Marc extract: Evaluation of operating conditions and different natural carriers. *Food and Bioprocess Technology*, *9*(12), 2046–2058. https://doi.org/10.1007/s11947-016-1792-0

Munir, H., Alam, H., Nadeem, M. T., Almalki, R. S., Arshad, M. S., & Suleria, H. A. R. (2024). Green banana resistant starch: A promising potential as functional ingredient against certain maladies. *Food Science & Nutrition*, *12*(6), 3787–3805. https://doi.org/10.1002/fsn3.4063

Munteanu, I. G., & Apetrei, C. (2021). Analytical methods used in determining antioxidant activity: A review. *International Journal of Molecular Sciences*, *22*(7), 3380. https://doi.org/10.3390/ijms22073380

Nur Hanani, Z. A., & Abdullah, S. (2016). Development of green banana (Musa paradisiaca) as potential food packaging films and coatings. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, *6*(1), 88. https://doi.org/10.18517/ijaseit.6.1.673

Phrompittayarat, W., Wittaya-areekul, S., Jetiyanon, K., Putalun, W., Tanaka, H., & Ingkaninan, K. (2008). Stability studies of saponins in *Bacopa monnieri* dried ethanolic extracts. *Planta Medica*, *74*(14), 1756–1763. https://doi.org/10.1055/s-0028-1088311

Polanco, V., Cerdá-Bernad, D., Quispe-Fuentes, I., Bernal, C., & López, J. (2024). Bioactive content and antioxidant properties of spray-dried microencapsulates of *Peumus boldus* M. leaf extracts. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, *13*(12). https://doi.org/10.3390/antiox13121568

Prior, R. L. (2015). Oxygen radical absorbance capacity (ORAC): New horizons in relating dietary antioxidants/bioactives and health benefits. *Journal of Functional Foods*, *18*, 797–810. https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.12.018

Sun, W., & Shahrajabian, M. H. (2023). Therapeutic potential of phenolic compounds in medicinal plants-natural health products for human health. *Molecules (Basel, Switzerland)*, *28*(4), 1845. https://doi.org/10.3390/molecules28041845

Vonghirundecha, P., Chusri, S., Meunprasertdee, P., & Kaewmanee, T. (2022). Microencapsulated functional ingredients from a *Moringa oleifera* leaf polyphenol-rich extract: Characterization, antioxidant properties, *in vitro* simulated digestion, and storage stability. *Lebensmittel-Wissenschaft Und Technologie [Food Science and Technology]*, *154*(112820), 112820. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112820

Xiao, Z., Xia, J., Zhao, Q., Niu, Y., & Zhao, D. (2022). Maltodextrin as wall material for microcapsules: A review. *Carbohydrate Polymers*, *298*(120113), 120113. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2022.120113

O 18

การสำรวจและประเมินคุณสมบัติพรีไบโอติกในอะมาซาเกะที่หมักจากข้าวหอมมะลิไทย

รัญชน์ กิจค้างพลู[1*] นิเวศน์ กุลวงค์[2] และวุฒิชัย นาชัยเวียง[2]

บทคัดย่อ

อะมาซาเกะเป็นเครื่องดื่มที่ได้จากการหมักข้าวญี่ปุ่น ซึ่งมีต้นกำเนิดในประเทศญี่ปุ่น โดยใช้รา *Aspergillus oryzae* (โคจิ) เป็นหัวเชื้อในกระบวนการผลิตและเป็นที่ยอมรับในฐานะพรีไบโอติกธรรมชาติที่ส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในระบบทางเดินอาหาร แม้ว่าจะมีงานวิจัยจำนวนมากที่ศึกษาผลิตภัณฑ์อะมาซาเกะจากข้าวญี่ปุ่น แต่การศึกษาที่ใช้ข้าวหอมมะลิไทยยังมีอยู่อย่างจำกัด งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและพรีไบโอติกในอะมาซาเกะที่ผลิตจากข้าวหอมมะลิไทย (Jasmine rice amazake, JM_AMA) โดยเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์จากญี่ปุ่น (Japanese rice amazake, JP_AMA) และข้าวหอมมะลิก่อนหมัก (JM_PRE) การวิเคราะห์ใช้เทคนิคเมตาโบโลมิกส์ (Untargeted Metabolomics) ด้วยโครมาโทกราฟีของเหลวควบคู่แมสสเปกโทรเมตรีแบบ Quadrupole-Time-of-Flight (LC-QTOF-MS/MS) จำนวนสองรอบและเลือกใช้ข้อมูลที่พบเจอสองครั้งในการวิเคราะห์ต่อ พร้อมระบุชื่อสารประกอบที่เป็นไปได้โดยจับคู่สูตรเคมีที่ได้กับฐานข้อมูล Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes (KEGG) เพื่อระบุสารที่เป็นไปได้มากที่สุด ผลการวิเคราะห์เชิงคุณภาพแสดงให้เห็นว่ารายชื่อสารที่เป็นไปได้ของตัวอย่างทั้งสามกลุ่มมีความใกล้เคียงกัน โดยไม่พบสารพรีไบโอติกจำเพาะที่โดดเด่นอย่างชัดเจน จึงมุ่งศึกษาการเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาณของพรีไบโอติกไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ (Isomaltooligosaccharides, IMOs) โดยใช้โครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูงตรวจวัดด้วยดัชนีหักเหของแสง (High-Performance Liquid Chromatography with Refractive Index Detector, HPLC-RID) พบว่า IMOs มีปริมาณเพิ่มขึ้นใน JM_AMA เมื่อเทียบกับ JM_PRE และปริมาณที่พบยังมีระดับใกล้เคียงกับ JP_AMA งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของอะมาซาเกะจากข้าวหอมมะลิไทยในฐานะแหล่ง พรีไบโอติกจาก IMOs และรายชื่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่เป็นไปได้นั้นเทียบเท่าได้กับผลิตภัณฑ์จากประเทศญี่ปุ่น

คำสำคัญ: โคจิ อะมาซาเกะ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ พรีไบโอติกซ์

[1] นักศึกษา, สาขาวิชาวิทยาการวิเคราะห์ทางสุขภาพและชีวการแพทย์ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง เชียงราย 57100

[2] อาจารย์, สาขาวิชาวิทยาการวิเคราะห์ทางสุขภาพและชีวการแพทย์ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง เชียงราย 57100

[1] Student, Health and Biomedical Analytics, School of Health Science, Mae Fah Luang University, Chaing Rai, 57100

[2] Lecturer, Health and Biomedical Analytics, School of Health Science, Mae Fah Luang University, Chaing Rai, 57100

*Corresponding Author: E-mail: 6451811006@lamduan.mfu.ac.th, Tel: 081-553-9925

Exploration And Evaluation of Prebiotic in Fermented Amazake from Thai Jasmine Rice

Ran Kitkangplu[1*] Niwed Kulwong[2] andWoottichai Nachaiwieng[2]

Abstract

Amazake is a traditional Japanese fermented the Japanese rice beverage produced using *Aspergillus oryzae* (Koji) as a starter culture. It is widely recognized as a natural prebiotic capable of promoting the growth of probiotics in gut microbiota. Although numerous studies have investigated amazake derived from Japanese rice, research involving jasmine rice from Thailand remains limited. This study aims to investigate the bioactive compounds and prebiotics present in amazake produced from Thai jasmine rice (Jasmine rice amazake, JM_AMA), and to compare these findings with a commercial Japanese amazake product (Japanese rice amazake, JP_AMA) and non-fermented jasmine rice (JM_PRE). The untargeted metabolomics analytics approach using Liquid Chromatography coupled with Quadrupole-Time-of-Flight Mass Spectrometry (LC-QTOF-MS/MS) these analytics are two replicates. Only compounds detected in both replicates were considered for next identification, with their predicted formulas matched against the Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes (KEGG) database to determine the most probable metabolites. Qualitative results showed the tentative compounds in all three samples had comparable profiles, with no distinct prebiotic compounds standing out across samples. Consequently, the study focused on the quantitative evaluation of isomaltooligosaccharides (IMOs), a group of prebiotics reported to enhance beneficial gut bacteria. This was carried out using High-Performance Liquid Chromatography with a Refractive Index Detector (HPLC-RID). The results showed an increase in IMOs levels in JM_AMA compared to JM_PRE, with concentrations comparable to those found in JP_AMA. These findings suggested that jasmine rice-based amazake had potential as a source of IMOs and bioactive compounds comparable to JP_AMA.

Keywords: Koji Amazake, Bioactive compound, Isomaltooligosaccharide, Prebiotic

บทนำ

โคจิ อะมาซาเกะ (Koji Amazake) เป็นเครื่องดื่มหมักที่ไม่มีแอลกอฮอล์ซึ่งได้จากกระบวนการย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาล (Saccharification) ในข้าวญี่ปุ่นหุงสุกโดยใช้เชื้อรา *Aspergillus oryzae* หรือที่รู้จักกันในประเทศญี่ปุ่นว่า “โคจิ” เป็นหัวเชื้อหลัก เครื่องดื่มชนิดนี้มีความโดดเด่นในด้านการเป็นแหล่งของสารพรีไบโอติกซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการส่งเสริมสุขภาพของผู้บริโภค (Kurahashi, 2021) โดยพรีไบโอติกหมายถึงสารอาหารส่วนมากเป็นประเภทคาร์โบไฮเดรตที่ไม่สามารถย่อยหรือดูดซึมได้โดยระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ แต่สามารถถูกนำไปใช้เป็นพลังงานโดยจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในลำไส้เพื่อการเจริญเติบโตและการสร้างสารเมตาบอไลต์ที่เป็นประโยชน์ เช่น กรดไขมันสายสั้น (Short-chain fatty acids; SCFAs) ซึ่งมีผลดีต่อสุขภาพของโฮสต์หรือมนุษย์ที่บริโภคเข้าไป (Pineiro et al., 2008)

ประเทศไทยเป็นหนึ่งในประเทศผู้ส่งออกข้าวรายสำคัญของโลก โดยเฉพาะข้าวหอมมะลิ (*Oryza sativa L.* KDML) (Rakthanyakarn & Chaiprasit, 2019) ด้วยมาตรฐานการคัดเลือกที่เข้มงวดในกระบวนการผลิตและส่งออก ทำให้มีข้าวบางส่วนที่ไม่ผ่านการคัดเกรดและกลายเป็นของเหลือจากการผลิตจำนวนมาก ข้าวเหล่านี้จึงเป็นทรัพยากรที่สำคัญในการนำมาแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่า โดยเฉพาะในรูปแบบของผลิตภัณฑ์ถนอมอาหาร อย่างไรก็ตามปัจจุบันประเทศไทยยังมีผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากข้าวหอมมะลิอยู่ค่อนข้างน้อย ตัวอย่างหนึ่งของการประยุกต์ใช้คือการผลิตโยเกิร์ตจากข้าวหอมมะลิไทย แต่กระบวนการผลิตยังมีต้นทุนสูงและข้อจำกัดด้านเทคโนโลยีที่ยังต้องพัฒนาอีกมาก (Kumari et al., 2015)

ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำข้าวหอมมะลิไทยมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเครื่องดื่มหมักอะมาซาเกะ อันเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวหอมมะลิผ่านกระบวนการแปรรูปทางอาหาร โดยมุ่งเน้นการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์อะมาซาเกะที่ผลิตโดยผู้ประกอบการรายใหม่ซึ่งกำลังพัฒนาการใช้ข้าวหอมมะลิไทยเป็นวัตถุดิบหลัก เพื่อตรวจสอบองค์ประกอบของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในระดับเบื้องต้นทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ โดยเฉพาะสารในกลุ่มพรีไบโอติก ทั้งนี้เพื่อเปรียบเทียบความสอดคล้องขององค์ประกอบสารเหล่านี้กับผลิตภัณฑ์อะมาซาเกะจากประเทศญี่ปุ่นซึ่งเป็นต้นแบบของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวไปด้วยกัน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วิธีการเตรียมตัวอย่างอะมาซาเกะ

ผลิตภัณฑ์อะมาซาเกะที่ใช้ในการทดลองได้รับความร่วมมือจาก YoRice Café (เชียงใหม่, ประเทศไทย) ผู้ผลิตและจำหน่ายเครื่องดื่มอะมาซาเกะจากข้าวหอมมะลิไทย (*Oryza sativa L.* KDML) กระบวนการผลิตประกอบด้วยการเตรียมหัวเชื้อโคจิ โดยนำเชื้อรา *Aspergillus oryzae* มาบ่มกับข้าวญี่ปุ่น (*Oryza sativa japonica*) หุงสุกที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 วัน จากนั้นจึงผสมหัวเชื้อที่ได้กับข้าวหอมมะลิหุงสุกและน้ำสะอาด แล้วหมักที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยมีการคนส่วนผสมตลอดกระบวนการหมัก ก่อนนำไปพาสเจอไรซ์และจำหน่าย

ตัวอย่างอะมาซาเกะที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย 3 กลุ่ม ได้แก่ 1) อะมาซาเกะจากข้าวหอมมะลิไทยหลังหมักและพาสเจอไรซ์ (JM_AMA) 2) น้ำข้าวหอมมะลิที่ผสมหัวเชื้อแต่ยังไม่ผ่านการหมักหรือพาสเจอไรซ์ (JM_PRE) และ 3) ผลิตภัณฑ์อะมาซาเกะจากประเทศญี่ปุ่นที่ใช้ข้าวญี่ปุ่นเป็นวัตถุดิบ (JP_AMA) ซึ่งไม่เปิดเผยชื่อทางการค้าเพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบต่อภาพลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ ตัวอย่างทั้งหมดถูกขนส่งที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียสและเก็บรักษาไว้ที่ -20 องศาเซลเซียสจนกว่าจะทำการสกัดเพื่อนำไปวิเคราะห์

2. วิธีการสกัดตัวอย่างอะมาซาเกะ

เพื่อเตรียมตัวอย่างอะมาซาเกะสำหรับการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟี จำเป็นต้องผ่านกระบวนการสกัด โดยนำตัวอย่างปริมาณ 10 มิลลิลิตรไปปั่นเหวี่ยงที่แรง 2,300 (g) เป็นเวลา 5 นาที แล้วแยกของเหลวชั้นบนออกเพื่อนำไป

ระเหยจนได้สารละลายเข้มคล้ายไซรัป (ประมาณ 20 นาที, ในอุณหภูมิไม่เกิน 50 องศาเซลเซียส) จากนั้นละลายในไอโซโพรพานอล 50% (Isopropanol; Merck, German) ปริมาณ 1 มิลลิลิตรและเจือจางด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออน (Deionized water) ในอัตราส่วน 1:4 ก่อนกรองผ่านไซริงค์ฟิลเตอร์ไนลอนรูขนาด 0.22 ไมครอน (ALWSCI Corp., China) ของเหลวสุดท้ายที่ได้มีปริมาณประมาณ 4–4.5 มิลลิลิตร แล้วเก็บไว้ในขวดแก้วปลอดเชื้อและแช่เย็นที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสเพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

3. วิธีการวิเคราะห์เมตาโบโรมิกส์ด้วยโครมาโทกราฟีของเหลวควบคู่แมสสเปกโทรเมตรี

การวิเคราะห์เมตาโบโลมิกส์แบบไม่มีเป้าหมาย (Untargeted Metabolomics) เป็นเทคนิคที่ใช้ในการตรวจสอบสารประกอบทั้งหมดในตัวอย่างโดยไม่ระบุชนิดล่วงหน้า โดยอาศัยการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้กับฐานข้อมูลทางชีวเคมีที่เป็นไปได้ที่จะตรวจพบในตัวอย่าง เพื่อคาดการณ์ชนิดของสารประกอบด้วยความแม่นยำในระดับสูงขึ้น ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการวิจัยต่อยอดในอนาคต การวิเคราะห์ในครั้งนี้ดำเนินการด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวควบคู่แมสสเปกโทรเมตรีแบบ Quadrupole-Time-of-Flight (Agilent 1290 Infinity II/G6545B QTOF/MS: LC-QTOF-MS/MS) โดยใช้คอลัมน์ C18 ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส การแยกสารทำด้วยตัวทำละลายเคลื่อนที่ (Mobile phase) คืออะซิโตไนไตรล์ 60% (Acetonitrile; Merck, German) ที่อัตราการไหล 0.3 มิลลิลิตรต่อนาที ตัวอย่างแต่ละชุดถูกวิเคราะห์ซ้ำสองครั้ง โดยมีช่วงเวลาการผลิตที่แตกต่างกัน เพื่อควบคุมความแม่นยำและความคงที่ของข้อมูล

การคัดกรองข้อมูลเบื้องต้น โดยการตัดโปรไฟล์ที่มีเพียงค่ามวลโมเลกุลแต่ไม่มีข้อมูลโครงสร้างออก รวมถึงสารที่มีความคลาดเคลื่อนของค่าน้ำหนักโมเลกุลเกิน ±10 ส่วนในล้านส่วน (ppm) และสารที่มีโครงสร้างโมเลกุลซ้ำซ้อน เพื่อลดความซับซ้อนของข้อมูลและคงไว้ซึ่งสารประกอบที่มีความน่าเชื่อถือจากเครื่องมือมากที่สุด หลังจากนั้นดำเนินการเปรียบเทียบโครงสร้างทางเคมีที่ได้จากเครื่องมือกับข้อมูลเมตาบอไลต์ของข้าวญี่ปุ่น (*Oryza sativa japonica*) และ *Aspergillus oryzae* ในฐานข้อมูล Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes (KEGG) เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการระบุสารประกอบ สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนถัดไป จะใช้โปรแกรม Microsoft® Excel 365 ในการจัดการข้อมูลเชิงเมทริกซ์เป็นหลัก ส่วนการเข้าคู่ข้อมูล การแสดงผลในรูปแบบกราฟิกและการคำนวณเพื่อสร้างภาพข้อมูล จะดำเนินการโดยใช้โค้ดภาษา Python และ R ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเองโดยใช้ชุดโค้ด (Package) ต่างๆ บนฐานข้อมูล GitHub และได้รับความช่วยเหลือแนะนำการออกแบบและแก้ไขโค้ดจากปัญญาประดิษฐ์ DeepSeek (chat.deepseek.com) การวิเคราะห์ในครั้งนี้เป็นการประเมินเบื้องต้นที่ช่วยชี้แนะแนวโน้มของสารสำคัญที่อาจปรากฏในผลิตภัณฑ์อะมาซาเกะเท่านั้น ซึ่งสามารถต่อยอดสู่การศึกษาที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้นในอนาคต

4. วิธีการวิเคราะห์ปริมาณของพรีไบโอติกด้วยโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง

เพื่อยืนยันการมีอยู่ของสารพรีไบโอติกในตัวอย่างอย่างเป็นระบบ จึงมีความจำเป็นต้องดำเนินการวิเคราะห์เชิงปริมาณโดยเทียบกับสารมาตรฐาน (Standard compounds) ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูงร่วมกับตัวตรวจวัดดัชนีหักเหของแสง (High-Performance Liquid Chromatography with Refractive Index Detector: HPLC-RID; Waters 600E) โดยใช้คอลัมน์พอลิเมอร์ซิลิกาเบสชนิดเฉพาะสำหรับการแยกน้ำตาล (Asahipak NH2P-50, ขนาด 4.6 × 250 มิลลิเมตร) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส การแยกสารทำด้วยตัวทำละลายเคลื่อนที่ (Mobile phase) คืออะซิโตไนไตรล์ 60% ที่อัตราการไหล 0.8 มิลลิลิตรต่อนาที สารมาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วยสารในกลุ่มไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ (Isomaltooligosaccharides: IMOs) และน้ำตาลโมโนแซ็กคาไรด์ ได้แก่ ไอโซมอลโตส (Isomaltose, HPLC grade, Sigma-Aldrich, Germany), ไอโซมอลโตไตรโอส (Isomaltotriose, HPLC grade, Supelco, Germany), ไอโซมอลโตเตตระโอส (Isomaltotetraose, HPLC grade, Biosynth, UK), เดกซ์โตรสหรือกลูโคส (Dextrose/Glucose, HPLC grade, Sigma-Aldrich, Germany) และฟรุกโตส (Fructose, AR grade, TM Media, India) โดยสารมาตรฐานแต่ละชนิดถูกเตรียม

ใน 6 ระดับความเข้มข้นผ่านการเจือจางแบบลำดับ เพื่อสร้างกราฟมาตรฐานและสมการถดถอยเชิงเส้น (Linear regression equation) ที่ใช้ในการคำนวณปริมาณสารในตัวอย่างทดลอง การวิเคราะห์ตัวอย่างในครั้งนี้ดำเนินการเพียงหนึ่งซ้ำ (Single replicate) จึงได้มีการใช้ไรโบส (Ribose, AR grade, TM Media, India) เป็นอินเทอร์นัลสแตนดาร์ด (Internal standard) เพื่อช่วยควบคุมความแปรปรวนที่อาจเกิดขึ้นจากสัญญาณของเครื่องมือวิเคราะห์ ซึ่งจะส่งผลให้ข้อมูลมีความแม่นยำและน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น

ค่าความเข้มของสัญญาณจากเครื่อง HPLC (Area under peak) จะทำการคำนวณปริมาณสารในตัวอย่างสกัดที่ใช้วิเคราะห์เป็นหน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร (mg/mL) โดยอ้างอิงจากสมการถดถอยเชิงเส้นของสารมาตรฐาน จากนั้นจะคูณย้อนกลับด้วยอัตราการเจือจางของตัวอย่างในขั้นตอนการเตรียมสารสกัดและการเจือจางตัวอย่างสกัด 10 เท่าก่อนฉีดเข้าเครื่องเพื่อให้สัญญาณใกล้เคียงกับสารมาตราฐาน (คูณรวมเป็น 50 เท่า) ปริมาณสารสุดท้ายจะเป็นสารที่มีอยู่จริงในตัวอย่างอะมาซาเกะก่อนการสกัด

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1.ผลการวิเคราะห์เมตาโบโรมิกซ์

การวิเคราะห์เมตาโบไลท์ด้วย LC-QTOF-MS/MS ให้ผลลัพธ์จำนวนมาก โดยรอบแรกพบทั้งหมด 2,566 รายการ และรอบที่สองพบ 3,859 รายการ หลังการคัดกรองข้อมูลซ้ำซ้อนและรายการที่มีความน่าเชื่อถือต่ำ พบว่าเหลือเมตาโบไลท์ที่ผ่านเกณฑ์ 993 รายการในรอบแรกและ 1,104 รายการในรอบที่สอง ดังแสดงในเวนไดอะแกรม (Venn-diagram) ภาพที่ 1A ซึ่งแสดงการกระจายของเมตาโบไลท์ในแต่ละตัวอย่าง ความแตกต่างของจำนวนเมตาโบไลท์ก่อนคัดกรองระหว่างทั้งสองรอบมีสาเหตุจากการตั้งค่าการวิเคราะห์ที่ต่างกัน โดยรอบที่สองมีการเพิ่มความละเอียดของตัวตรวจวัดและขยายเวลาแยกสาร (Maximum retention time) จาก 30 เป็น 35 นาที ส่งผลให้สามารถตรวจจับสารที่ตกหล่นจากรอบแรกได้มากขึ้น ภาพวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) (ภาพด้านล่างของภาพที่ 1A) ชี้ให้เห็นว่าตัวอย่างแต่ละกลุ่มมีโปรไฟล์เมตาโบไลท์ที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะในกลุ่มสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ซึ่งสอดคล้องกับเงื่อนไขการวิเคราะห์ในรอบที่สอง

เมื่อจับคู่รายการเมตาโบไลท์จากการวิเคราะห์ทั้งสองรอบ โดยคัดเฉพาะรายการที่ปรากฏซ้ำกัน พบว่าเมื่อรวมทุกรายการจะได้ทั้งหมด 170 รายการของโครงสร้างเคมีที่เป็นไปได้ จากนั้นนำข้อมูลโครงสร้างชุดนี้ไปเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลเมตาบอริทโปรไฟล์ของข้าวญี่ปุ่นและโคจิจากฐานข้อมูล KEGG ทำให้สามารถระบุสารที่มีความเป็นไปได้สูงได้รวม 461 รายการซึ่งเพิ่มขึ้นจากการที่โครงสร้างเคมีหนึ่งชนิดอาจสารได้หลายตัว เวนไดอะแกรมในภาพที่ 1B แสดงการกระจายของรายชื่อหลังคัดกรองทั้งหมดซึ่งมีความทับซ้อนกันมากในทุกตัวอย่าง โดยมีความแตกต่างเด่นเฉพาะกลุ่มกรดอะมิโนบางชนิดซึ่งฮีตแมพในภาพที่ 1C ชี้ให้เห็นความแตกต่างในกระบวนการเมตาบอลิซึมระหว่างผลิตภัณฑ์ ได้แก่ การย่อยและสังเคราะห์ไลซีน (Lysine), เมตาบอไลซึมของอาร์จินีน (Arginine), โพรลีน (Proline), ทริปโตเฟน (Tryptophan), ไพรูเวต (Pyruvate), อะลานีน (Alanine), แอสพาร์เทต (Aspartate), และกลูตาเมต (Glutamate) ที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนเมื่อเทียบกันด้วยค่าความเข้มข้นสัมพัทธ์ (Log_{10}) ผลลัพธ์นี้สะท้อนแนวโน้มที่สำคัญของความแตกต่างทางเมตาบอลิซึมที่เกี่ยวข้องกับกรดอะมิโนระหว่างตัวอย่างอะมาซาเกะและสามารถเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการศึกษาเชิงลึกในอนาคตได้

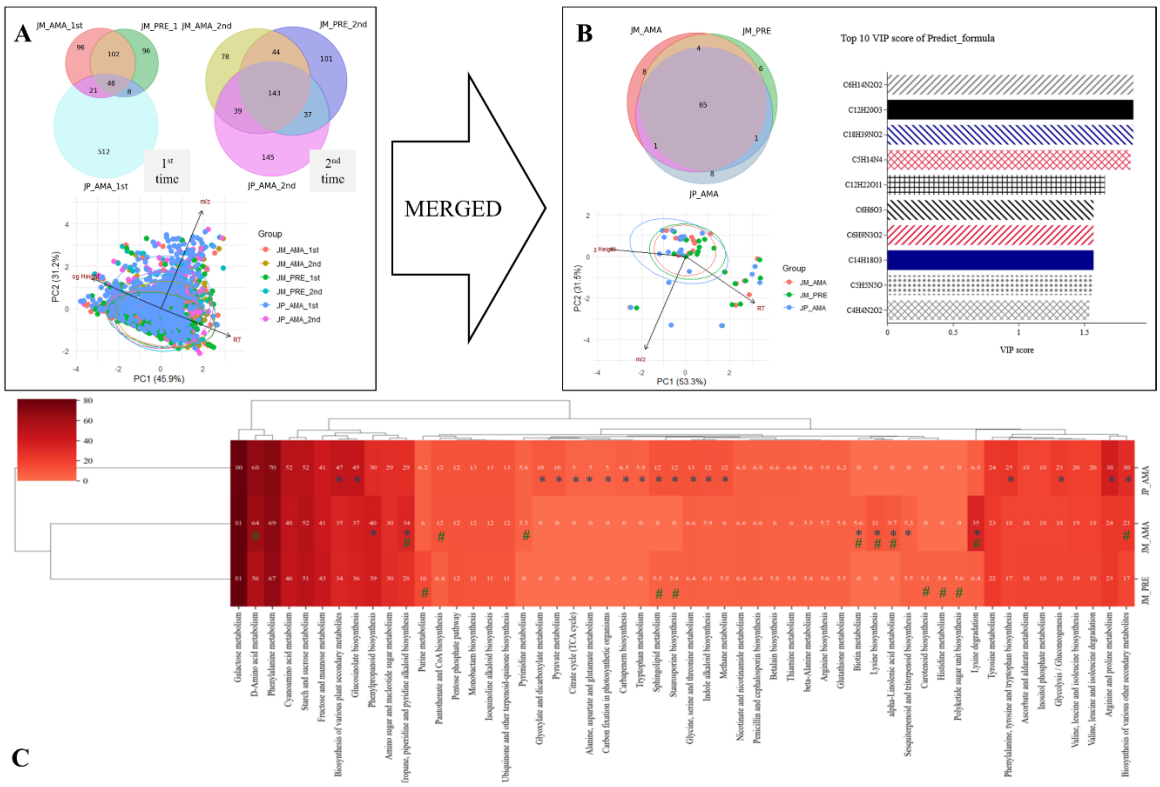
การวิเคราะห์จะมุ่งเน้นไปที่กลุ่มสารพรีไบโอติกเป็นหลักซึ่งนับว่าเป็นผลลัพธ์ที่น่าสนใจ เนื่องจากพบว่ารายชื่อของสารพรีไบโอติกในตัวอย่างทั้งหมดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามหากพิจารณาจากผลการวิเคราะห์ PCA ในภาพที่ 1B จะเห็นได้ว่าค่าความเข้มข้นสัมพัทธ์ (Log height) ระหว่างผลิตภัณฑ์ JM_AMA และ JP_AMA มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน นอกจากนี้ การวิเคราะห์ค่าคะแนนตัวแปรสำคัญ (VIP score) ซึ่งพิจารณาจากปริมาณสัมพัทธ์ของสาร พบว่าโครงสร้างทางเคมี $C_{12}H_{22}O_{11}$ จัดอยู่ในกลุ่มไดแซ็กคาไรด์ (Di-saccharide) มีค่า VIP score สูงติดอันดับ 5 ของสารทั้งหมด สะท้อนถึงความสำคัญของสารกลุ่มนี้ในการแยกแยะความแตกต่างระหว่างตัวอย่าง จากข้อมูลดังกล่าวจึงมีเหตุผลสนับสนุนให้

ดำเนินการทดลองเพิ่มเติม เพื่อเปรียบเทียบปริมาณของพรีไบโอติกในกลุ่มไดแซ็กคาไรด์ระหว่างผลิตภัณฑ์ JM_AMA และ JP_AMA เพื่อประเมินว่าอะมาซาเกะจากข้าวหอมมะลิไทยมีปริมาณสารกลุ่มนี้ในระดับใกล้เคียง หรือต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ญี่ปุ่น

2.ผลการวิเคราะห์ปริมาณไอโซมอลโตออริโกแซ็คคาไรด์

การทดสอบปริมาณพรีไบโอติกในครั้งนี้มุ่งเน้นที่กลุ่ม IMOs ได้แก่ ไอโซมอลโตส, ไอโซมอลโตไตรโอส, และไอโซมอลโตเตตตราโอส โดยเลือกกลุ่มสารดังกล่าวเนื่องจากเป็นพรีไบโอติกชนิดหนึ่งที่มีรายงานว่าสามารถผลิตได้โดยเชื้อราสกุล *Aspergillus* (Kumar et al., 2023)ทั้งนี้ หากพบว่าในตัวอย่าง JM_AMA ไม่มีการผลิตสารกลุ่มนี้ จะสะท้อนให้เห็นถึงความแตกต่างในกระบวนการย่อยสลายแป้งจากข้าวหอมมะลิโดยราโคจิ หรืออาจบ่งชี้ว่าราโคจิไม่สามารถย่อยสลายแป้งได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้มีรายงานว่า IMOs (งานวิจัยนี้รวมพาโนส: Panose) มีบทบาทสำคัญในการช่วยบรรเทาอาการของกลุ่มโรคเมตาบอลิก (Metabolic disorder) (Singh et al., 2018) ซึ่งยิ่งเน้นย้ำถึงความสำคัญของการวิเคราะห์สารกลุ่มนี้ในการศึกษาครั้งนี้

จากการวิเคราะห์ข้อมูลในตารางที่ 1 พบว่าทุกตัวอย่างมีปริมาณกลูโคสในระดับสูงและฟรุกโตสในปริมาณเล็กน้อย โดยมีแนวโน้มใกล้เคียงกันในทุกตัวอย่าง สำหรับ IMOS ซึ่งรวมไอโซมอลโตไตรโอสและไอโซมอลโตเตตตราโอสที่ไม่สามารถแยกค่าเวลารีเทนชั่น (Retention time) ได้อย่างชัดเจน จึงมีการรายงานผลรวมกัน พบว่า JM_AMA มีปริมาณ IMOs สูงกว่าตัวอย่างอื่นอย่างชัดเจน โดยในจัวอย่าง JM_PRE พบ IMOs อยู่ที่ 18.67 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรตัวอย่าง และเพิ่มขึ้นเป็น 77.60 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรตัวอย่างใน JM_AMA สะท้อนถึงศักยภาพของการหมักข้าวหอมมะลิด้วยโคจิในการเพิ่มการผลิตพรีไบโอติกหลังเกิดการหมัก 24 ชั่วโมง นอกจากนี้ JM_AMA ยังมีปริมาณ IMOs สูงกว่า JP_AMA ประมาณ 2.7 เท่า (77.60 เทียบกับ 27.75 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรตัวอย่าง) อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการศึกษานี้เปรียบเทียบเพียงสองผลิตภัณฑ์ ซึ่งยังมีปัจจัยแปรปรวนหลายประการ จึงไม่สามารถสรุปได้อย่างเด็ดขาดว่าการหมักข้าวหอมมะลิมีประสิทธิภาพสูงกว่าข้าวญี่ปุ่นได้ในขณะนี้ แต่ผลลัพธ์ดังกล่าวสามารถยืนยันได้ว่ากระบวนการหมักข้าวหอมมะลิด้วยโคจิมีศักยภาพในการผลิตพรีไบโอติกในระดับที่เทียบเคียงได้กับผลิตภัณฑ์อะมาซาเกะจากข้าวญี่ปุ่น



รูปภาพ 1 ผลการวิเคราะห์เมตาโบไลต์ในตัวอย่าง **A)** ข้อมูลหลังการคัดกรองเบื้องต้นแสดงด้วยเวนไดอะแกรมและ PCA ของค่าความเข้มข้นสัมพัทธ์ (log Height) เวลารีเทนชั่น (RT) และค่ามวลต่อประจุ (m/z) **B)** ข้อมูลหลังเข้าคู่ฐานข้อมูล KEGG พร้อมแสดง PCA และ VIP score ของตัวแปรสำคัญ **C)** ฮีตแมพแสดงค่าความเข้มข้นสัมพัทธ์ (log_{10}) โดยเครื่องหมาย (*) ระบุสารที่แตกต่างระหว่างผลิตภัณฑ์มากกว่า 5 log_{10} และเครื่องหมาย (#) ระบุความแตกต่างก่อน-หลังการหมักมากกว่า 5 log_{10} (JM_PRE: น้ำข้าวหอมมะลิผสมโคจิไม่ผ่านการหมัก, JM_AMA: ผลิตภัณฑ์อะมาซาเกะหมักจากข้าวหอมมะลิ, JP_AMA: ผลิตภัณฑ์อะมาซาเกะหมักจากข้าวญี่ปุ่น)

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลและไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ในตัวอย่างอะมาซาเกะ (X; ค่าสัญญาณเครื่อง (Area under peak) ที่หารกับอินเทอร์นัลสแตนดาร์ด) (JM_PRE: น้ำข้าวหอมมะลิผสมโคจิไม่ผ่านการหมัก, JM_AMA: ผลิตภัณฑ์อะมาซาเกะหมักจากข้าวหอมมะลิ, JP_AMA: ผลิตภัณฑ์อะมาซาเกะหมักจากข้าวญี่ปุ่น)

Sample	Fructose			Glucose			Isomaltose			Isomaltotriose and Isomaltotetraose		
	RT (min)	CAL	mg/ml	RT (min)	CAL	mg/ml	RT (min)	CAL	mg/ml	RT (min)	CAL	mg/ml
JM_PRE	5.485	(X/0.7741)x50	2.66	5.983	(X/0.8204)x50	149.57	6.98	(X/0.5933)x50	15.71	8.276	(X/0.2867)x50	2.97
JM_AMA	5.493		2.54	5.985		162.23	6.962		56.97	8.249		20.63
JP_AMA	5.373		3.13	5.987		144.14	6.974		17.11	8.258		10.64

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษานี้พบว่าอะมาซาเกะที่ผลิตจากข้าวหอมมะลิมีองค์ประกอบของสารเมตาโบไลท์หลายรายการที่สอดคล้องกับผลิตภัณฑ์อะมาซาเกะที่หมักจากข้าวญี่ปุ่น โดยมีความแตกต่างหลักในกลุ่มกรดอะมิโนอิสระบางชนิด ซึ่งควรได้รับการวิเคราะห์เชิงปริมาณเพิ่มเติมในงานวิจัยถัดไป ทั้งนี้เครื่องดื่มอะมาซาเกะจากข้าวหอมมะลิยังแสดงให้เห็นถึงปริมาณไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ ได้แก่ไอโซมอลโตส, ไอโซมอลโตไตรโอส หรือ/และไอโซมอลโตเตตตราโอสที่สูง อีกทั้งมีแนวโน้มว่าการผลิต IMOs จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าการหมักจากข้าวญี่ปุ่น แม้ว่าข้อสรุปดังกล่าวยังต้องการการยืนยันผ่านการทดลองเพิ่มเติม ผลการศึกษาครั้งนี้ชี้ให้เห็นอย่างชัดเจนว่าข้าวหอมมะลิเป็นวัตถุดิบที่มีศักยภาพสูงในการผลิตอะมาซาเกะที่อุดมด้วยพรีไบโอติก IMOs ซึ่งมีประโยชน์ต่อสุขภาพในระดับที่สามารถเปรียบเทียบได้กับผลิตภัณฑ์จากข้าวญี่ปุ่น ทั้งยังเป็นการเปิดแนวทางใหม่ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารหมักที่ใช้วัตถุดิบท้องถิ่นเพื่อเพิ่มคุณค่าเชิงโภชนาการในอนาคต

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากกองทุนพื้นฐาน ปี 2564 (Fundamental Fund 2021) โดยหน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของประเทศ (Program Management Unit for Competitiveness: PMUC หรือ บพข.) และทุนสนับสนุนงานวิจัยระดับปริญญาโท ปี 2566 รวมถึงการสนับสนุนด้านห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์ และเครื่องมือจากมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ขอขอบคุณกลุ่ม YoRice café และทีมวิจัยของนายแพทย์ก้องเกียรติที่ให้คำปรึกษาเพิ่มเติมและให้ความร่วมมือเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ในระหว่างการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้

อ้างอิง

Kumar, S., Tissopi, T., & Mutturi, S. (2023). The successful synthesis of industrial isomaltooligosaccharides lies in the use of transglycosylating **α**-glucosidases: A review. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, *5*, 100325. https://doi.org/10.1016/j.carpta.2023.100325

Kumari, A. G. I. P., Ranadheera, C. S., & Prasanna, P. H. P. (2015). *Development of a rice incorporated synbiotic yogurt with low retrogradation properties*. http://www.ifrj.upm.edu.my/22%20(05)%202015/(42).pdf

Kurahashi, A. (2021). Ingredients, Functionality, and Safety of the Japanese Traditional Sweet Drink Amazake. *Journal of Fungi*, *7*(6), Article 6. https://doi.org/10.3390/jof7060469

Pineiro, M., Asp, N.-G., Reid, G., Macfarlane, S., Morelli, L., Brunser, O., & Tuohy, K. (2008). FAO Technical Meeting on Prebiotics. *Journal of Clinical Gastroenterology*, *42*, S156. https://doi.org/10.1097/MCG.0b013e31817f184e

Rakthanyakarn, A., & Chaiprasit, K. (2019). Factors affecting the export of Thai Jasmine rice to the international market. *MBA-KKU Journal*, *12*(1), Article 1.

Singh, D. P., Singh, S., Bijalwan, V., Kumar, V., Khare, P., Baboota, R. K., Singh, P., Boparai, R. K., Singh, J., Kondepudi, K. K., Chopra, K., & Bishnoi, M. (2018). Co-supplementation of isomalto-oligosaccharides potentiates metabolic health benefits of polyphenol-rich cranberry extract in high fat diet-fed mice via enhanced gut butyrate production. *European Journal of Nutrition*, *57*(8), 2897–2911. https://doi.org/10.1007/s00394-017-1561-5

Session

การศึกษา

O 19

การพัฒนาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบย่อยอาหาร โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ร่วมกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้สื่อประสมแบบมีปฏิสัมพันธ์

นูรมา ปานนิตยพงศ์[1]* รูฮัยซา ดือราแม[2] และหัสลินดา บินมะแอ[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาและทดสอบประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้สื่อประสมแบบมีปฏิสัมพันธ์ เรื่อง ระบบย่อยอาหาร โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง 2) เปรียบเทียบทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน 3) เปรียบเทียบทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 75 และ 4) ศึกษาเจตคติของนักเรียนที่มีต่อวิชาชีววิทยา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนดารุลฟุรกอน จำนวน 29 คน เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย 1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สื่อประสมแบบมีปฏิสัมพันธ์ 2) แผนการจัดการเรียนรู้ 3) แบบทดสอบวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และ 4) แบบวัดเจตคติต่อวิชาชีววิทยา สถิติที่ใช้ คือ ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมตามเกณฑ์ E_1/E_2 การทดสอบค่าทีของกลุ่มตัวอย่างที่ไม่อิสระต่อกัน ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้สื่อประสมแบบมีปฏิสัมพันธ์โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เท่ากับ 77.23/80.17 เป็นไปตามเกณฑ์ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 และเจตคติของนักเรียนที่มีต่อวิชาชีววิทยา อยู่ในระดับเจตคติมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.22, S.D. = .82)

คำสำคัญ: ทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ สื่อประสมแบบมีปฏิสัมพันธ์ วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

[1] นักศึกษาระดับปริญญาโท, หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 95000

[2] ดร.หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 95000

[3] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร., สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 95000

[1] Master student, Teaching Science, Mathematics and Computer Program, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University.

[2] Dr., Teaching Science, Mathematics and Computer, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University.

[3] Assistant Professor Dr., Microbiology Program, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University.

* Corresponding Author: E-mail : haslinda.b@gmail.com Tel.: 081-542-1474

The Development of Scientific Argumentation Skills of Grade 11 Students in Biology Subject on Digestive System Topic Using Argument-Driven Inquiry Learning Management combine with Interactive Multimedia Learning Activities

Nurma Pannittyapong[1], Ruhaisa Dearamaeand[2] and Hatsalinda Binma-ae[3]

Abstract

The purposes of this research were 1) develop and evaluate the effectiveness of an interactive multimedia learning activity in biology subject on Digestive System using argument-driven inquiry learning management, 2) compare scientific argumentation skills before and after learning, 3) compare students' scientific argumentation skills after learning with the interactive multimedia learning activity in biology subject on Digestive System against the 75 percent, and 4) study students' attitudes towards the biology subject on Digestive System. The target group for this research was 29 grade 11 students from Darul Furqon School. The research tools consisted of 1) an interactive multimedia learning activity, 2) lesson plans, 3) a scientific argumentation skills test, and 4) a biology attitude questionnaire. The statistics employed included the efficiency of the activity package based on the E_1/E_2 criteria, paired sample t-test, mean, and standard deviation.

The research findings indicated that 1) the effectiveness of interactive multimedia learning activity using argument-driven inquiry learning management was 77.23/80.17 meeting the criteria, 2) The students' average of scientific argumentation skills scores after learning were significantly higher than before learning at significance level of .05. The students' average of scientific argumentation skills score after learning were significantly higher than 75 and the study the students' attitudes toward biology subject on Digestive System was at a high level ($\overline{X}$ = 4.22, S.D. = 0.82).

Keywords: Scientific argumentation skills, Interactive multimedia learning activities package and Argument-Driven Inquiry Learning Management

บทนำ

การศึกษาในปัจจุบันต้องตระหนักถึงความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เนื่องจากการศึกษาในศตวรรษที่ 21 มีการเปลี่ยนแปลงความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างรวดเร็ว (ประเวศ เวชชะ และคณะ, 2566) ปัญหาการสื่อสาร การถกเถียงและการวิพากษ์วิจารณ์ในเรื่องวิทยาศาสตร์เกิดขึ้นอยู่เสมอ ทำให้นักการศึกษาได้มีการประยุกต์ใช้ทักษะการโต้แย้งมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้สามารถหาข้อมูลและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์มาโต้แย้งเพื่อให้ได้ข้อเท็จจริง จากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ได้กำหนดกระบวนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมทักษะต่าง ๆ ให้กับนักเรียนโดยเฉพาะในรายวิชาชีววิทยาทักษะด้านการแสวงหาความรู้ ทักษะด้านกระบวนการคิดอย่างมีเหตุและผลทางวิทยาศาสตร์และทักษะการอธิบายความรู้เชิงวิทยาศาสตร์

แต่อย่างไรก็ตามยังพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ยังขาดทักษะดังกล่าว เห็นได้จากผลการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติขั้นพื้นฐาน (Ordinary National Education Test: O-NET) ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในระยะเวลา 3 ปี ย้อนหลัง ตั้งแต่ปีการศึกษา 2564 - 2566 พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 28.65, 39.34 และ 29.09 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งคะแนนดังกล่าวมีคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ที่ร้อยละ 50 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2566) โดยเฉพาะผลการสอบ O-NET ของนักเรียนโรงเรียนดารุลฟุรกอน อำเภอสุไหงโกลก จังหวัดนราธิวาส พบว่าในปีการศึกษา 2564 นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 28.65 ปีการศึกษา 2565 นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 26.61 และปีการศึกษา 2566 นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 24.51 ซึ่งคะแนนสอบ O-NET ที่นักเรียนได้มีคะแนนยังไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้

นอกจากนี้ยังพบว่าผลคะแนนสอบจากการทดสอบการคัดเลือกนักเรียนเข้าศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา (Thai University Center Admission System: TCAS) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในการสอบ A-Level ซึ่งเป็นข้อสอบเพื่อวัดความรู้เชิงวิชาการ สามารถเลือกสอบได้ตามเกณฑ์ที่แต่ละคณะหรือมหาวิทยาลัยกำหนด โดยในรายวิชาชีววิทยา พบว่า ปีการศึกษา 2564 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 31.69 คะแนน ปีการศึกษา 2565 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 28.91 คะแนน และปีการศึกษา 2566 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 32.78 คะแนน ซึ่งคะแนนดังกล่าวยังไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ที่กำหนดไว้ (สมาคมที่ประชุมอธิการบดีแห่งประเทศไทย, 2567) โดยเฉพาะผลคะแนนของนักเรียนโรงเรียนดารุลฟุรกอน อำเภอสุไหงโกลก จังหวัดนราธิวาส ตั้งแต่ปีการศึกษา 2565 – 2566 พบว่า นักเรียนมีผลคะแนนสอบ A-Level รายวิชาชีววิทยา เท่ากับ 29.33 คะแนน และ 38.00 คะแนน ตามลำดับ ส่งผลให้นักเรียนโรงเรียนดารุลฟุรกอนไม่ผ่านเกณฑ์คัดเลือกในระดับอุดมศึกษาของคณะที่สนใจ และจากการเก็บข้อมูลคะแนนรวมหลังสอบในรายวิชาชีววิทยาที่ได้สอนในโรงเรียน 2 ปี ย้อนหลังพบว่า ตั้งแต่ ปีการศึกษา 2565 – 2566 นักเรียนทำข้อสอบได้คะแนนต่ำที่สุดคือเนื้อหา เรื่อง ระบบย่อยอาหาร ทั้งนี้เกิดจากนักเรียนไม่เข้าใจเนื้อหาระบบการย่อยอาหาร ซึ่งเป็นเนื้อหาที่มีความหลากหลายของชนิดในการย่อยอาหารที่เกิดจากความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตและไม่ได้ถูกฝึกให้ใช้เหตุผลอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนไม่สามารถอธิบายระบบอวัยวะเชิงลึกได้ จากปัญหาดังกล่าวชี้ให้เห็นว่านักเรียนขาดทักษะการโต้แย้งในการอธิบายความรู้เชิงวิทยาศาสตร์

การพัฒนาทักษะการโต้แย้งเพื่ออธิบายความรู้เชิงวิทยาศาสตร์ในการสร้างให้นักเรียนที่มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์และใช้เหตุผลอย่างเป็นระบบ ซึ่งจะช่วยให้สามารถเข้าใจและนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สหรัฐ ยกย่อง และศศิเทพ ปิติพรเทพิน, 2562) โดยการอธิบายความรู้เชิงวิทยาศาสตร์สามารถศึกษาหาข้อมูลด้วยการสืบค้นจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายรูปแบบเป็นสื่อประสมมาใช้ประกอบในการเรียนรู้ โดยลักษณะของสื่อประสมที่มีความสอดคล้องกับเนื้อหาหรือตามจุดประสงค์การเรียนรู้ช่วยส่งเสริมความแตกต่างระหว่างบุคคล สื่อประสมเน้นการจัดกิจกรรมเพื่อสร้างสถานการณ์ให้เกิดการเรียนรู้ประกอบกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยอาศัยสื่อการสอนแบบประสมและหลักการของกระบวนการกลุ่มสัมพันธ์ในการจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนสามารถโต้แย้งผ่านสื่อประสมจนเกิดการพัฒนากระบวนการกลุ่มและมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนในขณะทำกิจกรรมผ่าน

สื่อประสม (วันวิสา ประมวล และเบญจมาศ ฝ่ายกระโทก, 2565) ดังนั้นการใช้สื่อประสมแบบมีปฏิสัมพันธ์ เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และกล้าแสดงออกทางความคิด แสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ฝึกการทำงานเป็นกลุ่ม และเป็นอีกวิธีที่ช่วยให้นักเรียนได้รับข้อมูลหลักฐานที่สนับสนุนการโต้แย้งได้ นอกเหนือจากการใช้สื่อประสมแบบมีปฏิสัมพันธ์ที่ช่วยให้นักเรียนสามารถนำมาเป็นข้อมูลสำหรับใช้ในการโต้แย้ง กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่สามารถทำให้นักเรียนเกิดทักษะการโต้แย้งได้เช่นกัน โดย Lin & Mintzes (2010) ได้แบ่งองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 4 องค์ประกอบ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุน ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป ข้อสนับสนุนของการโต้แย้งและหลักฐาน เมื่อนักเรียนได้เรียนรู้ผ่านการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งส่งผลให้นักเรียนเกิดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบย่อยอาหาร โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งร่วมกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้สื่อประสมแบบมีปฏิสัมพันธ์ในรายวิชาชีววิทยา ทั้งนี้และกระบวนการจัดการเรียนรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้นักเรียนมีผลการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนดารุลฟุรกอน อำเภอสุไหงโกลก จังหวัดนราธิวาส สังกัดสำนักงานการศึกษาเอกชนจังหวัดนราธิวาส จำนวน 2 ห้อง ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 ซึ่งเป็นนักเรียนห้องเรียนปกติสายวิทย์-คณิตคละความสามารถ และนักเรียนทั้งหมดมีความสามารถใกล้เคียงกัน รวมทั้งสิ้น 56 คน และกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 โรงเรียนดารุลฟุรกอน จำนวน 29 คน ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 เป็นนักเรียนห้องเรียนปกติสายวิทย์-คณิตคละความสามารถ ซึ่งได้มาจากการเลือกวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สื่อประสมแบบมีปฏิสัมพันธ์ เรื่อง ระบบย่อยอาหาร โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งในรายวิชาชีววิทยา โดยมีทั้งหมด 6 กิจกรรม ประกอบด้วย การย่อยอาหารของพารามีเซียมกับราบนขนมปัง การย่อยอาหารของฟองน้ำ การกินอาหารของพลานาเรียตัวน้อย ทางเดินอาหารของปลากินพืชกับปลากินเนื้อ มหัศจรรย์การย่อยอาหารของมนุษย์ และกลไกการดูดซึมอาหาร

2.2 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ระบบย่อยอาหาร โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งในรายวิชาชีววิทยา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 6 แผน รวม 14 ชั่วโมง มีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$) = 4.61, S.D. = .270)

2.3 แบบทดสอบวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 24 ข้อ โดยมีมีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.35 - 0.85 มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.52 และมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.89

2.4 แบบวัดเจตคติต่อรายวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 15 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามทั้งฉบับเท่ากับ 0.86

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 ปฐมนิเทศและให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน (Pre-test)

3.2 ดำเนินการจัดการเรียนการสอนโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งร่วมกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้สื่อประสมแบบมีปฏิสัมพันธ์ จำนวน 14 ชั่วโมง

3.3 ให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้แบบทดสอบวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

3.4 ให้นักเรียนทำแบบสอบถามเจตคติต่อรายวิชาชีววิทยาที่เรียนด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งร่วมกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้สื่อประสมแบบมีปฏิสัมพันธ์

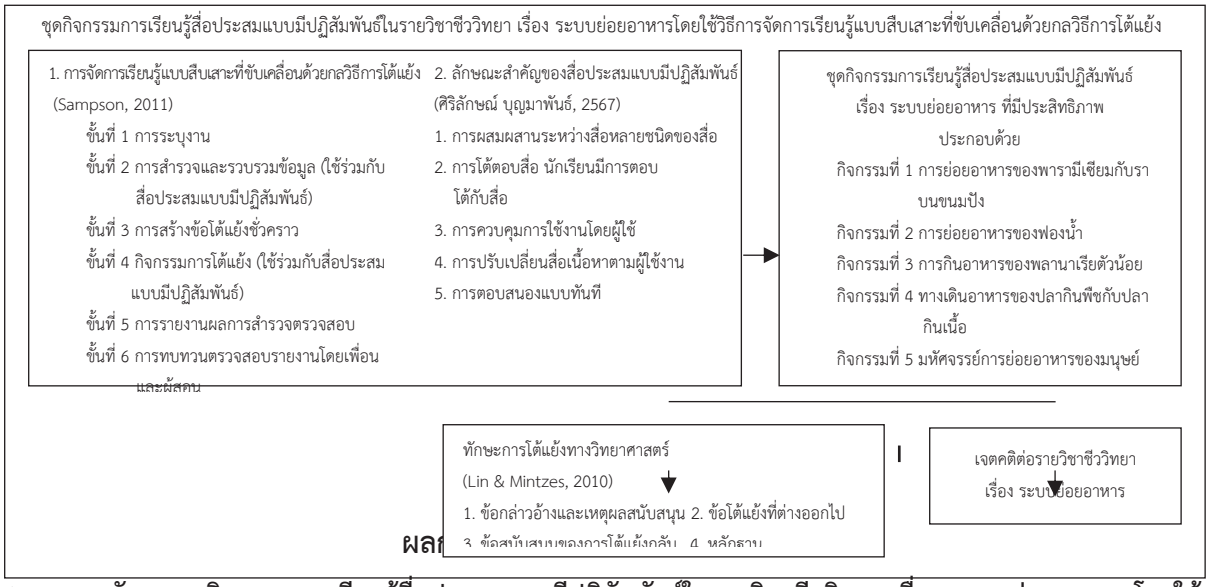
4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 วิเคราะห์ประสิทธิภาพของด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้สื่อประสมแบบมีปฏิสัมพันธ์ เรื่อง ระบบย่อยอาหาร โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง โดยกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 75/75

4.2 วิเคราะห์การวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยใช้สถิติเชิงอนุมาน Paired sample t-Test เพื่อเปรียบเทียบคะแนนทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน และใช้สถิติเชิงอนุมาน One sample t-Test เพื่อเปรียบเทียบคะแนนทักษะการคิดวิเคราะห์หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 75

4.3 การวิเคราะห์เจตคติต่อรายวิชาชีววิทยา โดยนำคะแนนจากแบบประเมินวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

กรอบแนวคิดในการวิจัย



1. ผลการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้สื่อประสมแบบมีปฏิสัมพันธ์ในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบย่อยอาหาร โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

ผลการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้สื่อประสมแบบมีปฏิสัมพันธ์ในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบย่อยอาหาร โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้ออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้สื่อประสมแบบมีปฏิสัมพันธ์ ทั้งหมด 6 กิจกรรม ดังแสดงในภาพที่ 1

(ก) (ข) (ค) (ง) (จ) (ฉ)

ภาพที่ 1 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สื่อประสมแบบมีปฏิสัมพันธ์ในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบย่อยอาหาร

จากภาพที่ 1 เป็นชุดกิจกรรมการเรียนรู้สื่อประสมแบบมีปฏิสัมพันธ์ในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบย่อยอาหาร โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ซึ่งผู้วิจัยออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้สื่อประสมแบบมีปฏิสัมพันธ์ โดยทุกกิจกรรมการเรียนรู้เน้นให้นักเรียนเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง ผ่านการสืบค้นข้อมูลโดยใช้สื่อประสมแบบมีปฏิสัมพันธ์ที่นักเรียนสามารถสัมผัสกับสื่อได้ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสืบค้นหาความรู้ผ่านสื่อประสมแบบมีปฏิสัมพันธ์ ประกอบด้วย กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 การย่อยอาหารของพารามีเซียมและรา (สื่อวิดีโอเชิงปฏิสัมพันธ์ของการย่อยอาหารของพารามีเซียม) กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 การย่อยอาหารของฟองน้ำ (สื่อเชิงปฏิสัมพันธ์ของโครงสร้างของฟองน้ำ 3D Model) กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 การย่อยอาหารของพลานาเรียตัวน้อย (สื่อเชิงปฏิสัมพันธ์ของโครงสร้างของพลานาเรีย 3D Model)กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4 ทางเดินอาหารของปลากินพืชกับปลากินเนื้อ (สื่อวิดีโอเชิงปฏิสัมพันธ์ของการย่อยอาหารของปลากินพืชกับปลากินเนื้อ) กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 5 มหัศจรรย์การย่อยอาหารของมนุษย์ (สื่อสิ่งประดิษฐ์ และสื่อเชิงปฏิสัมพันธ์ของโครงสร้างของระบบย่อยอาหารของมนุษย์ด้วย 3D Model) และกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 6 กลไกการดูดซึมอาหาร (สื่อวิดีโอเชิงปฏิสัมพันธ์ของการย่อยอาหารของการดูดซึมอาหาร) นำไปสู่การหาข้อสรุปประกอบหลักฐานการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 75/75 โดยคะแนนจากการทำแบบบันทึกกิจกรรมมีค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 77.23 และคะแนนจากการทดสอบหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มเดียวกันมีค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 80.17 ดังนั้นประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้สื่อประสมแบบมีปฏิสัมพันธ์ในรายวิชาชีววิทยาในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบย่อยอาหาร โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง มีค่า E_1/E_2 เท่ากับ 77.23/80.17 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 75/75 ซึ่งสอดคล้องกับจูนจุฬา ทิพย์พิมานพร และกัญญารัตน์ โคจร (2565) พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง มีคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยวัดจาก 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ด้านการระบุข้อมูลหรือหลักฐาน ด้านการคาดคะเนและพยากรณ์สิ่งที่เกิดขึ้น และด้านการสร้างข้อสรุปสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้สื่อประสมแบบมีปฏิสัมพันธ์ในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบย่อยอาหาร โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

	คะแนนกระบวนการจัดกิจกรรมและบันทึกกิจกรรมแต่ละชุดกิจกรรม							คะแนนสอบหลังเรียน (72)	รวม (170)
	กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1(15) คะแนน	กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 (13) คะแนน	กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 (15) คะแนน	กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4 (20) คะแนน	กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 5 (20) คะแนน	กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 6 (15) คะแนน	รวม (98)		
เฉลี่ย	11.86	8.90	11.76	15.48	15.93	11.76	75.69	57.72	147.69
ร้อยละ	79.06	68.46	78.40	77.40	79.65	78.40	77.23	80.17	86.88
ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้สื่อประสมแบบมีปฏิสัมพันธ์ (E_1/E_2) = 77.23/80.17									

2. ผลการเปรียบเทียบทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและหลังเรียนในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบย่อยอาหาร โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งร่วมกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้สื่อประสมแบบมีปฏิสัมพันธ์

ผู้วิจัยได้ศึกษาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์แต่ละด้านโดยเปรียบเทียบคะแนนทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนและนำคะแนนทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 75 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยเปรียบเทียบองค์ประกอบของทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน

ทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์	จำนวนข้อสอบ	คะแนนเต็ม	การทดสอบ	$\bar{X}$	S.D.	t	Sig.
1. ข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุน	6	18	ก่อนเรียน	5.69	4.03	8.74*	.00
			หลังเรียน	14.07	4.94		
2. ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป	6	18	ก่อนเรียน	8.07	4.09	10.36*	.00
			หลังเรียน	14.24	3.36		
3. ข้อสนับสนุนของการโต้แย้งกลับ	6	18	ก่อนเรียน	7.55	3.16	14.97*	.00
			หลังเรียน	14.28	2.50		
4. หลักฐาน	6	18	ก่อนเรียน	1.76	2.19	18.81*	.00
			หลังเรียน	15.14	3.45		

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบระดับทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน จำนวน 29 คน พบว่า พบว่า คะแนนเฉลี่ยของทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์นักเรียนหลังเรียนในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบย่อยอาหาร โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งร่วมกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้สื่อประสมแบบมีปฏิสัมพันธ์ทุก ๆ องค์ประกอบของแต่ละด้านสูงกว่าก่อนเรียน ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับวรัญญา จีระวิพูลวรรณ (2563) ได้กล่าวถึงการโต้แย้งเป็นกระบวนการสืบเสาะ การพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการส่งสริมความเข้าใจระดับมโนทัศน์ รวมทั้งการสร้าง

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ อีกทั้งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เมธานนท์ สง่าชาติ และคณะ (2564) พบว่า นักเรียนมีคะแนนทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนอยู่ในระดับดีมาก

3. ผลการเปรียบเทียบทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียนในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบย่อยอาหาร โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งร่วมกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้ซสื่อประสมแบบมีปฏิสัมพันธ์กับเกณฑ์ร้อยละ 75

ผู้วิจัยเปรียบเทียบคะแนนทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมปีที่ 5 ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้สื่อประสมแบบมีปฏิสัมพันธ์ในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบย่อยอาหาร โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 75 โดยนำเสนอผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ภาพรวม ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบคะแนนคะแนนทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 75

ทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์	คะแนนเต็ม	ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม	ร้อยละของคะแนนที่นักเรียนทำได้	$\bar{X}$	S.D.	T	Sig.
1. ข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุน	18	13.50	78.16	14.07	4.94	15.30*	.00
2. ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป	18	13.50	79.12	14.27	3.36	22.78*	.00
3. ข้อสนับสนุนของการโต้แย้งกลับ	18	13.50	79.31	14.28	2.50	30.68*	.00
4. หลักฐาน	18	13.50	84.10	15.14	3.45	23.62*	.00
รวม	**72**	**54**	**80.17**	**57.72**	**9.14**	**34.00***	**.00**

จากตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน $\bar{X}$= 57.72 (S.D. = 9.14) คิดเป็นร้อยละ 80.17 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 จึงเห็นได้ว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้สื่อประสมแบบมีปฏิสัมพันธ์ โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสามารถพัฒนาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาชีววิทยาได้ สอดคล้องกับวิทยา ดำรงเกียรติศักดิ์ และนภาวรรณ อาชาเพ็ชร (2557) พบว่า นักเรียนประถมและนักเรียนมัธยมที่เรียนรู้ผ่านสื่อมัลติมีเดียแบบมีปฏิสัมพันธ์มีผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยและทักษะพิสัยที่เพิ่มขึ้นสูง

4. ผลการศึกษาเจตคติต่อรายวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียนในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบย่อยอาหาร โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งร่วมกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้สื่อประสมแบบมีปฏิสัมพันธ์

หลังจากที่นักเรียนได้เรียนรายวิชาชีววิทยาด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้สื่อประสมแบบมีปฏิสัมพันธ์ในรายวิชาชีววิทยา โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น พบว่า ในภาพรวมนักเรียนมีเจตคติที่มีต่อรายวิชาชีววิทยาหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้สื่อประสมแบบมีปฏิสัมพันธ์ในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบย่อยอาหาร โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งอยู่ในระดับเจตคติมากที่สุด คิดเป็นค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.22 (S.D. = .82) เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า นักเรียนมีเจตคติที่มีต่อการเรียนรายวิชาชีววิทยาหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้สื่อประสมแบบมีปฏิสัมพันธ์ โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง 3 อันดับแรก ได้แก่ ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สื่อประสมแบบมีปฏิสัมพันธ์ช่วยนักเรียนเข้าใจเนื้อหาที่เรียน

มีการพัฒนาความรู้ทางชีววิทยาและนำไปใช้ได้ อยู่ในระดับเจตคติมากที่สุด คิดเป็นค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.55 (S.D. = .63) รองลงมา คือ นักเรียนชื่นชอบเมื่อครูผู้สอนให้ทำกิจกรรมในขณะเรียนรายวิชาชีววิทยา อยู่ในระดับเจตคติมากที่สุด คิดเป็นค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.52 (S.D. = .69) และอันดับที่ 3 คือ ในขณะที่เรียนรายวิชาชีววิทยา นักเรียนเข้าใจเนื้อหาที่เรียนและมีความสนุกสนานไม่เบื่อหน่าย อยู่ในระดับเจตคติมากที่สุด คิดเป็นค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.48 (S.D. = 0.69) สอดคล้องกับจูนจุฬา ทิพย์พิมานพร และกัญญารัตน์ โคจร (2565) พบว่า นักเรียนมีคะแนนเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ อยู่ในระดับมาก

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบย่อยอาหาร โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งชุดกิจกรรมการเรียนรู้สื่อประสมแบบมีปฏิสัมพันธ์ พบว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สื่อประสมแบบมีปฏิสัมพันธ์ในรายวิชาชีววิทยา โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 77.23/80.17 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 75/75 แสดงให้เห็นว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้สื่อประสมแบบมีปฏิสัมพันธ์มีประสิทธิภาพในการพัฒนาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในรายวิชาชีววิทยาได้ เมื่อนักเรียนเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้สื่อประสมแบบมีปฏิสัมพันธ์ พบว่า คะแนนเฉลี่ยของทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์นักเรียนหลังเรียนในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบย่อยอาหาร โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งร่วมกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้สื่อประสมแบบมีปฏิสัมพันธ์ทุก ๆ องค์ประกอบของแต่ละด้านสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่าเกณฑ์ 75 และเจตคติต่อรายวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียนในรายวิชาชีววิทยาอยู่ในระดับมากที่สุด

ทั้งนี้กระบวนการจัดการเรียนรู้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง นักเรียนสามารถมีส่วนร่วมในการข้อโต้แย้งที่สนับสนุนคำอธิบาย คำถาม หรือประเด็นทางวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนและใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะรวบรวมหาหลักฐาน วิเคราะห์ข้อมูล เพื่อสื่อสารและให้เหตุผลกับผู้อื่นในช่วงการอภิปรายเชิงโต้ตอบ และมีส่วนร่วมในการทบทวนข้อมูลทั้งหมดเพื่อสรุปเป็นองค์ความรู้ของตนเอง อีกทั้งทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญในการช่วยพัฒนากระบวนการคิดของนักเรียนและนำเสนอข้อมูลใหม่ๆ อย่างมีเหตุผลและหลักฐานที่น่าเชื่อถือ ช่วยให้นักเรียนเกิดทักษะการคิดวิเคราะห์ ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การสื่อสาร และการตัดสินใจอย่างมีประสิทธิภาพในการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1) ผู้สอนควรศึกษาขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้สื่อประสมแบบมีปฏิสัมพันธ์ โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งให้เข้าใจอย่างลึกซึ้ง ก่อนนำแนวทางการจัดการเรียนรู้ไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สื่อประสมแบบมีปฏิสัมพันธ์ได้อย่างถูกต้องและเป็นไปตามขั้นตอน รวมถึงทำให้ครูออกแบบสื่อการสอนได้อย่างเหมาะสมเพื่อให้นักเรียนใช้สืบค้นข้อมูลประกอบการหาเหตุผลและหลักฐานนำไปสู่การเกิดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

2) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้สื่อประสมแบบมีปฏิสัมพันธ์ โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งต้องจัดการเรียนการสอนโดยใช้เวลาที่เหมาะสมจึงจะสามารถทำให้นักเรียนได้ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองและสามารถประยุกต์ความรู้เพื่อนำไปสู่ทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

2. ข้อเสนอแนะในการทำการวิจัยครั้งต่อไป

1) ควรมีการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้นวัตกรรมอื่น ๆ ที่เหมาะสมต่อการพัฒนาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

2) ควรนำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สื่อประสมแบบมีปฏิสัมพันธ์ โดยโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งไปใช้ในการเสริมสร้างทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านอื่น ๆ เช่น ทักษะการสื่อสารหรือทักษะแก้ปัญหาทางสังคม เป็นต้น

3) ควรศึกษาตัวแปรตามด้วยวิธีเชิงคุณภาพและใช้แบบทดสอบอัตนัยเชิงให้เหตุผลมากยิ่งขึ้น เรื่อง ระบบย่อยอาหาร เพื่อเป็นประโยชน์ต่อนักเรียน

อ้างอิง

จูนจุฬา ทิพย์พิมานพร, และกัญญารัตน์ โคจร. (2565). การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งที่มีผลต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 5*(16), 32-42.

ประเวศ เวชชะ, ไพโรจน์ ด้วงนคร, หาญศึก เล็บครุฑ, เศรษฐชัย ใจฮึก, พูนชัย ยาวิราช, ไพรภ รัตนชูวงศ์, สมเกียรติ ตุ่นแก้ว, สุวดี อุปปิน ใจ, บุญชอบ จันทาพูน, และธัชชัย จันทร์สาห์. (2566). รูปแบบการพัฒนาทักษะศตวรรษที่ 21 โดยผ่านการจัดการเรียนรู้ที่ยึดการสืบเสาะหาความรู้. *วารสารรัชต์ภาคย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย, 17*(52), 371-387.

เมธานนท์ สง่าชาติ, เอกภูมิ จันทรขันตี, และวีระศักดิ์ ฟุ้งเฟื่อง. (2564). *การพัฒนาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง ในบทเรียนเรื่อง ฮอร์โมน และต่อมไร้ท่อ.* การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 56, กรุงเทพฯ, ประเทศไทย.

วรัญญา จีระวิพูลวรรณ. (2563). การโต้แย้งและวิทยาศาสตร์ศึกษา. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี, 8*(1), 1-25.

วันวิสา ประมวล, และเบญจมาศ ฝ่ายกระโทก, (2565). การพัฒนาชุดการสอนแบบศูนย์การเรียนร่วมกับการใช้สื่อประสมในหน่วยการเรียนรู้วรรณคดีสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *วารสารครุศาสตร์, 16*(1), 204-219.

วิทยา ดำรงเกียรติศักดิ์, และนภาวรรณ อาชาเพ็ชร. (2557). ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ระหว่างการใช้สื่อสิ่งพิมพ์กับสื่อมัลติมีเดียแบบมีปฏิสัมพันธ์ ของนักเรียนระดับประถมและมัธยมศึกษา. *วารสารวิชาการมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์, 22*(38), 135-156.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2566). *รายงานผลการทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET).* สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ.

สมาคมที่ประชุมอธิการบดีแห่งประเทศไทย. (2567). *ระบบการคัดเลือกกลางบุคคลเข้าศึกษาในสถาบันอุดมศึกษา Thai University Central Admission System.* ซียูเคชั่น.

สหรัฐ ยกย่องและศศิเทพ ปิติพรเทพิน. (2562). การพัฒนาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ขั้น เรื่อง ภารกิจพิทักษ์สิ่งแวดล้อม. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้, 10*(2), 183-200.

Lin, S.S. & Mintzes, J. J. (2010). Learning Argumentation Skills Through Instruction in Sociocentric Issues: The Effect of Ability Level. *International Journal of Science and Mathematics Education, 8*(6), 993-1017.

O 20

การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับจักรวาลนฤมิต เรื่อง พลเมืองดิจิทัล ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

อาทิตยา ธรรมดี[1]* ฟูไดละห์ ดือมอง[2] และมูนีเร๊าะ ผดุง[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาและทดสอบประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับจักรวาลนฤมิต เรื่อง พลเมืองดิจิทัล ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ 2) เปรียบเทียบสมรรถนะทางเทคโนโลยีก่อนเรียนและหลังเรียน 3) เปรียบเทียบสมรรถนะทางเทคโนโลยีหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 75 และ 4) ศึกษาเจตคติต่อวิชาวิทยาการคำนวณ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/2 โรงเรียนธารโตวัฒนวิทย์ จำนวน 31 คน เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย 1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับจักรวาลนฤมิต 2) แผนการจัดการเรียนรู้ 3) แบบทดสอบวัดสมรรถนะทางเทคโนโลยีและ 4) แบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาการคำนวณ สถิติที่ใช้ คือ ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมตามเกณฑ์ E_1/E_2 การทดสอบค่าทีของกลุ่มตัวอย่างที่ไม่อิสระต่อกัน ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับจักรวาลนฤมิต เรื่อง พลเมืองดิจิทัลตามแนวทางการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ เท่ากับ 78.17/80.81 เป็นไปตามเกณฑ์ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะทางเทคโนโลยีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะทางเทคโนโลยีหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 และเจตคติของนักเรียนที่มีต่อวิชาวิทยาการคำนวณ อยู่ในระดับเจตคติมาก ($\bar{X}$ = 4.32, S.D. = 0.81)

คำสำคัญ: ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับจักรวาลนฤมิต พลเมืองดิจิทัล การจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ การเรียนรู้ฐานสมรรถนะทางเทคโนโลยี

[1] นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 95000

[2] ดร.,สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 95000

[3] ผศ.ดร.,สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 95000

[1] Master Student, Teaching Science, Mathematics and Computer Program, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University 95000

[2] Dr., Computer Education Program, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University 95000

[3] Assistant Professor, Dr., Teaching Science, Mathematics and Computer Program, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University 95000

* Corresponding Author: E-mail: muneeroh.p@yru.ac.th, Tel: 083-652-4664

The Development of Learning Activity Package with a Metaverse in Using of Digital Citizenship According to Experiential Learning to Promote Competency in Technology of Grade 12 Students

Arthittaya Thamdi [1*], Fudailah Duemong [2] and Muneeroh Phadung[3]

Abstract

The purposes of this research were 1) develop and test the effectiveness of learning activity package with a metaverse, 2) compare the students' competency in technology before and after learning through activity package with a metaverse, 3) compare the students' competency in technology after learning with the activity package with a metaverse in using of digital citizenship according to a criterion of 75 percent, and 4) study the students' attitudes to computer science. The target group for this research was grade 12/2 students from Thantowattanawit School. The research tools consisted of 1) learning activity package with a metaverse, 2) lesson plans, 3) competency in technology assessment questionnaire, and 4) computer science attitude questionnaire. The research findings indicated that the effectiveness of learning activity package with a metaverse was 78.17/80.81, meeting the criteria, the students' average of competency in technology scores after learning were significantly higher than before learning at significance level of .05, the students' average of competency in technology score after learning were significantly higher than 75 percent criterion at the significance level of .05, and Study the students' attitudes to computer science subject on the topic of digital citizenship was at a The highest level with an average score of 4.32, (S.D. = 0.81).

Keywords: Learning Activity Package with a Metaverse, Digital Citizenship, Experiential Learning, Competency in Technology

บทนำ

เทคโนโลยีดิจิทัลกลายเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตนักเรียนอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ทั้งในการเรียน การใช้ชีวิตประจำวัน รวมถึงการเข้าถึงข้อมูลและการมีส่วนร่วมในกิจกรรมออนไลน์ต่าง ๆ การส่งเสริมให้นักเรียนใช้เทคโนโลยีอย่างปลอดภัยและสร้างสรรค์เป็นสิ่งสำคัญ โดยเฉพาะการตระหนักรู้เรื่องพลเมืองดิจิทัล ซึ่งหมายถึงการใช้เทคโนโลยีอย่างมีความรับผิดชอบ ปลอดภัย มีจริยธรรม และเคารพกฎหมายในโลกดิจิทัล (อพัชชา ช้างขวัญยืน และคณะ, 2564) นอกจากนี้ นักเรียนควรมีความเข้าใจในการใช้เทคโนโลยีอย่างชาญฉลาดและสร้างสรรค์ รู้เท่าทัน ปกป้องตนเองจากภัยออนไลน์ และเคารพสิทธิของผู้อื่นด้วยความรับผิดชอบ การเข้าถึงเทคโนโลยีดิจิทัลของนักเรียนเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะผ่านอุปกรณ์พกพา เช่น โทรศัพท์มือถือ และแท็บเล็ต จากการสำรวจการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในครัวเรือน พ.ศ. 2566 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อความสนุกสนานและบันเทิงมากกว่าจะนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด (สำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม, 2567) เนื่องจากนักเรียนยังขาดวุฒิภาวะและประสบการณ์ ทำให้ใช้งานเทคโนโลยีอย่างไม่ระมัดระวัง และขาดความเข้าใจในสิทธิและหน้าที่ของตนเอง ส่งผลให้เกิดปัญหาในสังคม เช่น การบูลลี่ หมิ่นประมาท และการถูกหลอกลวงผ่านแอปพลิเคชัน ซึ่งมักพบเห็นในข่าวอยู่บ่อยครั้ง จากการสำรวจภัยออนไลน์ของเยาวชนอายุ 9-18 ปี พบว่า ถูกระรานทางไซเบอร์ (Cyber Bullying) มีการเข้าถึงสื่อลามกอนาจาร สนทนาเชิงชู้สาวทางออนไลน์ซึ่งอาจนำไปสู่การถูกล่อลวงเพื่อวัตถุประสงค์ทางเพศ ถูกโกงจากการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์ (ศรีดา ตันทะอธิพานิช, 2565) จากปัญหาที่กล่าวมานั้น จึงจำเป็นต้องพัฒนาสมรรถนะด้านวิถีพลเมืองดิจิทัล เพื่อให้นักเรียนใช้เทคโนโลยีอย่างปลอดภัย มีความรับผิดชอบ และมีจิตสำนึกในการสร้างสังคมออนไลน์ที่ดี อันเป็นกุญแจสำคัญสู่อนาคตที่มีคุณภาพสำหรับนักเรียน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้เล็งเห็นความสำคัญของการเป็นพลเมืองดิจิทัล จึงบรรจุเนื้อหาดังกล่าวไว้ในหนังสือเรียนวิทยาการคำนวณชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เพื่อให้นักเรียนเรียนรู้การใช้เทคโนโลยีอย่างปลอดภัย มีความรับผิดชอบ และสามารถปกป้องข้อมูลส่วนตัวได้ โดยเน้นการพัฒนาสมรรถนะที่จำเป็นต่อการใช้ชีวิตในโลกจริงและโลกดิจิทัลอย่างสมดุล ซึ่งครูมีบทบาทสำคัญในการจัดการเรียนรู้ให้ตอบสนองต่อความเปลี่ยนแปลงของสังคมและเทคโนโลยี สมรรถนะทางเทคโนโลยี (ICT Competency Area: ICA) แบ่งออกเป็น 5 ด้าน ได้แก่ ICA 1) การเข้าถึง ประเมิน และจัดการข้อมูลและสารสนเทศ ICA 2) การแชร์ข้อมูลและการสื่อสาร ICA 3) การดัดแปลงและผลิตสารสนเทศและดิจิทัลคอนเทนต์ ICA 4) การแก้ไขปัญหาในบริบทโลกดิจิทัลและการคิดเชิงคำนวณ และ ICA 5) การใช้ ICT อย่างเหมาะสม ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ ในสังคมยุคดิจิทัล จึงจำเป็นจะต้องมีการจัดการเรียนรู้ฐานสมรรถนะทางเทคโนโลยี ในรายวิชาวิทยาการคำนวณอย่างเร่งด่วนด้านสมรรถนะการใช้ ICT อย่างเหมาะสม หรือ สมรรถนะ ICA5 ซึ่งประกอบด้วย 1) การใช้สื่อดิจิทัลและสื่อสังคมออนไลน์ 2) การจัดการและปกป้องข้อมูล 3) กฎหมายและจริยธรรม การเรียนรู้ในด้านเหล่านี้มีความสำคัญอย่างยิ่ง เพื่อให้นักเรียนสามารถปฏิบัติตนเป็นพลเมืองดิจิทัลที่ดี มีความรับผิดชอบและมีจิตสำนึกที่เหมาะสมในการใช้เทคโนโลยี ซึ่งจะช่วยสนับสนุนการพัฒนาสังคมดิจิทัลของประเทศให้ก้าวหน้าและปลอดภัย (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2565)

แนวคิดการศึกษายุค Thailand 4.0 เป็นนโยบายสำคัญที่เน้นการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ในการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับผู้เรียน โดยคำนึงถึงประโยชน์ในหลายมิติ พร้อมปรับเครื่องมือและวิธีการสอนให้ทันสมัย ซึ่งจักรวาลนฤมิต (Metaverse) ถือเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่ช่วยยกระดับการเรียนรู้ของนักเรียนให้ก้าวข้ามข้อจำกัดของโลกจริง เปิดโอกาสให้เรียนรู้และแลกเปลี่ยนประสบการณ์ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างไร้พรมแดน ในการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับจักรวาลนฤมิต

ควรบูรณาการเนื้อหาและประสบการณ์เดิมของนักเรียน (นิกร จันภิลม และคณะ, 2562) เพื่อให้สามารถเชื่อมโยงความรู้จากห้องเรียนสู่การนำไปใช้จริง โดยอาศัยแนวคิดการเรียนรู้จากประสบการณ์ (Experiential Learning) ที่เน้นการเรียนรู้ผ่านการลงมือทำ ซึ่งช่วยให้นักเรียนสร้างความรู้ ทักษะ และเจตคติใหม่ผ่านกระบวนการสะท้อนคิดจากประสบการณ์ ตามแนวคิดของโคล์บที่ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นสร้างประสบการณ์ (Concrete Experience) 2) ขั้นสังเกตปฏิกิริยาตอบสนอง (Reflective Observation) 3) ขั้นมโนทัศน์เชิงนามธรรม (Abstract Conceptualization) 4) ขั้นทดลอง (Active Experimentation) (Kolb, 2015)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจในการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับจักรวาลนฤมิต เรื่อง พลเมืองดิจิทัล ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางเทคโนโลยี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งจะช่วยให้เข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น และสร้างบรรยากาศการเรียนให้น่าสนใจส่งผลให้การจัดการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพ และเสริมสร้างสมรรถนะในการปฏิบัติตนให้เหมาะสมในการใช้เทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตและการเป็นพลเมืองที่ดีในยุคดิจิทัล

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนขนาดเล็กสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษายะลา จำนวน 8 โรงเรียน จำนวนทั้งสิ้น 221 คน และกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/2 จำนวน 31 คน ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 โรงเรียนธารโตวัฒนวิทย์ ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับจักรวาลนฤมิต ซึ่งประกอบด้วย 3 กิจกรรม ดังนี้กิจกรรมที่ 1 โลกใบใหญ่วิถีไซเบอร์ กิจกรรมที่ 2 รอบคอบ พร้อมรู้ อยู่ปลอดภัย กิจกรรมที่ 3 ระเบียบสังคม ระเบียบดิจิทัล มีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.56, S.D. = 0.30)

2.2 แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางการเรียนรู้จากประสบการณ์ วิชาวิทยาการคำนวนเรื่อง พลเมืองดิจิทัล จำนวน 3 แผน รวม 8 ชั่วโมง มีความเหมาะสมในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.46, S.D. = 0.31)

2.3 แบบทดสอบวัดสมรรถนะทางเทคโนโลยี จำนวน 40 ข้อ ข้อสอบมีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.55-0.85 มีค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.10-0.70 และมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.76

2.4 แบบวัดเจตคติของนักเรียน ที่มีต่อวิชาวิทยาการคำนวณ เรื่อง พลเมืองดิจิทัล เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางเทคโนโลยี มีค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามทั้งฉบับเท่ากับ 0.93

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 ปฐมนิเทศและให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดสมรรถนะทางเทคโนโลยีก่อนเรียน (Pre-test)

3.2 ดำเนินการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับจักรวาลนฤมิต และแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางการเรียนรู้จากประสบการณ์ จำนวน 8 ชั่วโมง

3.3 ให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้แบบทดสอบวัดสมรรถนะทางเทคโนโลยีหลังเรียน

3.4 ให้นักเรียนทำแบบวัดเจตคติที่มีต่อวิชาวิทยาการคำนวณ

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยมีการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

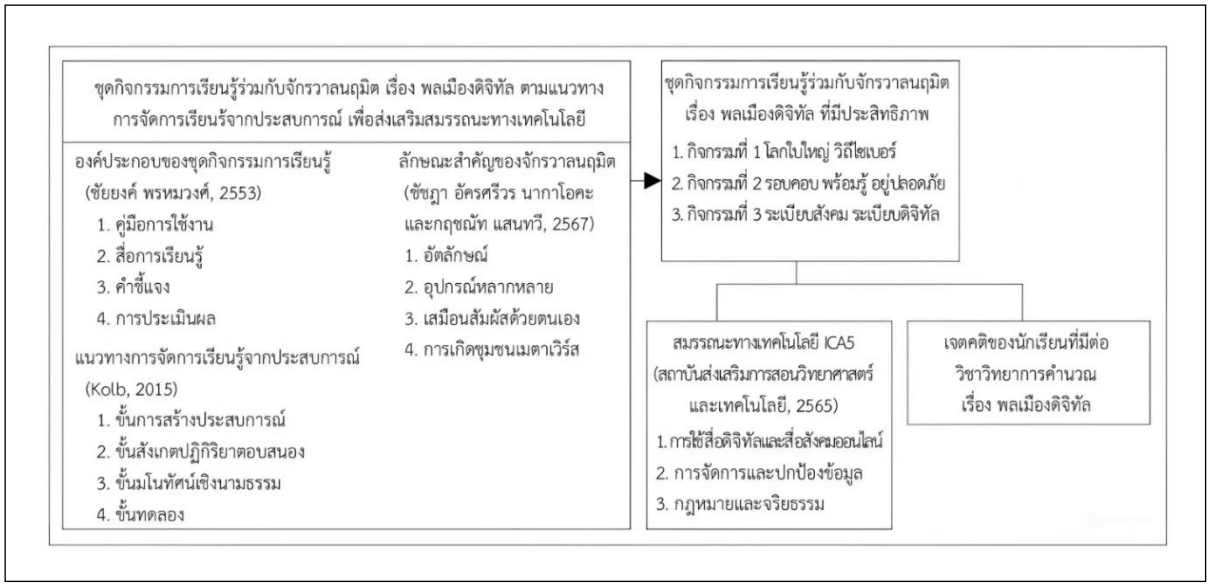
4.1 วิเคราะห์ประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับจักรวาลนฤมิต ประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด E_1/E_2 เท่ากับ 75/75

4.2 วิเคราะห์เปรียบเทียบสมรรถนะทางเทคโนโลยีของนักเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับจักรวาลนฤมิต โดยใช้การทดสอบค่าที Paired Sample t-Test

4.3 วิเคราะห์เปรียบเทียบสมรรถนะทางเทคโนโลยีของนักเรียน หลังเรียนรู้ ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับจักรวาลนฤมิตกับเกณฑ์ร้อยละ 75 โดยใช้การทดสอบค่าที One Sample t-Test

4.4 วิเคราะห์เจตคติของนักเรียน ที่มีต่อวิชาวิทยาการคำนวณ เรื่อง พลเมืองดิจิทัล โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\overline{X}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

กรอบแนวคิดการวิจัย

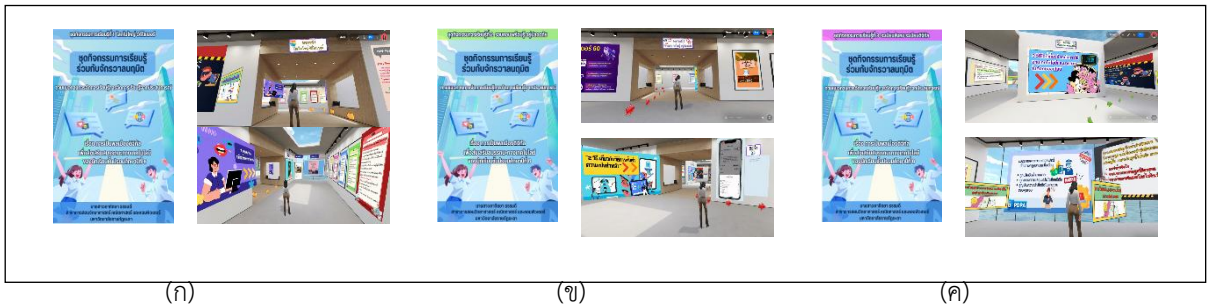


ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาและทดสอบประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับจักรวาลนฤมิต เรื่อง พลเมืองดิจิทัลตามแนวทางการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ผู้วิจัยออกแบบและพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับจักรวาลนฤมิต เรื่อง พลเมืองดิจิทัล ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการวิจัยในครั้งนี้ ประกอบด้วย

1) กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การเป็นพลเมืองดิจิทัล 2) กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การป้องกันตนเองและผู้อื่น 3) กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง กฎหมายและมารยาทในสังคมดิจิทัล (ภาพที่ 1)



(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 1 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับจักรวาลนฤมิต เรื่อง พลเมือง

ในงานวิจัยนี้กำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เท่ากับ 75/75 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับจักรวาลนฤมิต เรื่อง พลเมืองดิจิทัล ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แสดงผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับจักรวาลนฤมิต เรื่อง พลเมืองดิจิทัล

ลำดับที่	คะแนนกระบวนการจากกิจกรรมและแบบฝึกหัดแต่ละกิจกรรม				คะแนนสอบหลังเรียน (40 คะแนน) (E_2)
	โลกใบใหญ่วิถีไซเบอร์ (20 คะแนน)	รอบคอบ พร้อมรู้ อยู่ปลอดภัย (20 คะแนน)	ระเบียบสังคมระเบียบดิจิทัล (20 คะแนน)	รวม (60 คะแนน) (E_1)	
ค่าเฉลี่ย	15.68	15.29	15.93	46.90	32.32
ร้อยละ	78.39	76.54	79.68	78.17	80.81
ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม E_1/E_2 = 78.17/80.81					

ตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าคะแนนกระบวนการจากกิจกรรมและแบบฝึกหัดของแต่ละกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนในระหว่างที่นักเรียนเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ จำนวน 3 กิจกรรม มีค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 78.17 และคะแนนจากการทดสอบหลังเรียน มีค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 80.81

2. ผลการศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะทางเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ก่อนและหลังเรียนรู้ ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับจักรวาลนฤมิต เรื่อง พลเมืองดิจิทัล ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์

การเปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะทางเทคโนโลยีก่อนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับจักรวาลนฤมิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แสดงผลการเปรียบเทียบดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะทางเทคโนโลยีก่อนและหลังเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับจักรวาลนฤมิต เรื่อง พลเมืองดิจิทัล

สมรรถนะทางเทคโนโลยี (ICA5)		$\bar{X}$	S.D.	t	df	Sig.
การใช้สื่อดิจิทัลและสื่อสังคมออนไลน์ (15 คะแนน)	ก่อนเรียน	8.58	2.70	10.22*	30	.00
	หลังเรียน	11.58	3.03			
การจัดการและปกป้องข้อมูล (15 คะแนน)	ก่อนเรียน	9.29	2.53	9.52*	30	.00
	หลังเรียน	11.74	2.85			
กฎหมายและจริยธรรม (10 คะแนน)	ก่อนเรียน	7.10	1.54	5.61*	30	.00
	หลังเรียน	9.00	2.31			
รวมทั้งหมด 3 ด้าน (คะแนนเต็ม 40 คะแนน)	**ก่อนเรียน**	**24.97**	**6.77**	**25.35***	**30**	**.00**
	หลังเรียน	**32.32**	**8.19**			

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 2 พบว่า ในภาพรวมนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะทางเทคโนโลยีก่อนเรียนและหลังเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับจักรวาลนฤมิต แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะทางเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนรู้ ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับจักรวาลนฤมิต เรื่อง พลเมืองดิจิทัล ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์กับเกณฑ์ร้อยละ 75

การเปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะทางเทคโนโลยีของนักเรียนหลังการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับจักรวาลนฤมิต เรื่อง พลเมืองดิจิทัล ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์แสดงผลการเปรียบเทียบ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะทางเทคโนโลยีของนักเรียน หลังเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับจักรวาลนฤมิตกับเกณฑ์ร้อยละ 75

สมรรถนะทางเทคโนโลยี (ICA5)	คะแนนเต็ม	ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม	ร้อยละของคะแนนที่นักเรียนทำได้	$\bar{X}$	S.D.	t	Sig.
การใช้สื่อดิจิทัลและสื่อสังคมออนไลน์	15	11.25	77.20	11.58	3.03	21.27*	.00

การจัดการและปกป้องข้อมูล	15	11.25	78.28	11.74	2.85	22.92*	.00
กฎหมายและจริยธรรม	10	7.50	90.00	9.00	1.54	32.34*	.00
รวม	**40**	**30.00**	**80.81**	**32.32**	**6.84**	**26.13***	**.00**

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะทางเทคโนโลยีของนักเรียน หลังเรียนรู้ ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับจักรวาลนฤมิต กับเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ผลการศึกษาเจตคติของนักเรียน ที่มีต่อวิชาวิทยาการคำนวณ เรื่อง พลเมืองดิจิทัล เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

หลังจากที่นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับจักรวาลนฤมิต ผลการวิเคราะห์พบว่า ในภาพรวมนักเรียนมีเจตคติต่อวิชาวิทยาการคำนวณ อยู่ในระดับเจตคติมาก ($\overline{X}$ = 4.32, S.D. = 0.81) เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า นักเรียนมีเจตคติต่อวิชาวิทยาการคำนวณ 3 อันดับแรก ได้แก่ การเรียนรู้เรื่องพลเมืองดิจิทัลช่วยสร้างสังคมที่ปลอดภัยและมีความรับผิดชอบในโลกออนไลน์อยู่ในระดับเจตคติมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.52, S.D. = 0.63) รองลงมา คือ การเคารพสิทธิและความคิดเห็นของผู้อื่นในโลกออนไลน์ช่วยลดความขัดแย้งทางสังคมได้ อยู่ในระดับเจตคติมาก ($\overline{X}$ = 4.45, S.D. = 0.68) และอันดับที่ 3 คือ การนำความรู้เรื่อง พลเมืองดิจิทัล ไปปรับใช้ในชีวิตประจำวันได้ อยู่ในระดับเจตคติมาก ($\overline{X}$ = 4.13, S.D. = 0.96) ทั้งนี้ ข้อที่มีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ ความสนใจที่จะเรียนรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับกฎหมายและจริยธรรมในโลกดิจิทัล อยู่ในระดับเจตคติมาก ($\overline{X}$ = 3.97, S.D. = 1.08)

อภิปรายผลการวิจัย

1. ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับจักรวาลนฤมิต มีค่า E_1/E_2 = 78.17/80.81 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 75/75 ที่ตั้งไว้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐนนท์ เกษตรเอี่ยม และคณะ (2566) ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนออนไลน์รูปแบบจักรวาลนฤมิตมีประสิทธิภาพเท่ากับ 87.63/84.97 ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80

2. ผลการศึกษาทักษะการเรียนรู้ตามฐานสมรรถนะทางเทคโนโลยี นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะทางเทคโนโลยีก่อนเรียนและหลังเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับจักรวาลนฤมิต แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุนิสา อ่อนส้มกริต และคณะ (2567) โดยผลการวิจัย พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจากเรียนด้วยการเรียนการสอนในห้องเรียนจักรวาลนฤมิตรร่วมกับแนวคิดการเรียนรู้ร่วมกันมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนกับกลุ่มที่เรียนในห้องเรียนปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะทางเทคโนโลยีของนักเรียนหลังเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับจักรวาลนฤมิตกับเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ จุฑามาศ มีสุข และคณะ (2565) ได้ศึกษาการพัฒนาสมรรถนะการใช้ ICT อย่างเหมาะสม (ICA5) ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน ควบคู่กับแบบวัดความเป็นพลเมืองดิจิทัลแบบออนไลน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนอนุกูลนารี จังหวัดกาฬสินธุ์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีผล

คะแนนเฉลี่ยการทดสอบ DCT 102.47 คะแนน ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยระดับนานาชาติ ซึ่งอนุมานได้ว่า นักเรียนสามารถใช้เครื่องมือและสื่อดิจิทัลได้อย่างปลอดภัยในเบื้องต้น

4. ผลการศึกษาเจตคติของนักเรียนที่มีต่อวิชาวิทยาการคำนวณผลการวิเคราะห์พบว่า ในภาพรวมนักเรียนมีเจตคติต่อวิชาวิทยาการคำนวณ อยู่ในระดับเจตคติมาก ($\overline{X}$ = 4.32, S.D. = 0.81) ซึ่งสอดคล้องกับ ณัฐนนท์ เกษตรเอี่ยม และคณะ (2566) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อบทเรียนออนไลน์รูปแบบจักรวาลนฤมิต พบว่า ความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.46, S.D. = 0.47)

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษา พบว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับจักรวาลนฤมิต เรื่อง พลเมืองดิจิทัล ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ มีค่าประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เท่ากับ 78.17/80.81 เป็นไปตามเกณฑ์ 75/75 ที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งจะเห็นได้ว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับจักรวาลนฤมิตมีประสิทธิภาพในการพัฒนาสมรรถนะทางเทคโนโลยีของนักเรียน เมื่อนักเรียนเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับจักรวาลนฤมิต พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะทางเทคโนโลยีก่อนเรียนและหลังเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับจักรวาลนฤมิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะทางเทคโนโลยีหลังเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับจักรวาลนฤมิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อีกทั้งนักเรียนมีเจตคติต่อวิชาวิทยาการคำนวณ อยู่ในระดับเจตคติมาก ซึ่งการเป็นพลเมืองดิจิทัลที่ดี ช่วยให้นักเรียนใช้อินเทอร์เน็ตอย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทันข้อมูลข่าวสาร แยกแยะภัยคุกคามทางดิจิทัลได้ และใช้เทคโนโลยีอย่างมีความรับผิดชอบและปลอดภัย ซึ่งเป็นทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21

อ้างอิง

จุฑามาศ มีสุข วณิชา สาคร และรัตติกาล สารกอง. (2565). การพัฒนาสมรรถนะการใช้ ICT อย่างเหมาะสม (ICA5) ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานควบคู่กับแบบวัดความเป็นพลเมืองดิจิทัลแบบออนไลน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนอนุกูลนารี จังหวัดกาฬสินธุ์. *วารสารวิชาการการจัดการเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, *9*(2), 89-96.

ณัฐนนท์ เกษตรเอี่ยม ภาสกร เรืองรอง และ ธีรชัย เรืองบัณฑิต.(2566). การพัฒนาบทเรียนออนไลน์รูปแบบจักรวาลนฤมิตร่วมกับกระบวนการจัดการเรียนรู้เชิงรุกActive Learning รายวิชาออกแบบและเทคโนโลยีเรื่องเทคโนโลยีแก้ปัญหาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่3. *Journal of Education and Innovation, 26*(1), 152-162.

นิกร จันภิลม ศตพล กัลยา ภาสกร เรืองรอง และรุจโรจน์ แก้วอุไร. (2562). เทคโนโลยีการศึกษาในยุค Thailand 4.0. *วารสารปัญญาภิวัฒน์, 11*(1), 305-313.

ศรีดา ตันทะอธิพานิช. (2565). *สถานการณ์เด็กไทยกับภัยคุกคามทางเพศออนไลน์*. มูลนิธิอินเทอร์เน็ตร่วมพัฒนาไทย. https://inetfoundation.or.th/wp-content/uploads/2024/07/-2565.pdf.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2565). *การจัดการเรียนรู้ฐานสมรรถนะวิชาเทคโนโลยีช่วงชั้นที่ 2 ทุกปัญหา มีทางออก.* [เอกสารประกอบการอบรมครูออนไลน์]. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม. (2567). *การใช้ ICTของเด็กและเยาวชน*. https://www.nso.go.th/nsoweb/storage/survey_detail/2024/20240731153627_28521.pdf.

สุนิสา อ่อนส้มกริต ณัฐพล รำไพ และบุญรัตน แผลงศร. (2567). การพัฒนาหองเรียนจักรวาลนฤมิตรวมกับแนวคิดการเรียนรู้ร่วมกัน เรื่อง การสรางงานอินโฟกราฟก 3 มิติ ที่เสริมสรางทักษะการคิดสรางสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารครุศาสตรปริทรรศนฯ, 11*(2), 326-339.

อพัชชา ช้างขวัญยืน รุจโรจน์ แก้วอุไร วินัย วงษ์ไทย และเอื้อมพร หลินเจริญ. (2564). การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความเป็นพลเมืองดิจิทัลของนิสิตปริญญาตรีตามแนวคิดการเรียนเชิงรุกร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 23*(3), 24-33.

Kolb, D. A. (2015). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development* (2nd ed.). Experience Based Learning Systems.

การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมตามแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เพื่อส่งเสริมทักษะการรู้ดิจิทัลของนักเรียน หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1

ศักดินนท์ วิเชียรรัตน์[1]* และมูนีเร๊าะ ผดุง[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมตามแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เรื่อง มุ่งสู่ออฟฟิศดิจิทัล 2) เปรียบเทียบทักษะการรู้ดิจิทัลก่อนเรียนและหลังเรียน 3) เปรียบเทียบทักษะการรู้ดิจิทัลของนักเรียนหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 75 และ 4) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ คือ นักเรียนหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยอาชีวศึกษายะลา จำนวน 26 คน เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย 1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม 2) แผนการจัดการเรียนรู้ 3) แบบทดสอบวัดทักษะการรู้ดิจิทัล และ 4) แบบประเมินความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ คือ ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมตามเกณฑ์ E_1/E_2 การทดสอบค่าทีของกลุ่มตัวอย่างที่ไม่อิสระต่อกัน ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมมีค่าเท่ากับ 75.90/78.53 สูงกว่าเกณฑ์ 75/75 นักเรียนมีคะแนนทักษะการรู้ดิจิทัลหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนมีคะแนนทักษะการรู้ดิจิทัลหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 และคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้มีค่าเท่ากับ ($\bar{X}$ = 4.43, S.D. = 0.35) อยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ: ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม การเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ทักษะการรู้ดิจิทัล

[1] นักศึกษาระดับมหาบัณฑิต, สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 95000

[2] ผศ.ดร.,หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 95000

[1] Master Student, Teaching Science, Mathematics and Computer Program, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University

[2] Assistant Professor, Dr. , Teaching Science, Mathematics and Computer Program, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University 95000

* Corresponding Author: E-mail : muneeroh.p@yru.ac.th, Tel: 083-652-4664

The Development of Learning Activity Package through Augmented Reality according to the 7–step Learning Cycle Approach for Enhancing Digital Literacy Skills of First Year Vocational Certificate Students

Sakdinon Wichainrut[1] and Muneeroh Phadung[2*]

Abstract

The purposes of this research were to 1) develop and test the effectiveness of a learning activity package through augmented reality based on the 7-step learning cycle approach, 2) compare the students' digital literacy skills before and after learning, 3) compare the students' digital literacy skills after learning with the criterion of 75 percent, and 4) study the students' satisfaction toward learning activity package. The target group of this study was 26 first-year vocational certificate students from Yala Vocational College. The research tools consisted of 1) an augmented reality-based learning activity package, 2) lesson plans, 3) a digital literacy skills test, and 4) a student satisfaction questionnaire. The research findings indicated that the efficiency of the developed learning activity package was 75.90/78.53 higher than 75/75, the students' post-learning digital literacy skills scores were significantly higher than their pre-learning scores at the .05, the students' post-learning scores were significantly higher than the 75, and the students' satisfaction toward the learning activity package was at the high level ($\overline{X}$ = 4.43, S.D. = 0.35).

Keywords: Learning Activity Package, Augmented Reality, The 7–step Learning Cycle Approach, Digital Literacy

บทนำ

ในยุคศตวรรษที่ 21 เทคโนโลยีดิจิทัลได้เปลี่ยนแปลงวิถีการเรียนรู้ของนักเรียนยุคใหม่หรือ "ดิจิทัลเนทีฟ" (Digital Natives) ทำให้พวกเขาสามารถเข้าถึงข้อมูลและสร้างสื่อดิจิทัลได้ด้วยตนเอง (สุภารักษ์ จูตระกูล, 2559) การพัฒนาทักษะการรู้ดิจิทัล (Digital Literacy) มีความสำคัญอย่างยิ่ง เพื่อเตรียมความพร้อมให้เยาวชนสามารถเป็นพลเมืองดิจิทัลที่มีทักษะครบถ้วน (สรานนท์ อินทนนท์, 2563) โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับนักเรียนอาชีวศึกษา ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ (พีรสิชฌ์ มีสมสาร และคณะ, 2562) เทคโนโลยีสมัยความเป็นจริงเสริม (Augmented Reality) ได้ปฏิวัติรูปแบบการศึกษาแบบเดิม ช่วยสร้างประสบการณ์การเรียนรู้แบบ Interactive ที่เข้าใจง่ายขึ้น (วรกร พุ่มกาหลง และคณะ, 2566) การบูรณาการเทคโนโลยีเหล่านี้กับรูปแบบการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ประกอบด้วย 1) ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม 2) ขั้นเร้าความสนใจ 3) ขั้นสำรวจและค้นหา 4) ขั้นอธิบาย 5) ขั้นขยายความคิด 6) ขั้นประเมินผล และ 7) ขั้นนำความรู้ไปใช้ ช่วยส่งเสริมกระบวนการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (จิรากร เฉลิมดิษฐ และคณะ, 2561) ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาการศึกษาตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (สำนักงานสภาพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2565) ที่มุ่งผลิตกำลังคนอาชีวศึกษาที่มีสมรรถนะสูง พร้อมรับมือกับการเปลี่ยนแปลงของโลกดิจิทัล

จากความเป็นมาและความสำคัญข้างต้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมตามแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เพื่อส่งเสริมทักษะการรู้ดิจิทัลของนักเรียนหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 ช่วยส่งเสริมและสนับสนุนการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการพัฒนาคุณภาพของนักเรียนและได้สื่อการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพสำหรับใช้ในการเรียนการสอนระดับอาชีวศึกษาในอนาคตอันจะเป็นการเอื้อประโยชน์ในการพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนและตอบสนองกับนโยบายของรัฐบาลต่อไป

วิธีการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่ออาชีพ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 วิทยาลัยอาชีวศึกษายะลา จำนวนนักเรียนทั้งหมด 78 คน และกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาเทคโนโลยีธุรกิจดิจิทัล จำนวน 26 คน ผู้วิจัยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมเพื่อส่งเสริมทักษะการรู้ดิจิทัลของนักเรียนหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 เรื่อง มุ่งสู่ออฟฟิศดิจิทัล จำนวน 1 กิจกรรม ประกอบด้วยเนื้อหา เรื่อง บริการออนไลน์และการใช้บริการเว็บบราวเซอร์ ผลกระทบของเทคโนโลยีสารสนเทศ และจริยธรรมกับสังคมยุคสารสนเทศอาชญากรรมคอมพิวเตอร์และการรักษาความปลอดภัยระบบคอมพิวเตอร์

2.2 แผนการจัดการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เรื่อง มุ่งสู่ออฟฟิศดิจิทัล จำนวน 3 แผน 9 ชั่วโมง มีคุณภาพอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.75 ประกอบด้วย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง รู้ดีเรื่อง โลกดิจิทัล จำนวน 3 ชั่วโมง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง รู้คิด รู้ใช้ บนโลกดิจิทัล จำนวน 3 ชั่วโมง และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ความปลอดภัยแห่งออฟฟิศดิจิทัล จำนวน 3 ชั่วโมง

2.3 แบบทดสอบวัดทักษะการรู้ดิจิทัล จำนวน 44 ข้อ แบ่งออกเป็นแบบปรนัยจำนวน 40 ข้อ 40 คะแนน และอัตนัย 4 ข้อ 20 คะแนน รวมเป็น 60 คะแนน โดยมีค่าความยากง่ายของแบบทดสอบแต่ละข้ออยู่ระหว่าง 0.39 – 0.78 มีค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบแต่ละข้ออยู่ระหว่าง 0.33 – 0.67 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.75

2.4 แบบประเมินความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม จำนวน 15 ข้อ มีค่าความสอดคล้อง ตั้งแต่ 0.5 – 1.00 ขึ้นไป ถือว่าสอดคล้องและอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 ปฐมนิเทศและให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดทักษะการรู้ดิจิทัลก่อนเรียน (Pre-test)

3.2 ดำเนินการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม จำนวน 9 ชั่วโมง

3.3 ให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้แบบทดสอบวัดทักษะการรู้ดิจิทัลหลังเรียน

3.4 ให้นักเรียนทำแบบสอบถามความพึงพอใจที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยมีการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

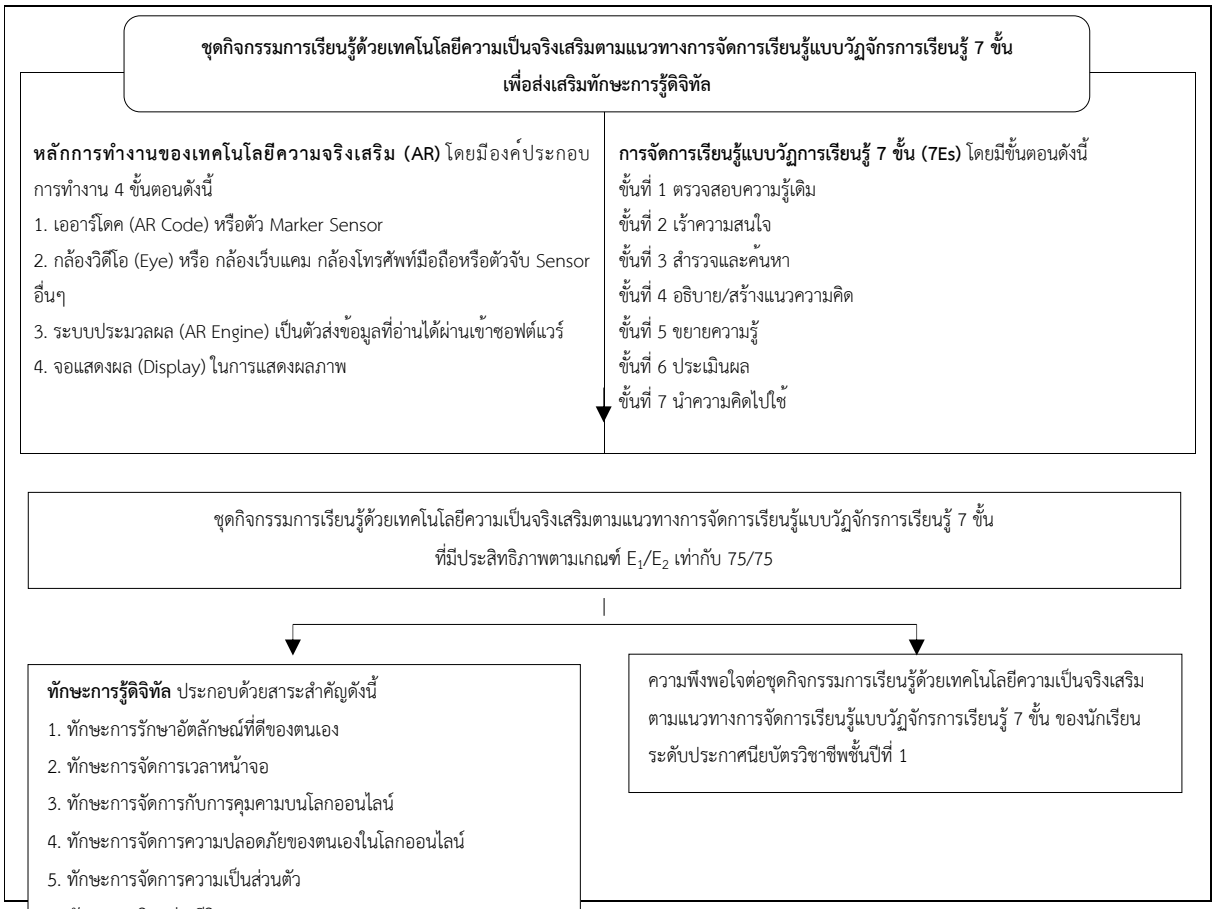
4.1 วิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม โดยกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของเครื่องมืออยู่ที่ E_1/E_2 เท่ากับ 75/75

4.2 วิเคราะห์ทักษะการรู้ดิจิทัลของนักเรียนโดยใช้สถิติเชิงอนุมาณ Paired Sample t-Test เพื่อเปรียบเทียบคะแนนทักษะการรู้ดิจิทัลก่อนเรียนและหลังเรียน

4.3 วิเคราะห์ทักษะการรู้ดิจิทัลของนักเรียนโดยใช้สถิติเชิงอนุมาณ One Sample t-Test เพื่อเปรียบเทียบคะแนนทักษะการรู้ดิจิทัลหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 75

4.4 วิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

กรอบแนวคิดการวิจัย



อภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาและทดสอบประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมตามแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เพื่อส่งเสริมทักษะการรู้ดิจิทัล เรื่อง มุ่งสู่ออฟฟิศดิจิทัล ของนักเรียนหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1

ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมตามแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เพื่อส่งเสริมทักษะการรู้ดิจิทัล เรื่อง มุ่งสู่ออฟฟิศดิจิทัล ประกอบด้วย กิจกรรมที่ 1 รู้ดีเรื่องโลกดิจิทัล กิจกรรมที่ 2 รู้คิด รู้ใช้ บนโลกดิจิทัล และกิจกรรมที่ 3 ความปลอดภัยแห่งออฟฟิศดิจิทัล (ภาพที่ 1)

(ก) (ข) (ค) (ง)

ภาพที่ 1 ตัวอย่างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมตามแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น

ภาพที่ 1 เป็นตัวอย่างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมตามแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เพื่อส่งเสริมทักษะการรู้ดิจิทัล ซึ่งผู้วิจัยออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมบนเว็บไซต์ https://zap.works โดยสร้างสถานการณ์ให้มีสัญลักษณ์ AR – Code หรือ Marker เพื่อใช้สแกน AR และทดสอบประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมตามแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เพื่อส่งเสริมทักษะการรู้ดิจิทัล เรื่อง มุ่งสู่ออฟฟิศดิจิทัล โดยกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 75/75 ได้ผล ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

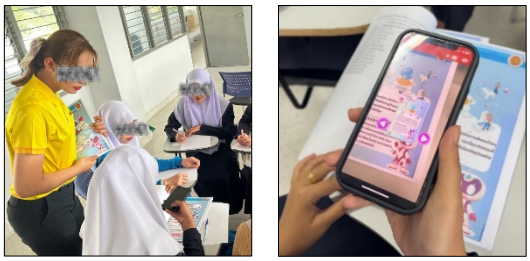
ลำดับ	คะแนนกระบวนการจากกิจกรรมและแบบฝึกหัดแต่ละหัวข้อย่อย				คะแนนสอบหลังเรียน (E_2)
	รู้ดีเรื่อง โลกดิจิทัล (15 คะแนน)	รู้คิด รู้ใช้ บนโลกดิจิทัล (15 คะแนน)	ความปลอดภัยแห่งออฟฟิศดิจิทัล (15 คะแนน)	รวม (45 คะแนน) (E_1)	
ค่าเฉลี่ย	11.77	11.19	11.19	34.15	47.12
ร้อยละ	78.46	74.62	74.62	75.90	78.53
ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม E_1/E_2 = 75.90/78.53					

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าคะแนนกระบวนการจากการทำกิจกรรมและแบบฝึกหัด มีค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 75.90 และคะแนนจากการทดสอบหลังเรียน มีค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 78.53 ดังนั้น ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้มีค่าเท่ากับ 75.90/78.53 สูงกว่าเกณฑ์ 75/75 ทั้งนี้การเรียนรู้ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมส่งเสริมให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับประสบการณ์ใหม่ผ่านเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชัญญานุช แย้มไสว รูฮัยซา ดือราแม และมูนีเร๊าะ ผดุง (2566) ได้ศึกษาผลการพัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม โดยใช้วิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ เรื่อง พลังงานกล

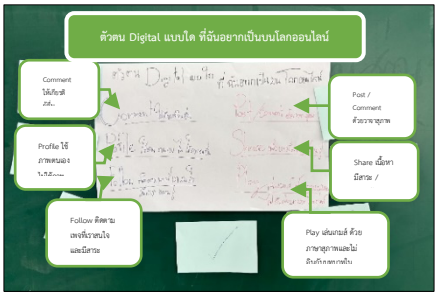
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า สื่อการสอนด้วยนวัตกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมมีประสิทธิภาพเท่ากับ 77.95/76.79 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ 70/70

สำหรับการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมตามแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เพื่อส่งเสริมทักษะการรู้ดิจิทัล เรื่อง มุ่งสู่ออฟฟิศดิจิทัล ซึ่งมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 7 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม 2) ขั้นเร้าความสนใจ 3) ขั้นสำรวจและค้นหา 4) ขั้นอธิบาย 5) ขั้นขยายความคิด 6) ขั้นประเมินผล และ 7) ขั้นนำความรู้ไปใช้ ทำให้นักเรียนได้สำรวจและค้นหาองค์ความรู้พร้อมอธิบายและขยายความคิดที่เกิดจากทักษะการรู้ดิจิทัลผ่านชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ตัวอย่างการใช้สื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในขั้นที่ 3 สำรวจและค้นหา

ภาพที่ 2 ตัวอย่างการใช้สื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในขั้นที่ 3 สำรวจและค้นหา ในกิจกรรมที่ 1 รู้ดีเรื่อง โลกดิจิทัล เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้และแบ่งกลุ่มนักเรียน 4 กลุ่ม ๆ ละ 6 – 7 คนเพื่อทำกิจกรรมร่วมกัน และแต่ละกลุ่มรับชุดกิจกรรมเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในหัวข้อเรื่อง บริการออนไลน์ เมื่อนักเรียนใช้แอปพลิเคชัน Zappar สแกนหน้าที่มีสัญลักษณ์ที่ผู้วิจัยกำหนดให้เป็น AR – Code หรือ Marker แอปพลิเคชันจะแสดงสื่อในรูปแบบมัลติมีเดียเพื่อให้นักเรียนศึกษาทำความเข้าใจและทำกิจกรรมกลุ่มร่วมกันในใบงานที่ 1.1 “Power Off & Power Play: ตัวตนดิจิทัลแบบไหน ที่ฉันอยากเป็นบนโลกออนไลน์?!” นักเรียนทุกกลุ่มจะต้องทำความเข้าใจในประเด็นที่คำถามในใบงาน แล้วมีการวางแผนกำหนดแนวทางในการสำรวจและตอบคำถาม พร้อมตั้งสมมติฐานที่สามารถจะทำได้และสามารถเชื่อมโยงความรู้ได้อย่างชัดเจน โดยนำเสนอรายกลุ่มในขั้นที่ 4 การอธิบาย ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ตัวอย่างผลงานนักเรียนในใบงานที่ 1.1 “Power off & Power play : ตัวตนดิจิทัลแบบไหน ที่ฉันอยากเป็นบนโลกออนไลน์?!”

2. ผลการศึกษาทักษะการรู้ดิจิทัลของนักเรียนหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 ก่อนเรียนและหลังเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมตามแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น

ผู้วิจัยได้ศึกษาทักษะการรู้ดิจิทัลแต่ละด้านโดยเปรียบเทียบคะแนนทักษะการรู้ดิจิทัลของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะการรู้ดิจิทัลก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

ทักษะการรู้ดิจิทัล	การทดสอบ	$\bar{X}$	S.D.	t	df	*P*
การรักษาอัตลักษณ์ที่ดีของตนเอง	ก่อนเรียน	3.23	0.95	2.66*	25	.00
	หลังเรียน	3.96	1.11			

ทักษะการรู้ดิจิทัล	การทดสอบ	$\bar{X}$	S.D.	t	df	*P*
การจัดการเวลาหน้าจอ	ก่อนเรียน	3.31	1.41	3.54*	25	.00
	หลังเรียน	4.19	0.80			
การจัดการกับการคุมคามบนโลกออนไลน์	ก่อนเรียน	3.50	0.95	3.24*	25	.00
	หลังเรียน	4.23	0.95			
การจัดการความปลอดภัยของตนเองในโลกออนไลน์	ก่อนเรียน	3.08	1.09	4.24*	25	.00
	หลังเรียน	4.12	0.77			
การจัดการความเป็นส่วนตัว	ก่อนเรียน	2.46	1.10	6.47*	25	.00
	หลังเรียน	4.23	0.99			
การคิดอย่างมีวิจารณญาณ	ก่อนเรียน	5.92	1.79	3.91*	25	.00
	หลังเรียน	7.62	1.53			
การจัดการข้อมูลที่เป็นร่องรอยบนโลกออนไลน์	ก่อนเรียน	9.12	1.82	5.30*	25	.00
	หลังเรียน	11.19	1.72			
การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลอย่างมีจริยธรรม	ก่อนเรียน	6.23	1.24	4.29*	25	.00
	หลังเรียน	7.58	7.58			
รวมทักษะ 8 ด้าน	**ก่อนเรียน**	**36.85**	**2.91**	**10.23***	**25**	**.00**
(คะแนนเต็ม 60 คะแนน)	**หลังเรียน**	**47.12**	**5.77**			

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 2 พบว่า คะแนนเฉลี่ยทักษะการรู้ดิจิทัลก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน ($\bar{X}$ = 36.85, S.D. = 2.91) และหลังเรียน ($\bar{X}$ = 47.12, S.D. = 5.77) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อนรรฆวี เรืองมาลัย และพรรณราย เทียมทัน (2567) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจต่อการเรียน วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลการศึกษาการเปรียบเทียบทักษะการรู้ดิจิทัลของนักเรียนหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 หลังเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมตามแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เพื่อส่งเสริมทักษะการรู้ดิจิทัล

ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบคะแนนทักษะการรู้ดิจิทัลทั้ง 8 ด้าน ของนักเรียนหลังเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมกับเกณฑ์ร้อยละ 75 ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะการรู้ดิจิทัล ทั้ง 8 ด้าน ของนักเรียนหลังเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

ทักษะการรู้ดิจิทัล	คะแนนเต็ม	ร้อยละ 75	$\bar{X}$	S.D.	t	*P*
การรักษาอัตลักษณ์ที่ดีของตนเอง	5	3.75	3.96	1.11	0.97	.17
การจัดการเวลาหน้าจอ	5	3.75	4.19	0.80	2.82*	.00
การจัดการกับการคุมคามบนโลกออนไลน์	5	3.75	4.23	0.95	2.58*	.00
การจัดการความปลอดภัยของตนเองในโลกออนไลน์	5	3.75	4.12	0.77	2.43*	.01
การจัดการความเป็นส่วนตัว	5	3.75	4.23	0.99	2.47*	.01
การคิดอย่างมีวิจารณญาณ	10	7.50	7.63	1.53	0.39	.35
การจัดการข้อมูลที่เป็นร่องรอยบนโลกออนไลน์	15	11.25	11.19	1.72	-0.17	1.00
การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลอย่างมีจริยธรรม	10	7.50	7.58	1.42	0.28	.39
รวมทักษะ 8 ด้าน	**60**	**45.00**	**47.12**	**5.77**	**1.87***	**.03**

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 3 พบว่า ในภาพรวมนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทักษะการรู้ดิจิทัลหลังเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แตกต่างกับเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน ($\bar{X}$ = 47.12, S.D. = 5.77) สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 จึงเห็นได้ว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้สามารถพัฒนาทักษะการรู้ดิจิทัลของนักเรียนได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ซีตีฮามีเนาะ ดือเระซอ หัสลินดา บินมะแอ และรูฮัยซา ดือราแม (2567) ได้ศึกษาผลการพัฒนามโนมติ เรื่อง วิวัฒนาการ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านด้วยหนังสือเสริมเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมชีววิทยาในโรงเรียนขนาดเล็ก

พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยมโนมติหลังเรียนด้วยหนังสือเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมชีววิทยาหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 ที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมตามแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น

ผู้วิจัยได้ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 26 คน ที่ได้เรียนรู้ผ่านชุดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า ในภาพรวมนักเรียนมีความพึงพอใจในการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมตามแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก ($\overline{X}$ = 4.43, S.D. = 0.35) ซึ่งสอดคล้องกับ เบญนภา พัฒนาพิภัทร และนัจภัค มีอุสาห์ (2565) ได้ศึกษาการพัฒนาสื่อการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมกระบวนการคิดเชิงสร้างสรรค์ ในการสร้างสื่อยุคดิจิทัลร่วมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อสื่อยุคดิจิทัลร่วมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.29, S.D. = 0.61)

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษา พบว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมตามแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น มีค่าประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 75.90/78.53 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 75/75 แสดงให้เห็นว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้มีประสิทธิภาพและสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน เมื่อนักเรียนเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทักษะการรู้ดิจิทัลก่อนเรียนและหลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และคะแนนเฉลี่ยทักษะการรู้ดิจิทัลหลังเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ แตกต่างกับเกณฑ์ร้อยละ 75 และมีความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้อยู่ในระดับมาก ซึ่งชี้ให้เห็นว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมตามแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เรื่อง มุ่งสู่ออฟฟิศดิจิทัล ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสามารถพัฒนาทักษะการรู้ดิจิทัลของนักเรียน

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษา พบว่า ควรจัดสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ให้เหมาะสม โดยควรจัดเตรียมอุปกรณ์ เช่น สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต และอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงให้พร้อม เพื่อให้นักเรียนสามารถใช้ชุดกิจกรรมได้อย่างราบรื่น และเกิดประสบการณ์เรียนรู้ที่สมจริง และเพิ่มความหลากหลายของกลุ่มตัวอย่างการวิจัยครั้งต่อไปควรขยายกลุ่มตัวอย่างให้ครอบคลุมผู้เรียนจากวิทยาลัยอาชีวศึกษาอื่น ๆ หรือในบริบทที่แตกต่างกัน เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์และความเหมาะสมของชุดกิจกรรมในแต่ละพื้นที่หรือกลุ่มผู้เรียน

อ้างอิง

จิรากร เฉลิมดิษฐ, นวรัตน์ วิทยาคม และณมน จีรังสุวรรณ. (2561). ความท้าทายในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมกับการศึกษายุค 4.0. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 20*(2), 266 – 279.

ชัญญานุช แย้มไสว รูฮัยซา ดือราแม และมูนีเร๊าะ ผดุง. (2566). การพัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม โดยใช้วิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์เรื่อง พลังงานกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 34 และนานาชาติ ครั้งที่ 1 มหาวิทยาลัยทักษิณ ประจำปี 2566* (หน้า297-305), สงขลา: มหาวิทยาลัยทักษิณ.

ซีตีฮามีเนาะ ดือเระซอ หัสลินดา บินมะแอ และรูฮัยซา ดือราแม. (2567). การพัฒนามโนมติ เรื่อง วิวัฒนาการ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านด้วยหนังสือเสริมเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมชีววิทยาในโรงเรียนขนาดเล็ก. ใน *การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ระดับชาติ ครั้งที่ 2 "วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่นวัตกรรม เพื่อการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน" ในรูปแบบออนไลน์ วันที่ 29 มิถุนายน พ.ศ. 2567* (หน้า 93-105), ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

เบญนภา พัฒนาพิภัทร และนัจภัค มีอุสาห์. (2565). การพัฒนาสื่อการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมกระบวนการคิดเชิงสร้างสรรค์ ในการสร้างสื่อยุคดิจิทัลร่วมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR). *วารสารมหาวิทยาลัยศิลปากร, 42*(1), 15-30.

พีรสิชฌ์ มีสมสาร, สืบสกุล นรินทรางกูร ณ อยุธยา และเพ็ญวรา ชูประวัติ. (พฤษภาคม 2562). การบริหารวิชาการของสถานศึกษาอาชีวศึกษาตามแนวคิดการพัฒนาการรู้ดิจิทัลของนักเรียน นักศึกษา. *วารสารวิชาการ Veridian E – Journal, Silpakorn University ฉบับภาษาไทย สาขามนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และศิลปะ, 12*(3), 627 – 644.

วรกร พุ่มกาหลง, นุติพงษ์ ศรีอุดร และกฤษฎาภรณ์ จันตะคุณ. (2566). การพัฒนาสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมเรื่อง ระบบย่อยอาหารของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. *วารสารวิจัยและพัฒนาอนุภูมิภาคลุ่มน้ำโขง, 2*(1), 32 – 39.

สรานนท์ อินทนนท์. (2563). *ความฉลาดทางดิจิทัล (DQ Digital Intelligence).* (พิมพ์ครั้งที่ 3). บริษัท วอล์ค ออนคลาวด์ จำกัด.

สำนักงานสภาพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (1 พฤศจิกายน 2565). *แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ,* ฉบับที่สิบสาม พ.ศ. 2566 – 2570.

สุรพล บุญลือ. (2 กรกฎาคม 2560). **AR in Active Learning.** http://national-pharmacy-ed -conf2017.weebly.com /uploads/1/5/1/8/15182734/ar_in_active_learning_.pdf.

อนรรฆวี เรืองมาลัย และพรรณราย เทียมทัน. (2567). ผลการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจต่อการเรียน วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *วารสารวิจัยทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 19*(1), 46 – 59.

การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

สุดาวัลย์ ดำหนก[1]* และโรสลีนา อนันตนุกูลวงศ์[2]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาและประเมินประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับเกมมิฟิเคชันที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 2) เปรียบเทียบทักษะการคิดวิเคราะห์ก่อนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ 3) เปรียบเทียบทักษะการคิดวิเคราะห์หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 และ 4) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ กลุ่มเป้าหมายที่ใช้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 32 คน เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ประกอบด้วย 1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับเกมมิฟิเคชัน 2) แผนการจัดการเรียนรู้ 3) แบบทดสอบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ และ 4) แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติการทดสอบค่าที (t-Test)

ผลการวิจัยพบว่า 1) ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เท่ากับ 75.17/75.78 2) ทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) ทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนหลังเรียนคิดเป็นร้อยละ 75.78 ซึ่งผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 4) ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.66, S.D. = 0.53)

คำสำคัญ: ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ การจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้าน เกมมิฟิเคชัน ทักษะการคิดวิเคราะห์

[1] นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 95000

[2] ผศ.ดร., สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 95000

[1] Master Students, Teaching Science Mathematics and Computer Program, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University.

[2] Assistant Professor Dr., Applied Physics Program, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University.

* Corresponding Author: E-mail: roseleena.y@yru.ac.th, Tel: 094-867-7073

The Development of Physics Learning Activities Package Using Flipped Classroom Model with Gamification to Enhance the Analytical Thinking for Grade 11 Students

Sudawan Damnok[1] and Roseleena Anantanukulwong[2]

Abstract

The purposes of this research were to 1) develop and evaluate the efficiency of the physics learning activities package using the flipped classroom model with gamification to based on standard criteria of 70/70, 2) compare analytical thinking skills between before and after learning with the physics learning activities package, 3) compare analytical thinking skills after learning with 70 percent criteria, and 4) study the students' satisfaction toward learning through physics learning activities package. The target group was 32 grade 11 students. The instruments consisted of 1) the physics learning activities package using the flipped classroom model with gamification, 2) the lesson plans, 3) the analytical thinking skill test, and 4) a questionnaire for studying the students' satisfaction. The statistical data were percentage, mean, standard deviation and t-Test.

The research results showed that 1) the efficiency of the physics learning activities package was 75.17/75.78, 2) the analytical thinking skill after learning was higher than before learning with a statistical significance level of .05, 3) the analytical thinking skill after learning was 75.78 percent passing the criteria of 70 percent, and 4) the students' satisfaction after learning with the physics learning activities package was at the highest level ($\bar{x}$ = 4.66, S.D. = 0.53).

Keywords: Physics Learning Activities Package, Flipped Classroom, Gamification, Analytical Thinking

บทนำ

การจัดการเรียนการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยยังไม่ประสบความสำเร็จเห็นได้จากผลการทดสอบสมรรถนะนักเรียนตามมาตรฐานสากล พ.ศ. 2565 พบว่า ความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 409 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยกลุ่มประเทศ OECD (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2566) และผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติ รายวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2567 พบว่า คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 28.95 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 โดยสาเหตุที่คะแนนค่อนข้างต่ำเกิดจากนักเรียนขาดทักษะการคิดวิเคราะห์ (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2568) ซึ่งทักษะการคิดวิเคราะห์เป็นการคิดที่ซับซ้อนมากกว่าความเข้าใจ ต้องคิดให้เหตุผลเพื่อระบุความเหมือนหรือแตกต่าง จัดหมวดหมู่ วิเคราะห์ข้อผิดพลาด และสรุปความสู่การเชื่อมโยงและประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ และด้วยฟิสิกส์เป็นศาสตร์แขนงหนึ่งของวิทยาศาสตร์ที่มีความเป็นนามธรรมสูงจึงยากต่อการทำความเข้าใจและนักเรียนแต่ละคนมีพัฒนาการทางการเรียนรู้ที่แตกต่างกันจึงส่งต่อความเบื่อหน่ายและขาดแรงจูงใจในการเรียน (ชนนท์สิทธิ ปิยศักดิ์เปรมสุข ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ และดวงเดือน สุวรรณจินดา, 2565) ดังนั้นครูจึงต้องปรับเปลี่ยนวิธีการสอนที่มีประสิทธิภาพเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์และพฤติกรรมเชิงบวก

การจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนสามารถศึกษาด้วยตนเองและบรรลุจุดประสงค์ภายในเวลาที่จำกัด อีกทั้งการออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้การร่วมกันวิเคราะห์สถานการณ์ช่วยให้นักเรียนเกิดทักษะการคิดวิเคราะห์ได้ (เมธาวดี ใหม่คำ มารศรี กลางประพันธ์ และสมเกียรติ พละจิตต์, 2565) สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านที่นักเรียนต้องศึกษาด้วยตนเองด้วยสื่อเทคโนโลยีก่อนเข้าสู่ห้องเรียนทำให้ลดเวลาบรรยายเนื้อหาและมีเวลาเพียงพอสำหรับกิจกรรมในห้องเรียนมากขึ้น นอกจากนี้การใช้สื่อเทคโนโลยีทำให้เกิดความยืดหยุ่นทางการเรียนรู้และเพิ่มเวลาเรียนรู้ในห้องเรียนส่งผลต่อการพัฒนาปฏิสัมพันธ์ที่ดีระหว่างครูกับนักเรียน (ปริพันธ์ หมั่นค้า นพมณี เชื้อวัชรินทร์ และสมศิริ สิงห์ลพ, 2564) อีกทั้งเกมมิฟิเคชันเป็นการประยุกต์ใช้กลไกของเกมกับบริบทที่ไม่ใช่เกมสามารถสร้างแรงผลักดันให้นักเรียนฝ่าฟันทำกิจกรรมต่าง ๆ ที่ครูมอบหมายให้ได้ผลสำเร็จเกิดการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมเชิงบวกของนักเรียนเกิดรู้สึกมีส่วนร่วมและมุ่งมั่นในการเรียน (เอกสิทธิ์ ชนินทรภูมิ และพลวัฒน์ ดำรงกิจภากร, 2566)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับเกมมิฟิเคชันเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านเป็นการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเกมมิฟิเคชันที่เสริมสร้างแรงจูงใจผ่านการออกแบบกิจกรรมกลุ่มเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัตถุประสงค์การวิจัย

1.1 เพื่อพัฒนาและทดสอบประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับเกมมิฟิเคชันเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์

1.2 เพื่อเปรียบเทียบทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้

1.3 เพื่อเปรียบเทียบทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้กับเกณฑ์ร้อยละ 70

1.4 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้

2. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2567 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์ โรงเรียนโพธิ์คีรีราชศึกษา จังหวัดปัตตานี จำนวน 32 คน

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เรื่อง การเคลื่อนที่และแรง จำนวน 3 ชุดกิจกรรม ประกอบด้วย 1) การเคลื่อนที่แนวตรง 2) แรงและการเคลื่อนที่ และ 3) การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ทดสอบประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้กับกลุ่มทดลองนำร่องเท่ากับ 74.09/75.08สูงกว่าเกณฑ์ 70/70

3.2 แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 3 แผน รวม 12 ชั่วโมง และมีความเหมาะสมมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.75, S.D. = 0.42)

3.3 แบบทดสอบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ เรื่อง การเคลื่อนที่และแรง เป็นแบบทดสอบปรนัย จำนวน 30 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน รวมเป็น 30 คะแนน และแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 5 ข้อ ข้อละ 2 คะแนน รวมเป็น 10 คะแนน ออกแบบแบบทดสอบตามแนวคิดของมาร์ซาโน (Marzano, 2001) ครอบคลุม 5 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านเปรียบเทียบ 2) ด้านจัดหมวดหมู่ 3) ด้านเชื่อมโยง 4) ด้านสรุปความ และ 5) ด้านประยุกต์ ดัชนีความสอดคล้องอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (0.67-1.00) แบบทดสอบปรนัยด้วย KR-20 มีความยากง่าย (0.6-0.8) อำนาจจำแนก (0.29-0.71) และความเชื่อมั่น (0.71) แบบทดสอบอัตนัย (Whitney and Saber, 1973) มีความยากง่าย (0.5) อำนาจจำแนก (1.00) และความเชื่อมั่น (0.98)

3.4 แบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.89

4. การออกแบบการจัดการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับเกมมิฟิเคชันใช้การออกแบบการจัดการเรียนรู้ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับเกมมิฟิเคชัน

การจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้าน (Gerstein, 2012)		**องค์ประกอบของเกมมิฟิเคชัน(Kapp, 2012)**	**สื่อการสอน**
การศึกษานอกห้องเรียน	ขั้นที่ 1 กำหนดยุทธวิธีเพิ่มพูนประสบการณ์	-	วิดีโอแบบมีปฏิสัมพันธ์
	ขั้นที่ 2 สืบค้นเพื่อให้เกิดมโนทัศน์รวบยอด	-	วิดีโอแบบมีปฏิสัมพันธ์
การศึกษาในห้องเรียน	ขั้นที่ 3 สร้างองค์ความรู้อย่างมีความหมาย	1) เป้าหมาย 2) กฎ 3) เวลา 4) การแข่งขัน ความขัดแย้งและความร่วมมือ 5) ผลป้อนกลับ 6) รางวัล	ใบงาน ใบกิจกรรม บัตรการ์ดเกม
	ขั้นที่ 4 สาธิตและประยุกต์ใช้	7) ระดับ	ใบกิจกรรม

5. การเก็บรวบรวมข้อมูล

5.1 ทำแบบทดสอบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่และแรง เป็นเวลา 50 นาที

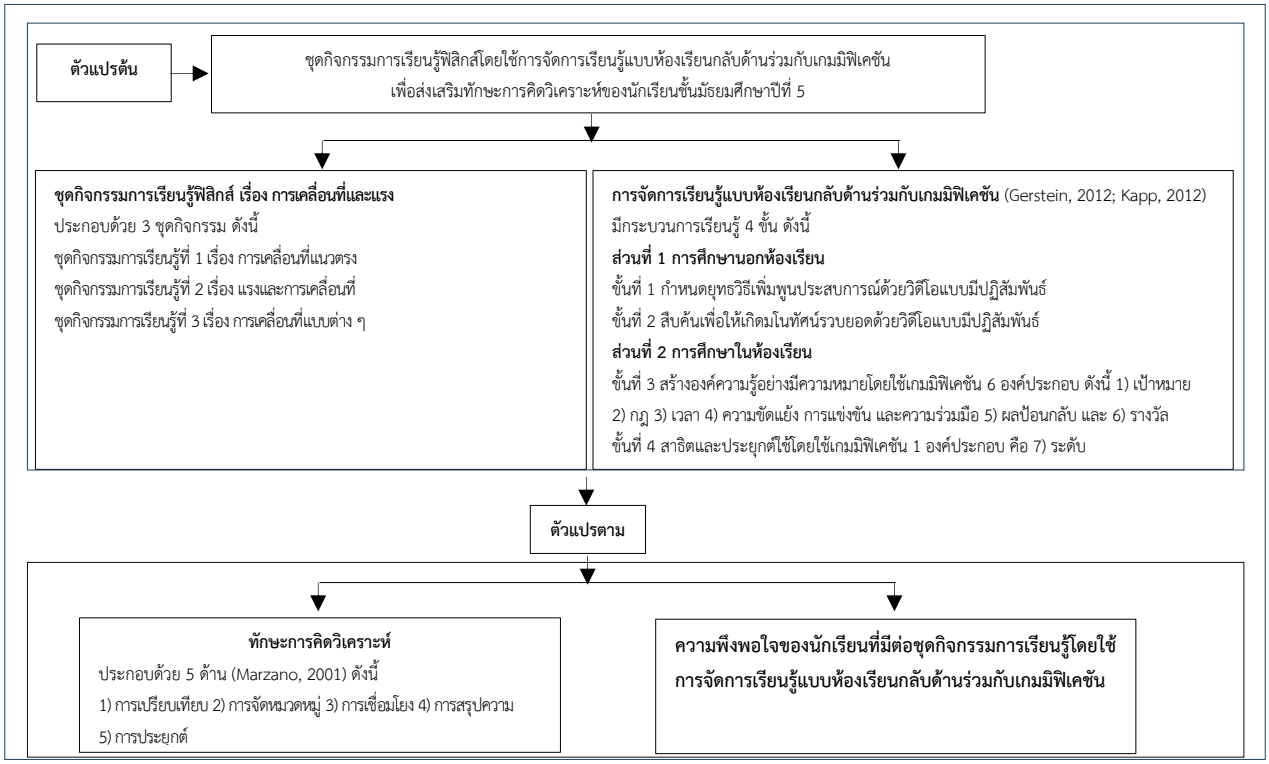
5.2 ปฐมนิเทศการใช้วิดีโอแบบมีปฏิสัมพันธ์บนเว็บแอปพลิเคชัน Edpuzzle

5.3 ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับเกมมิฟิเคชัน

5.4 ทำแบบทดสอบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์หลังเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่และแรง เป็นเวลา 50 นาที

5.5 ทำแบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

กรอบแนวคิดการวิจัย



ผลการวิจัย

1. **ผลการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับเกมมิฟิเคชัน**

ผู้วิจัยวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลของประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นของกลุ่มเป้าหมาย

ค่าสถิติ	คะแนนกระบวนการจากการทำใบงานและใบกิจกรรมของแต่ละชุดกิจกรรม (ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ละ 65 คะแนน รวม 195 คะแนน)				คะแนนสอบหลังเรียน (40 คะแนน)
	ชุดกิจกรรมที่ 1	ชุดกิจกรรมที่ 2	ชุดกิจกรรมที่ 3	รวม	
คะแนน	49.25	48.92	48.41	48.86	30.31
ร้อยละ	75.77	75.26	74.47	75.17	75.78
ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ E_1/E_2 เท่ากับ 75.17/75.78					

จากตารางที่ 2 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 75.17/75.78 สูงกว่าเกณฑ์ 70/70

2. **ผลการเปรียบเทียบทักษะการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้**

ผู้วิจัยวิเคราะห์ทักษะการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนโดยใช้สถิติ Paired Sample t-Test ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบทักษะการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้

ทักษะการคิดวิเคราะห์	คะแนนเต็ม	ทดสอบ	$\bar{x}$	S.D.	t	sig
เปรียบเทียบ	8	ก่อนเรียน	2.53	0.72	20.53*	.00
		หลังเรียน	6.09	1.38		
จัดหมวดหมู่	8	ก่อนเรียน	2.50	0.88	16.23*	.00
		หลังเรียน	6.13	1.52		
เชื่อมโยง	8	ก่อนเรียน	2.16	0.72	17.71*	.00
		หลังเรียน	6.03	1.33		
สรุปความ	8	ก่อนเรียน	2.00	0.84	25.41*	.00
		หลังเรียน	6.03	1.28		
ประยุกต์	8	ก่อนเรียน	2.06	0.95	27.30*	.00
		หลังเรียน	6.03	1.31		
รวมทักษะทั้ง 5 ด้าน	**40**	**ก่อนเรียน**	**11.25**	**3.09**	**26.80***	**.00**
		หลังเรียน	**30.31**	**6.49**		

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 3 ในภาพรวมคะแนนเฉลี่ยทักษะการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนเท่ากับ 11.25 หลังเรียนเท่ากับ 30.31 และเมื่อพิจารณาทักษะการคิดวิเคราะห์หลังเรียนในแต่ละด้านมีค่าเฉลี่ย ดังนี้ ด้านเปรียบเทียบ ($\bar{x}$ = 6.09, S.D. = 1.38) ด้านจัดหมวดหมู่ ($\bar{x}$ = 6.13, S.D. = 1.52) ด้านเชื่อมโยง ($\bar{x}$= 6.03, S.D. = 1.33) ด้านสรุปความ ($\bar{x}$ = 6.03, S.D. = 1.28)และด้านประยุกต์ ($\bar{x}$ = 6.03, S.D. = 1.31)

3. ผลการเปรียบเทียบทักษะการคิดวิเคราะห์หลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้

ผู้วิจัยวิเคราะห์คะแนนวัดทักษะการคิดวิเคราะห์หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติ One Sample t-Test ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบทักษะการคิดวิเคราะห์หลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้

ทักษะการคิดวิเคราะห์	คะแนนเต็ม	คะแนนร้อยละ 70	$\bar{x}$	S.D.	t	sig
เปรียบเทียบ	8	5.60	6.09	1.38	2.03*	0.03
จัดหมวดหมู่	8	5.60	6.13	1.52	1.96*	0.03
เชื่อมโยง	8	5.60	6.03	1.33	1.83*	0.04
สรุปความ	8	5.60	6.03	1.28	1.90*	0.03
ประยุกต์	8	5.60	6.03	1.31	1.87*	0.04
รวมทักษะทั้ง 5 ด้าน	**40**	**28.00**	**30.31**	**6.49**	**2.02***	**0.03**

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4 ในภาพรวมคะแนนเฉลี่ยทักษะการคิดวิเคราะห์หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 พบว่าคะแนนทักษะการคิดวิเคราะห์คิดเป็นร้อยละ 75.78 และเมื่อพิจารณาร้อยละของค่าเฉลี่ยทักษะการคิดวิเคราะห์หลังเรียนในแต่ละด้าน ดังนี้

ด้านเปรียบเทียบคิดเป็นร้อยละ 76.13 ด้านจัดหมวดหมู่คิดเป็นร้อยละ 76.63 ด้านเชื่อมโยงคิดเป็นร้อยละ 75.38 ด้านสรุปความคิดเป็นร้อยละ 75.38 และด้านประยุกต์คิดเป็นร้อยละ 75.38

4. ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

ผู้วิจัยวิเคราะห์แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมายที่มีต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

	รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1.	ชุดกิจกรรมการเรียนรู้มีกิจกรรมการเรียนรู้ที่น่าสนใจ	4.38	0.49	มาก
2.	ชุดกิจกรรมการเรียนรู้มีขั้นตอนกิจกรรมที่ชัดเจนทำให้นักเรียนสามารถปฏิบัติตามได้	4.19	0.86	มาก
3.	ชุดกิจกรรมการเรียนรู้มีเนื้อหาที่ถูกต้องและเข้าใจง่าย	4.69	0.42	มากที่สุด
4.	ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้สื่อเทคโนโลยีที่เสริมสร้างการมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน	4.88	0.34	มากที่สุด
5.	ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สร้างความรู้สึกท้าทายแก่นักเรียน	4.78	0.42	มากที่สุด
6.	ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนเกิดทักษะการคิดวิเคราะห์	4.72	0.46	มากที่สุด
7.	ชุดกิจกรรมการเรียนรู้มีการกำหนดเวลาของแต่ละกิจกรรมที่เหมาะสม	4.56	0.50	มากที่สุด
8.	ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนใช้สื่อการเรียนรู้ผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	4.91	0.30	มากที่สุด
9.	ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมการปฏิสัมพันธ์ร่วมกันผ่านกระบวนการทำงานเป็นกลุ่ม	4.88	0.34	มากที่สุด
10.	ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้เรียนรู้ด้วยตนเองและใช้ความสามารถของตนเองอย่างเต็มที่	4.66	0.48	มากที่สุด
	รวม	**4.66**	**0.53**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 5 ในภาพรวมนักเรียนพึงพอใจต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.66, S.D. = 0.53)

อภิปรายผลการวิจัย

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้มีประสิทธิภาพเท่ากับ 75.17/75.78 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 70/70 เนื่องจากมีการออกแบบให้ศึกษาเนื้อหาจากวิดีโอแบบมีปฏิสัมพันธ์ก่อนล่วงหน้าทำให้มีความรู้เบื้องต้นก่อนทำกิจกรรมในห้องเรียนและมีการยกตัวอย่างสถานการณ์ในชีวิตประจำวันจึงง่ายต่อการทำเข้าใจและจินตนาการ (เมธาวดี ใหม่คำ มารศรี กลางประพันธ์ และสมเกียรติ พละจิตต์, 2565)

นักเรียนมีทักษะการคิดวิเคราะห์โดยภาพรวมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและทักษะการคิดวิเคราะห์หลังเรียนทุกด้านสูงกว่าก่อนเรียน เนื่องจากชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนได้ฝึกฝนตอบคำถามผ่านการใช้วิดีโอแบบมีปฏิสัมพันธ์ทำให้นักเรียนมีความกล้าในการตอบข้อซักถามของครูและกล้าแสดงความคิดเห็นกับเพื่อนร่วมกลุ่มอย่างมั่นใจมากขึ้นเมื่อทำกิจกรรมในห้องเรียนจึงส่งผลให้ทักษะการคิดวิเคราะห์หลังเรียนดีขึ้น

นักเรียนมีทักษะการคิดวิเคราะห์โดยภาพรวมหลังเรียนคิดเป็นร้อยละ 75.78 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 และทักษะการคิดวิเคราะห์หลังเรียนทุกด้านสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านทำให้สามารถศึกษาเนื้อหาก่อนล่วงหน้าตามศักยภาพของนักเรียนส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ที่เพียงพอสำหรับใช้ในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ในห้องเรียน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของปัทวรรณ ประทุมดี และกันยารัตน์ สอนสุภาพ (2564) ที่ได้กล่าวถึงการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านสามารถพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อีกทั้งชุดกิจกรรมการเรียนรู้

ออกแบบให้นักเรียนทำกิจกรรมกลุ่มโดยใช้กลไกของเกมตามองค์ประกอบของเกมมิฟิเคชันทำให้นักเรียนเกิดเป้าหมายร่วมกันภายใต้กฎเดียวกันโดยหลังจากทำกิจกรรมกลุ่มเสร็จสิ้น ครูได้ตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นการคิดวิเคราะห์และร่วมกันแข่งขันค้นหาคำตอบ มีการสะสมคะแนนเพื่อรับรางวัลและเลื่อนระดับ โดยจากการสังเกตพบว่านักเรียนมีความกระตือรือร้น ความร่วมมือและแสดงพฤติกรรมเชิงบวกซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของเจตินาร์ สายนุ้ย และอัมพร วัจนะ (2564) ที่พบว่าเกมมิฟิเคชันสามารถพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ได้เช่นเดียวกัน

นักเรียนมีความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น โทรศัพท์มือถือและแท็บเลต เพื่อศึกษาเนื้อหานอกห้องเรียนด้วยตนเองผ่านวิดีโอแบบมีปฏิสัมพันธ์ จึงเกิดความยืดหยุ่นในการเรียนรู้และสามารถเรียนรู้ได้ตามศักยภาพของตนเอง (วัชราพร ศรีรักษ์, 2564) และชุดกิจกรรมการเรียนรู้ออกแบบการศึกษาในห้องเรียนให้นักเรียนได้ร่วมทำกิจกรรมกลุ่มและกระตุ้นให้นักเรียนคิดวิเคราะห์ด้วยกิจกรรมแข่งขันตอบคำถามร่วมกับการนำกลไกของเกมมาใช้ในการสะสมคะแนนและให้รางวัลตามกฎกติกาส่งเสริมให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีร่วมกันและเกิดความรู้สึกท้าทายอีกด้วย (ดนุพล สืบสำราญ และอาภัสรา เพียงตา, 2565)

สรุปผลการวิจัย

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับเกมมิฟิเคชันมีประสิทธิภาพเท่ากับ 75.17/75.78 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 70/70 โดยชุดกิจกรรมการเรียนรู้สามารถส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนทุกด้านและทักษะการคิดวิเคราะห์หลังเรียนโดยภาพรวมคิดเป็นร้อยละ 75.78 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 และทักษะการคิดวิเคราะห์หลังเรียนทุกด้านสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.66, S.D. = 0.53) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนสามารถศึกษาเนื้อหาล่วงหน้าผ่านวิดีโอแบบมีปฏิสัมพันธ์นอกห้องเรียนจึงเกิดเรียนรู้อย่างยืดหยุ่นและเรียนรู้ตามศักยภาพทำให้นักเรียนมีความรู้เพื่อต่อยอดใช้ในการร่วมกันแลกเปลี่ยนหรือทำกิจกรรมในห้องเรียน อีกทั้งการนำเกมมิฟิเคชันมาใช้ร่วมกับการทำกิจกรรมในห้องเรียนทำให้นักเรียนมีความร่วมมือ กระตือรือร้น และความสนใจในการทำกิจกรรมมากขึ้น

อ้างอิง

เจตินาร์ สายนุ้ย และอัมพร วัจนะ. (2564). การพัฒนาบทเรียนออนไลน์โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ร่วมกับแนวคิดเกมมิฟิเคชันเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์. *วารสารวิชาการและวิจัย, 12*(1), 229–243.

ชนนท์สิทธิ ปิยศักดิ์เปรมสุข ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ และดวงเดือน สุวรรณจินดา. (2565). ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และความเข้าใจมโนทัศน์. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์, 37*(2), 46-56.

ดนุพล สืบสำราญ และอาภัสรา เพียงตา. (2565). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง การแยกสาร โดยใช้เทคนิคเกมมิฟิเคชันของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนราศีไศล จังหวัดศรีสะเกษ. *วารสารวิชาการและวิจัย, 12*(4), 86–98.

ปริพันธ์ หมั่นค้า นพมณี เชื้อวัชรินทร์ และสมศิริ สิงห์ลพ. (2564). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กระบวนการกลุ่มและความพึงพอใจในการเรียน เรื่อง ชีวิตในสิ่งแวดล้อม โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารศึกษาศาสตร์ มมร., 9*(1), 288-300.

ปัทวรรณ ประทุมดี และกัญญารัตน์ สอนสภาพ. (2564). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ห้องเรียนกลับด้านร่วมกับบทเรียนบนเว็บ

เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์. *วารสารมหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 15*(2), 193-209.

เมธาวดี ใหม่คำ มารศรี กลางประพันธ์ และสมเกียรติ พละจิตต์. (2565). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับผังมโนทัศน์และการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานที่มีผลต่อการคิดวิเคราะห์ ความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน. *วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, 19*(85), 69-84.

วัชราพร ศรีรักษ์. (2564). ผลการใช้ระบบการเรียนรู้บนคลาวด์ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน เรื่อง อะตอมและโครงสร้างอะตอม เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน. *วารสารวิชชา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช, 42*(1), 24-38.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2568). *รายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2567 ค่าสถิติแยกตามสาระสำหรับโรงเรียน*. สถาบันทดสอบทางการศึกษา.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2566). *ผลการประเมิน PISA 2023 การอ่าน คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์*. โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

เอกสิทธิ์ ชนินทรภูมิ และพลวัฒน์ ดำรงกิจภากร. (2566). การเรียนรู้วิธีการทางวิทยาศาสตร์แนวใหม่ด้วยเกมมิฟิเคชัน. *วารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิศวกรรมศึกษา, 14*(2), 74-85.

Gerstein, J. (2012). *The Flipped Classroom Model*. [Website]. Available : www.usergeneratededucation.wordpress.com/2011/06/13/the-flipped classroom-model-a-full-picture. [2023, November 13].

Kapp, K.M. (2012). *The Gamification of Learning and Instruction Game-Based Methods and Strategies for Training and Education*. Pfeiffer.

Marzano, R.J. (2001). *Designing A New Taxonomy of Educational Objective*. Corwin Press.

Whitney, D.R. and Sabers, D.L. (1973). *Improving Essay Examination III, Use of Item Analysis, Technical Bulletin 11, Mimeographed*. University evaluation and examination service.

O 23

การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการระดมสมองเพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

นารีซะห์ อาแวกาจิ[1]* โรสลีนา อนันตนุกูลวงศ์[2] และรูฮัยซา ดือราแม[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาและทดสอบประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการระดมสมอง 2) เปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 3) ศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน และ 4) ศึกษาเจตคติของนักเรียนที่มีต่อวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบูกิตประชาอุปถัมภ์ จำนวน 25 คน เครื่องมือวิจัยที่ใช้ประกอบด้วย 1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 2) แผนการจัดการเรียนรู้ 3) แบบทดสอบวัดทักษะการแก้ปัญหา 4) แบบทดสอบวัดความก้าวหน้าทางการเรียน และ 5) แบบวัดเจตคติที่มีต่อวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ สถิติที่ใช้ คือ ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมตามเกณฑ์ E_1/E_2 การทดสอบค่าทีของกลุ่มตัวอย่างที่ไม่อิสระต่อกัน ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการระดมสมอง เท่ากับ 76.11/75.67 เป็นไปตามเกณฑ์ นักเรียนมีคะแนนทักษะการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง <g> = 0.59 และเจตคติของนักเรียนที่มีต่อวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{x}$ = 4.44, S.D. =0.86)

คำสำคัญ: ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการระดมสมอง ทักษะการแก้ปัญหา เสียง

[1] นักศึกษาระดับปริญญาโท, หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 95000

[2] ผศ.ดร.สาขาฟิสิกส์อุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 95000

[3] ดร., สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 95000

[1] Master student, Teaching Science, Mathematics and Computer Program, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University.

[2] Assistant Professor Dr., Industrial Physics, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University.

[3] Dr., Teaching Science, Mathematics and Computer, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University.

* Corresponding Author: E-mail : ruhaisa.d@yru.ac.th Tel.: 089-4624420

The Development of Science Learning Activities Package of Sound Topic Using Problem-Based Learning Combined with Brainstorming Techniques to Enhance Problem Solving Skills of Grade 11 Students

Narisah Awaekaji[1]*, Roseleena Anantanukulwong [2] and Ruhaisa Dearamae [3]

Abstract

The purposes of this research were to 1) develop and evaluate the effectiveness of a science learning activities package on the topic of sound using problem-based learning combined with brainstorming techniques, 2) compare students' problem-solving skills after learning against the 70 percent criterion, 3) study students' learning progress between before and after learning and 4) study students' attitudes toward physical science. The samples group consisted of 25 grade 11 students from Bukit Pracha Uppathum School. The research tools included 1) a science learning activities package, 2) lesson plans, 3) a problem-solving skills test, 4) learning progress test and 5) an attitude questionnaire toward physical science. The statistics were used the effectiveness based on the E_1 / E_2 criteria, one-sample t-Test, mean, and standard deviation. The research findings indicated that 1) the effectiveness of the science learning activities package on the topic of sound using problem-based learning combined with brainstorming techniques was 76.11/75.67, which met the established criteria. The problem-solving skills scores after learning that were significantly higher than the 70% criterion at the .05 statistical level. The learning progrestion was at a moderate level, and students' attitudes toward physical science were at a very high level ($\bar{x}$ = 4.44, S.D. = 0.86)

Keywords: Science learning activities package, Problem-based learning combined with brainstorming techniques, Problem-solving skills, Sound

บทนำ

วิทยาศาสตร์กายภาพเป็นศาสตร์ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและปรากฏการณ์ธรรมชาติรอบตัวมนุษย์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) ซึ่งสามารถนำปรากฏการณ์เหล่านี้มาสร้างเป็นสถานการณ์ในการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้ (ภาพิธร จันทำ และณัฐพล รำไพ, 2565) โดยเฉพาะ เรื่อง เสียง เป็นหัวข้อหนึ่งในวิทยาศาสตร์กายภาพที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันโดยตรง นักเรียนจึงควรเข้าใจกระบวนการเกิดเสียงเพื่อใช้ความรู้นี้ในชีวิตจริง จึงเป็นเหตุให้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) เน้นพัฒนาทักษะการคิด การสื่อสาร และการแก้ปัญหาผ่านการมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) แต่อย่างไรก็ตาม นักเรียนยังขาดความเข้าใจ เรื่อง เสียงและไม่สามารถเชื่อมโยงกับสถานการณ์จริงได้ดี ทำให้นักเรียนวิเคราะห์โจทย์และหาคำตอบได้ยากและส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำกว่าวิชาอื่น โดยเฉพาะผลการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ระหว่างปีการศึกษา 2564 - 2566 พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 28.65, 28.08 และ 29.09 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2567) ดังนั้นจึงควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบและสอดคล้องกับชีวิตจริง เพื่อให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์และแก้ปัญหาได้

ทักษะการแก้ปัญหาคือความสามารถในการวิเคราะห์สถานการณ์ ทำความเข้าใจโจทย์ เลือกวิธีการแก้ไขและตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบอย่างมีเหตุผล (วุฒินันท์ คำด่อน และดุจเดือน ไชยพิชิต, 2564) การเรียนรู้ยุคใหม่ควรพัฒนานักเรียนให้มีทักษะการคิดวิเคราะห์ วิจารณญาณ และตัดสินใจจากข้อมูลหลากหลาย โดยทักษะการแก้ปัญหาส่งผลต่อการดำรงชีวิตและช่วยให้นักเรียนรับมือกับสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ดี จึงควรจัดกิจกรรมที่เน้นการแก้ปัญหาเพื่อพัฒนาการเรียนรู้อย่างยั่งยืน การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มุ่งเน้นให้นักเรียนเรียนรู้จากสถานการณ์ปัญหาที่ใกล้ตัวผ่านการวิเคราะห์และแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม เพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะการคิดและมุมมองที่หลากหลายมากขึ้น (ทิศนา แขมมณี, 2561) กระบวนการเรียนรู้ที่ประกอบด้วยการกำหนดปัญหา ค้นคว้า สังเคราะห์ สรุป และประเมินผล (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2550) นอกจากการจัดการเรียนรู้ร่วมกับเทคนิคการระดมสมองเปิดโอกาสให้นักเรียนเสนอแนวทางการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ซึ่งเทคนิคการระดมสมองเป็นวิธีการเรียนรู้ที่ยังเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระเพื่อร่วมกันคิดวิธีแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์และมีประสิทธิภาพ (กิตติ ลออกุล และพรสุข ตันตระรุ่งโรจน์, 2562) โดยเฉพาะในรายวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ เรื่อง เสียง ที่ต้องใช้จินตนาการและความเข้าใจในปรากฏการณ์ธรรมชาติ การสอนด้วยการระดมสมองร่วมกับการใช้ปัญหาเป็นฐานช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหามากขึ้น

จากความสำคัญและปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการระดมสมอง เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการหาประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการระดมสมอง เปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน และศึกษาเจตคติของนักเรียนที่มีต่อวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพเพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะการแก้ปัญหาและมีผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ดีขึ้น ตลอดจนนักเรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบูกิตประชาอุปถัมภ์ อำเภอเจาะไอร้อง จังหวัดนราธิวาส สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษานราธิวาสที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 3 ห้อง เป็นนักเรียนห้องเรียนสายศิลป์ มีนักเรียนทั้งหมด 74 คน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/5 โรงเรียนบูกิตประชาอุปถัมภ์ จำนวน 25 คน ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 เป็นนักเรียนห้องเรียนปกติคละความสามารถ ซึ่งได้มาจากการเลือกวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Samling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ใช้วิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการระดมสมองเพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหา โดยมีประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม E_1/E_2 เท่ากับ 76.11/75.67 สูงกว่าเกณฑ์ 70/70 ที่กำหนดไว้

2.2 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เสียง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการระดมสมอง จำนวน 6 แผน รวม 12 ชั่วโมง และมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.68, S.D. = 0.49)

2.3 แบบทดสอบวัดทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียน จำนวน 24 ข้อ เป็นข้อสอบแบบอัตนัย มีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.52-0.78 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.22-0.44 และมีค่าความเชื่อมั่นอยู่ระหว่าง 0.90-0.91

2.4 แบบทดสอบวัดความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและหลังเรียน จำนวน 30 ข้อ เป็นข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก มีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.39-0.89 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.22-0.56 และมีค่าความเชื่อมั่นอยู่ระหว่าง 0.81

2.5 แบบสอบถามเจตคติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ จำนวน 15 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามทั้งฉบับเท่ากับ 0.86

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินปฐมนิเทศและทำการทดสอบก่อนเรียนด้วยแบบทดสอบวัดความก้าวหน้าทางการเรียน เรื่อง เสียง หลังจากนั้นผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการระดมสมอง จำนวน 12 ชั่วโมง โดยแต่ละชั่วโมงของการสอนผู้วิจัยจะเก็บคะแนนหลังเรียนโดยใช้ข้อสอบวัดทักษะการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นข้อสอบแบบอัตนัย เมื่อเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยให้ดำเนินการทดสอบหลังเรียนด้วยแบบทดสอบวัดความก้าวหน้าทางการเรียน เรื่อง เสียง และให้นักเรียนทำแบบสอบถามเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ จำนวน 15 ข้อ

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 วิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการระดมสมอง โดยการวิเคราะห์ประสิทธิภาพด้วยเกณฑ์ E_1/E_2 เท่ากับ 70/70

4.2 วิเคราะห์ทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนหลังเรียนโดยใช้สถิติเชิงอนุมาน One sample t-Test เพื่อเปรียบเทียบคะแนนทักษะการแก้ปัญหาหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

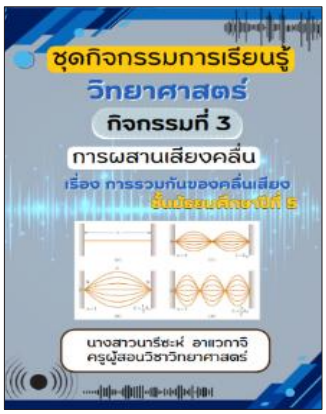
4.3 วิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียน โดยใช้วิธีการหาความก้าวหน้าทางการเรียน (Normalized Gain)

4.4 วิเคราะห์เจตคติที่มีต่อรายวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ โดยหาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาและทดสอบประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการระดมสมอง

ผลการพัฒนาและทดสอบประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการระดมสมอง เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้ออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จำนวน 6 กิจกรรม ดังแสดงในภาพที่ 1 (ก)-(ฉ)



(ก) กิจกรรมที่ 1 การสะท้อนเสียงสะท้าน

(ข) กิจกรรมที่ 2 การเดินทางของเสียงผ่านการหักเหและเลี้ยวเบน

(ค) กิจกรรมที่ 3 การผสานเสียงคลื่น

(ง) กิจกรรมที่ 4 การเปิดโลกแห่งการได้ยิน

(จ) กิจกรรมที่ 5 การสำรวจ การสะท้อนกลับ การสั่นพ้องของเสียง และบีต

(ฉ) กิจกรรมที่ 6 ดอปเพลอร์ในชีวิตจริง

ภาพที่ 1 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง

จากภาพที่ 1 เป็นชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการระดมสมอง เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหา ประกอบด้วย กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การสะท้อนเสียงสะท้าน กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเดินทางของเสียงผ่านการหักเหและเลี้ยวเบน กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การผสานเสียงคลื่น กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การเปิดโลกแห่งการได้ยิน กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การสำรวจการสะท้อนกลับ การสั่นพ้องของเสียง และบีต และกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง ดอปเพลอร์ในชีวิตจริง โดยกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 70/70 ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการระดมสมอง

กิจกรรมการเรียนรู้	คะแนนกระบวนการจากการทำกิจกรรมและใบงานแต่ละกิจกรรม							
	กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 (10 คะแนน)	กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 (15 คะแนน)	กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 (10 คะแนน)	กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4 (10 คะแนน)	กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 5 (15 คะแนน)	กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 6 (10 คะแนน)	รวม (70 คะแนน)	คะแนนสอบหลังเรียน (72 คะแนน)
ค่าเฉลี่ย	7.68	11.24	7.52	7.4	11.64	7.8	53.28	54.48
ร้อยละ	76.80	74.93	75.20	74.00	77.60	78.00	76.11	75.67
ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม E_1/E_2 =76.11/75.67								

จากตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการระดมสมอง เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า คะแนนจากแบบบันทึกกิจกรรมและใบงานในแต่ละกิจกรรมระหว่างที่นักเรียนเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการระดมสมองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 76.11 และคะแนนจากแบบทดสอบหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มเดียวกันมีค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 75.67 ดังนั้นประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับ

เทคนิคการระดมสมอง มีค่า E_1/E_2 = 76.11/75.67 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 70/70 ที่ตั้งไว้ ชี้ให้เห็นว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการระดมสมอง เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีประสิทธิภาพสามารถใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของศศิวิมล ภูศรีโสม และกัญญารัตน์โคจร (2563) พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับหลักการเรียนร่วมกัน เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 77.27/85.43 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 75/75

2. ผลการเปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

ผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมปีที่ 5 หลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการระดมสมอง เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ได้ผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะการแก้ปัญหาภาพรวม ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

ทักษะการแก้ปัญหา	คะแนนเต็ม	ร้อยละของคะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	t	Sig.
การระบุปัญหา	18	76.00	13.68	1.60	3.37*	0.00
การวิเคราะห์ปัญหา	18	75.78	13.64	1.84	2.81*	0.01
การนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา	18	75.56	13.60	1.58	3.16*	0.00
การตรวจสอบผลลัพธ์	18	75.33	13.56	1.71	2.80*	0.01
รวมทักษะการแก้ปัญหา	**72**	**75.67**	**54.48**	**3.65**	**5.58***	**0.00**

จากตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะการแก้ปัญหาหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 พบว่า โดยรวมมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 54.48 (S.D.=3.65) คิดเป็นร้อยละ 75.67 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงเห็นได้ว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการระดมสมองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสามารถพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของพิมพ์เพชร ไปเจอะ และวาสนา กีรติจำเริญ (2564) พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิด สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

3. ผลการศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ผลการศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมปีที่ 5 หลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการระดมสมอง เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ได้ผลการศึกษาความก้าวหน้า ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมปีที่ 5

การทดสอบ	ค่าเฉลี่ยคะแนนสอบ (ร้อยละ)	ผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริง (ร้อยละ)	ผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ (ร้อยละ)	ความก้าวหน้าด้านการเรียน <g>
ก่อนเรียน	40.40	35.07	59.60	0.59
หลังเรียน	75.47			

จากตารางที่ 3 ผลการศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการระดมสมองในภาพรวมนักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนเพิ่มขึ้น โดยมีคะแนนความก้าวหน้าทางการเรียนเท่ากับ 0.59 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง สอดคล้องกับงานวิจัยของธีระสันต์ ช่วยรักษา (2567) ได้พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อเสริมสร้างทักษะการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์และเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ วิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า รูปแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อเสริมสร้างทักษะการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์และเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์วิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีค่าความก้าวหน้าเท่ากับ 0.74

4. ผลการวัดระดับเจตคติของนักเรียนที่มีต่อวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ

หลังจากที่นักเรียนได้เรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพด้วยชุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการระดมสมองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น พบว่า ในภาพรวมนักเรียนมีเจตคติที่มีต่อรายวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพหลังเรียน ระดับเจตคติมากที่สุด คิดเป็นค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.22 (S.D. = 0.86) เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า นักเรียนมีเจตคติที่มีต่อการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์หลังเรียนชุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการระดมสมอง 3 อันดับแรก ได้แก่ 1) นักเรียนชอบเรียนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ เรื่อง เสียง เนื่องจากเป็นเนื้อหาที่เข้าใจง่าย คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.68 (S.D. = 0.68) 2) นักเรียนรู้สึกมีความสุขเมื่อได้เรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ เรื่อง เสียง คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.68 (S.D. = 0.61) และ 3) นักเรียนชอบเรียนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ เรื่อง เสียง เพราะเข้าใจง่าย สนุก และได้ความรู้ คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.64 (S.D. = 0.69) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของธีระสันต์ ช่วยรักษา (2567) ที่ได้ศึกษาการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อเสริมสร้างทักษะการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์และเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์วิชาฟิสิกส์เพิ่มเติมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า เจตคติของนักเรียนที่มีต่อรูปแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ นักเรียนมีเจตคติในระดับมากที่สุด

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการระดมสมอง พบว่า 1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง ด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการระดมสมองมีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 76.11/75.67 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 70/70 แสดงให้เห็นว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีประสิทธิภาพในการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพได้ 2) คะแนนทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียน อยู่ในระดับปานกลาง <g> = 0.59 และ 4) คะแนนเฉลี่ยระดับเจตคติของนักเรียนที่มีต่อวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ มีค่าเท่ากับ $\overline{X}$ = 4.44, (S.D. = 0.86) อยู่ในระดับเจตคติมากที่สุด ผลการศึกษาดังกล่าว ถือเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนได้เป็นอย่างดี นักเรียนสามารถนำความรู้ เรื่อง เสียง มาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวันและเกิดทักษะการแก้ปัญหาได้

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กระทรวงศึกษาธิการ.

กิตติ ละออกุล และพรสุข ตันตระรุ่งโรจน์. (2562). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมทักษะการรู้ดิจิทัลที่ใช้เทคนิคระดมสมองด้วยการออกแบบอินโฟกราฟิกส์แบบมีปฏิสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา. *วารสารวิชาการศึกษาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 20*(2), 1-13.

ทิศนา แขมมณี. (2561). *ศาสตร์การสอน องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ*. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธีระสันต์ ช่วยรักษา. (2567). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อเสริมสร้างทักษะการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์และเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ วิชาฟิสิกส์เพิ่มเติมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 47*(4), 130-145.

พิมพ์เพชร ไปเจอะ และวาสนา กีรติจำเริญ.(2564). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหาและจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิด. *วารสารชุมชนวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา, 15*(2), 239-251.

ภาพิอร จันทำ และณัฐพล รำไพ. (2565). การพัฒนาสื่อโมชันกราฟิก เรื่อง คลื่นกล ร่วมกับแนวคิดการเรียนรู้แบบนำตนเองเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาและความสามารถในการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. *วารสารเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 5*(13), 141-154.

วุฒินันท์ คำด่อน และดุจเดือน ไชยพิชิต. (2564). การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชา ฟิสิกส์ เรื่อง สมดุลกล โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบ KWDL ร่วมกับแผนผังความคิดสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารวิชาการร้อยแก่นสาร, 6*(6), 153-168.

ศศิวิมล ภูศรีโสม และกัญญารัตน์ โคจร. (2563). การพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับหลักการเรียนร่วมกันเพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารมหาจุฬานาครทรรศน์, 7*(9), 265-282.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2567, 10 สิงหาคม). *สรุปผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6.* [เว็บบล็อก]. เข้าถึงได้จาก http://www.newonetresult.or.th/.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *สรุปข้อมูลเบื้องต้น*. อรุณการพิมพ์.

สำนักเลขาธิการสภาการศึกษา. (2550). *แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน*. ชุมนุมการเกษตรแห่งประเทศไทย.

สุมณฑา เกิดทรัพย์ และอัมพร วัจนะ. (2565). การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับชุดการทดลอง ในการส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *วารสารวิชาการและวิจัยมหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, 12*(1), 258-272.

O 24

การพัฒนามโนมติ เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสื่อมัลติมีเดีย

อัลวานี อีแต[1]* รูฮัยซา ดือราแม[2] และโรชวรรณา เซฟโฆลาม[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาและทดสอบประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมีโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสื่อมัลติมีเดีย 2) เปรียบเทียบมโนมติ เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนก่อนและหลังเรียน 3) เปรียบเทียบมโนมติ เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 4) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงมโนมติ และ 5) ศึกษาเจตคติของนักเรียนที่มีต่อวิชาเคมี กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสมบูรณ์ศาสน์ จำนวน 23 คน ที่ได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี แผนการจัดการเรียนรู้แบบทดสอบวัดมโนมติ และแบบสอบถามเจตคติต่อวิชาเคมี สถิติที่ใช้ ได้แก่ ค่าประสิทธิภาพ E_1/E_2 การทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างที่ไม่อิสระต่อกัน ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า 1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมีมีประสิทธิภาพ เท่ากับ 73.79/74.57 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 70/70 2) นักเรียนมีมโนมติหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนมีมโนมติเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 4) นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงมโนมติจากความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS) ไปสู่ความเข้าใจที่ถูกต้องมากที่สุด (CU) และ 5) เจตคติของนักเรียนที่มีต่อวิชาเคมีอยู่ในระดับเจตคติมาก ($\bar{X}$ = 4.27, S.D. = 0.34)

คำสำคัญ: ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ แบบจำลองเป็นฐาน สื่อมัลติมีเดีย มโนมติ การเปลี่ยนแปลงมโนมติ เซลล์เคมีไฟฟ้า

[1] นักศึกษาระดับปริญญาโท, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 95000

[2] ดร., สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 95000

[3] ผศ.ดร., สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 95000

[1] Master student, Teaching Science, Mathematics and Computer Program, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University.

[2] Dr., Teaching Science, Mathematics and Computer, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University.

[3] Assistant Professor Dr., General Science, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University.

* Corresponding Author: E-mail : ruhaisa.d@yru.ac.th Tel.: 089-4624420

The Development of Grade 11 Students' Conception in Electrochemical Cell with the Chemistry Learning Activities Package Using Model-Based Inquiry Combined with Multimedia

Alwanee Etae[1], Ruhaisa Dearamae[2] and Roswanna Safkolam[3]

Abstract

The purposes of this research were: 1) to develop and evaluate the effectiveness of a chemistry learning activities package using model-based inquiry combined with multimedia, 2) to compare conceptions of electrochemical cells before and after learning, 3) to compare conceptions after learning with the chemistry learning activities package on electrochemical cells against the criterion of 70 percent, 4) to study conceptual change regarding electrochemical cells, and 5) to study students' attitudes towards the chemistry subject. The target group for this research consisted of 23 grade 11 students from Somboonsart School selected by cluster random sampling. The research tools consisted of a chemistry learning activities package, lesson plans, a conception test, and 4) a chemistry attitude questionnaire. The statistics employed included the efficiency of the activities package based on the E_1/E_2 criteria, paired sample t-Test, mean, and standard deviation. The research findings indicated that: 1) the chemistry learning activities package using model-based Inquiry combined with multimedia achieved efficiency ratings of 73.79/74.57 which was higher than the standard of 70/70 criteria, 2) the students' average conceptions scores after learning were significantly higher than before learning at a significance level of .05, 3) the students' average conceptions score after learning was significantly higher than 70 percent at a significance level of .05, 4) the students conceptual change from partial understanding with specific alternative conception (PS) to complete understanding (CU), and 5) the students' attitudes toward the chemistry subject were at the high level ($\overline{X}$ = 4.27, S.D. = 0.34).

Keywords: Chemistry learning activities package, Inquiry learning, Model-based, Multimedia, Conception, Conceptual change, Electrochemical cell

บทนำ

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งเน้นเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับธรรมชาติรอบตัวมนุษย์ โดยเฉพาะวิชาเคมีซึ่งมีเนื้อหาซับซ้อนและนามธรรม เช่น อะตอม ธาตุ โมเลกุล การเปลี่ยนแปลงของสาร และเซลล์เคมีไฟฟ้า ส่งผลให้นักเรียนจำนวนมากเข้าใจเนื้อหาได้ยากและเกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อน ซึ่งเป็นอุปสรรคสำคัญในการเรียนรู้ (สิทธิณี กลางนภา และสกนธ์ชัย ชะนูนันท์, 2566) แม้หลักสูตรแกนกลางจะเน้นให้นักเรียนเกิดทักษะในการเรียนรู้ แต่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ยังคงอยู่ในระดับต่ำ โดยเฉพาะคะแนนเฉลี่ย O-NET ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ปี 2564–2566 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 28.65, 28.08 และ 29.09 ตามลำดับ ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ที่กำหนดไว้ (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2567) ส่วนคะแนนเฉลี่ยรายวิชาเคมีในการสอบ A-Level ปี 2566 มีคะแนนเท่ากับ 18.40 คะแนน จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน (สมาคมที่ประชุมอธิการบดีแห่งประเทศไทย, 2566) ยิ่งไปกว่านั้นในบริบทของโรงเรียนเอกชนสอนศาสนาอิสลามในพื้นที่สามจังหวัดชายแดน

ภาคใต้ พบว่า นักเรียนยังคงใช้วิธีท่องจำมากกว่าการทำความเข้าใจ ซึ่งส่งผลต่อความเข้าใจในเนื้อหาทางเคมีและการสร้างมโนมติที่ถูกต้อง มโนมติมีความสำคัญต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ เนื่องจากการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพต้องเริ่มจากความเข้าใจเนื้อหาที่ถูกต้อง ดังนั้นการพัฒนามโนมติจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ช่วยให้นักเรียนเรียนรู้ในระดับที่สูงขึ้นได้อย่างลึกซึ้งและยั่งยืน (ณัฏยา ลิ้มวัฒนา และธิติยา บงกชเพชร, 2564) ซึ่งแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นอีกวิธีที่ช่วยให้นักเรียนพัฒนามโนมติผ่านกระบวนการสร้างและปรับปรุงแบบจำลองจากปรากฏการณ์และการอธิบายผลลัพธ์จากการสืบเสาะหาความรู้ (Passmore, et al., 2009) นอกจากนี้การใช้สื่อมัลติมีเดีย เช่น ข้อความสิ่งพิมพ์ ภาพเคลื่อนไหว เสียง และดนตรีประกอบ ช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาที่เรียนมากขึ้น อีกทั้งยังช่วยเพิ่มความสนใจในการเรียนและประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของนักเรียน (ดวงสมร อ่องแสงคุณ, 2564)

จากปัญหาและความสำคัญของการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า ผู้วิจัยจึงสนใจพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมีโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสื่อมัลติมีเดียเพื่อส่งเสริมการพัฒนามโนมติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้อย่างลึกซึ้งและสามารถบรรลุผลการเรียนรู้ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสมบูรณ์ศาสน์ อำเภอยะหา จังหวัดยะลา สังกัดสำนักงานการศึกษาเอกชนอำเภอยะหา จำนวน 4 ห้อง ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 เป็นนักเรียนห้องเรียนปกติ มีนักเรียนทั้งหมด จำนวน 103 คน และกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 โรงเรียนสมบูรณ์ศาสน์ จำนวน 23 คน ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 เป็นนักเรียนห้องเรียนปกติคละความสามารถ ซึ่งได้มาจากการเลือกวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสื่อมัลติมีเดีย มีทั้งหมด 5 กิจกรรม ประกอบด้วย กิจกรรมที่ 1 เรื่อง สร้างพลังงานด้วยเซลล์เคมีไฟฟ้า กิจกรรมที่ 2 เรื่อง ถอดรหัสแผนภาพเซลล์ กิจกรรมที่ 3 เรื่อง เปรียบเทียบศักย์ไฟฟ้า กิจกรรมที่ 4 เรื่อง การสำรวจแบตเตอรี่และการกัดกร่อน และกิจกรรมที่ 5 เรื่อง เปลี่ยนไฟฟ้าเป็นปฏิกิริยา 2) แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสื่อมัลติมีเดีย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 5 แผน รวม 15 ชั่วโมง มีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$) = 4.71, S.D. = 0.33) 3) แบบทดสอบวัดมโนมติ เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า เป็นแบบทดสอบที่มี 2 ตอน ตอนที่ 1 เป็นคำถามปรนัยเกี่ยวกับเนื้อหา และตอนที่ 2 เป็นการอธิบายเหตุผลที่สนับสนุนคำตอบในเชิงอัตนัย จำนวน 20 ข้อ โดยมีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.68-0.79 มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.52-0.86 และมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.97 และ 4) แบบสอบถามเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 15 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามทั้งฉบับเท่ากับ 0.91

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินปฐมนิเทศและทำการทดสอบก่อนเรียนด้วยแบบทดสอบวัดมโนมติ เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า หลังจากนั้นผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสื่อมัลติมีเดีย จำนวน 15 ชั่วโมง เมื่อเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยให้ดำเนินการทดสอบหลังเรียนด้วยแบบทดสอบวัดมโนมติ เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้าและตอบแบบสอบถามเจตคติต่อวิชาเคมี

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 วิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสื่อมัลติมีเดีย โดยกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 70/70

4.2 วิเคราะห์การวัดมโนมติ เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนโดยใช้สถิติเชิงอนุมาน Paired Sample t-Test เพื่อเปรียบเทียบคะแนนมโนมติ เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า ก่อนเรียนและหลังเรียน และใช้สถิติเชิงอนุมาน One Sample t-Test เพื่อเปรียบเทียบคะแนนมโนมติ เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

4.3 วิเคราะห์เจตคติต่อรายวิชาเคมี โดยนำคะแนนจากแบบประเมินวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาและทดสอบประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสื่อมัลติมีเดียเพื่อพัฒนามโนมติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ผู้วิจัยได้ออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี ทั้งหมด 5 กิจกรรม ประกอบด้วย 1) สร้างพลังงานด้วยเซลล์เคมีไฟฟ้า 2) ถอดรหัสแผนภาพเซลล์ 3) เปรียบเทียบศักย์ไฟฟ้า 4) การสำรวจแบตเตอรี่และการกัดกร่อน และ 5) เปลี่ยนไฟฟ้าเป็นปฏิกิริยา ซึ่งคะแนนจากการทำแบบบันทึกกิจกรรมมีค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 73.79 และคะแนนจากการทดสอบหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มเดียวกันมีค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 74.57 ดังนั้นประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสื่อมัลติมีเดีย มีค่า E_1/E_2 เท่ากับ 73.79/74.57 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 70/70 จะเห็นได้ว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมีมีประสิทธิภาพในการพัฒนามโนมติ เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนในรายวิชาเคมีได้ ซึ่งสอดคล้องกับฐาปนีย์ แสนใจ และคณะ (2566) พบว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสื่อมัลติมีเดีย

	คะแนนกระบวนการจัดกิจกรรมและบันทึกกิจกรรมแต่ละชุดกิจกรรม					**รวมคะแนนกิจกรรมการเรียนรู้ (70 คะแนน)**	**คะแนนสอบหลังเรียน (60 คะแนน)**
	กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 (15 คะแนน)	**กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 (10 คะแนน)**	**กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 (10 คะแนน)**	**กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4 (20 คะแนน)**	**กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 5 (15 คะแนน)**		
เฉลี่ย	10.87	7.39	7.30	14.96	11.13	51.65	44.74
ร้อยละ	72.47	73.90	73.00	74.80	74.20	73.79	74.57
ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี (E_1/E_2) = 73.79/74.57							

2. ผลการเปรียบเทียบมโนมติ เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและหลังเรียน

ตารางที่ 2 ผลเปรียบเทียบคะแนนมโนมติ เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมีโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสื่อมัลติมีเดีย

ประเภทของมโนมติ เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า	จำนวนข้อสอบ(ข้อ)	การทดสอบ	$\overline{x}$	S.D.	t	Sig.
1. มโนมติด้านการจัดประเภท	6	ก่อนเรียน	3.91	1.08	30.18*	0.00
		หลังเรียน	15.13	1.25		
2. มโนมติด้านทฤษฎี	7	ก่อนเรียน	5.13	1.71	17.41*	0.00
		หลังเรียน	15.00	1.62		
3. มโนมติด้านความสัมพันธ์	7	ก่อนเรียน	3.91	1.31	16.81*	0.00
		หลังเรียน	14.61	2.59		

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 2 พบว่า คะแนนเฉลี่ยมโนมติ เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมีโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานทุกประเภทของแต่ละด้านมีคะแนนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับงานวิจัยของจิราภรณ์ กุลพิมล และวาสนา กีรติจำเริญ (2563) พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบจำลองมีมโนมติ เรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

3. ผลการเปรียบเทียบมโนมติ เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมีโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสื่อมัลติมีเดียกับเกณฑ์ร้อยละ 70

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบคะแนนมโนมติ เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

ประเภทของมโนมติ เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า	คะแนนเต็ม	ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม	ร้อยละของคะแนนที่นักเรียนทำได้	$\overline{x}$	S.D.	t	Sig.
1. มโนมติด้านการจัดประเภท	18	12.60	84.06	15.13	1.25	57.85*	0.00
2. มโนมติทางทฤษฎี	21	14.70	71.43	15.00	1.62	44.30*	0.00
3. มโนมติด้านความสัมพันธ์	21	14.70	69.57	14.61	2.59	27.06*	0.00
รวม	60	42	74.57	44.74	2.99	71.80	0.00

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยมโนมติ เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน $\overline{x}$ = 44.74 (S.D. = 2.99) คิดเป็นร้อยละ 74.57 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 จึงเห็นได้ว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสื่อมัลติมีเดียที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสามารถพัฒนามโนมติ เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาเคมีได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของบุณยานุช วิชัยโย และกัญญารัตน์ โคจร (2566) พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้โดยใช้วิธีการเรียนรู้ที่มีการสร้างแบบจำลองเป็นฐาน มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์อยู่ในกลุ่มที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์และกลุ่มที่สมบูรณ์ รวมถึงมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์

4. ผลวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงมโนมติ เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมีโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสื่อมัลติมีเดีย

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงมโนมติ เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมีโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสื่อมัลติมีเดีย

ข้อที่	ร้อยละนักเรียนที่มีการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจมโนมติ		
	จาก NU เป็น PU	จาก NU เป็น CU	จาก PS เป็น CU
1	26.09	39.13	26.09
2	17.39	13.04	21.74
3	30.43	8.70	13.04
4	13.04	21.74	26.09
5	8.70	17.39	30.43
6	26.09	8.70	8.70
7	39.13	8.70	13.04
8	30.43	13.04	13.04
9	4.35	8.70	34.78
10	26.09	4.35	17.39
11	26.09	13.04	17.39
12	39.13	13.04	17.39
13	34.78	4.35	8.70
14	13.04	26.09	30.43
15	4.35	26.09	43.48
16	13.04	4.35	26.09
17	4.35	4.35	17.39
18	17.39	21.74	34.78
19	26.09	0.00	4.35
20	8.70	8.70	34.78
เฉลี่ย	**20.44**	**13.26**	**21.96**

หมายเหตุ: CU คือ ความเข้าใจอย่างสมบูรณ์, PU คือ ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์, PS คือ ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน, AC คือ ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน และ NU คือ ไม่มีความเข้าใจ

จากตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงมโนมติ เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมีโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสื่อมัลติมีเดีย พบว่า นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า โดยนักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์จากระดับความไม่เข้าใจ (NU) ไปสู่ระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จากระดับความไม่เข้าใจ (NU) ไปสู่ระดับความเข้าใจอย่างสมบูรณ์ (CU) และจากระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS) ไปสู่ระดับความเข้าใจที่ถูกต้องมากที่สุด (CU) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของชิดชนก ไชยยะ และสุทธิดา จำรัส (2564) พบว่า

นักเรียนที่เรียนด้วยชุดการเรียนรู้ที่ใช้การสืบเสาะหาความรู้เพื่อพัฒนามโนมติเกี่ยวกับพันธะเคมีมีมโนมติหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และนักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจในมโนมติทางวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจน

5. ผลการศึกษาเจตคติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อวิชาเคมี

ผลการศึกษาเจตคติต่อวิชาเคมีหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมีโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสื่อมัลติมีเดียที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น พบว่า นักเรียนมีเจตคติอยู่ในระดับมาก คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.27 (S.D. = 0.34) เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า นักเรียนมีเจตคติที่มีต่อการเรียนวิชาเคมีหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสื่อมัลติมีเดีย 3 อันดับแรก ได้แก่ สื่อมัลติมีเดียช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น อยู่ในระดับเจตคติมากที่สุด คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.74 (S.D. = 0.45) รองลงมา คือ นักเรียนชอบการทดลองเกี่ยวกับเซลล์เคมีไฟฟ้า อยู่ในระดับเจตคติมากที่สุด คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.70 (S.D. = 0.47) และอันดับที่ 3 คือ การเรียนรู้เรื่องเซลล์เคมีไฟฟ้าด้วยแบบจำลองทำให้นักเรียนเข้าใจเรื่องนี้ได้มากขึ้น อยู่ในระดับเจตคติมากที่สุด คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.65 (S.D. = 0.49) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของวิภาพรรณ เนตรรุ่งเรือง และคณะ (2564) พบว่า นักเรียนมีคะแนนเจตคติต่อการใช้ชุดกิจกรรมอยู่ในระดับดี

สรุปผลการวิจัย

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมีโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับสื่อมัลติมีเดียที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 73.79/74.57 สูงกว่าเกณฑ์ 70/70 แสดงให้เห็นว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมีสามารถพัฒนามโนมติ เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้าของนักเรียนได้ เมื่อนักเรียนเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี พบว่า คะแนนเฉลี่ยมโนมติ เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมีโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานในแต่ละประเภทสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจมโนมติ เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า จากระดับความไม่เข้าใจ (NU) ไปสู่ระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) คิดเป็นร้อยละ 20.44 ของจำนวนคำตอบที่มีการเปลี่ยนแปลงจากระดับความไม่เข้าใจ (NU) ไปสู่ระดับความเข้าใจอย่างสมบูรณ์ (CU) คิดเป็นร้อยละ 13.26 ของจำนวนคำตอบที่มีการเปลี่ยนแปลง และจากระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS) ไปสู่ระดับความเข้าใจที่ถูกต้องมากที่สุด (CU) คิดเป็นร้อยละ 21.96 และเจตคติต่อรายวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียนในรายวิชาเคมีอยู่ในระดับมาก คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.27 (S.D. = 0.34)

อ้างอิง

จิราภรณ์ กุลพิมลม และวาสนา กีรติจำเริญ. (2563). การเปรียบเทียบมโนมติ เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับการเรียนรู้ทั่วไป. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร*, *22*(2), 62–73.

ชิดชนก ไชยยะ และสุทธิดา จำรัส. (2564). การใช้ชุดการเรียนรู้ที่อิงการสืบเสาะหาความรู้เพื่อพัฒนามโนมติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เกี่ยวกับพันธะเคมี. *ศึกษาศาสตร์สาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*, *5*(2), 104-118.

ฐาปนีย์ แสนใจ ยุวดี อินสำราญ และเนตรชนก จันทร์สว่าง. (2566). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, *17*(2), 181–19.

ณัฏยา ลิ้มวัฒนา และธิติยา บงกชเพชร. (2564). การจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS เพื่อพัฒนามโนมติ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา*, *18*(1), 61–70.

ดวงสมร อ่องแสงคุณ. (2564). การพัฒนาสื่อมัลติมีเดียตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม บูรณาการสาระท้องถิ่น เรื่อง นาเกลือสมุทรสาคร เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวัดโสภณาราม (ปลั่ง ร่วม ราษฎร์ บำรุง). *ครุสภาวิทยาจารย์*, *2*(3), 15-26.

บุณยานุช วิชัยโย และกัญญารัตน์ โคจร. (2566). การพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง แก๊สของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้แบบจำลองเป็นฐาน. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, *17*(2), 71-81.

วิภาพรรณ เนตรรุ่งเรือง ภัทรภร ชัยประเสริฐ และปริญญา ทองสอน. (2564). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง สมดุลเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวการเรียนรู้เชิงรุก. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, *23*(4), 343-353.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2567). *รายงานผลการทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET)*. สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ.

สมาคมที่ประชุมอธิการบดีแห่งประเทศไทย. (2566). *ระบบการคัดเลือกกลางบุคคลเข้าศึกษาในสถาบันอุดมศึกษา Thai University Central Admission System*. ซียูเคชั่น.

สิทธิณี กลางนภา และสกนธ์ชัย ชะนูนันท์. (2566). การจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานร่วมกับการใช้อินโฟกราฟิกเพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านเคมี เรื่อง พอลิเมอร์ สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. *วารสารสหวิทยาการมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*, *6*(5), 2487-2503.

Passmore, C., Stewart, J. & Cartier, J. (2009). Model-based inquiry and school science: Creating connections. *School Science and Mathematics*, *109*(7), 394-402.

Session

มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

O 25

อาหารพื้นบ้าน: ภูมิปัญญาท้องถิ่นของเทศบาลตำบลบ้านหลวง อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่

ลัดดา ประสพสมบัติ[1]*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาดังนี้ 1. เพื่อศึกษาความรู้ในเรื่องภูมิปัญญาอาหารพื้นบ้านด้วยการมีส่วนร่วมของคนในชุมชน 2. เพื่อส่งเสริมฟื้นฟูในเรื่องภูมิปัญญาอาหารพื้นบ้านให้คนรุ่นต่อไป ทำให้เกิดการพึ่งพาตนเองและคุณภาพชีวิตที่ดี โดยมีจุดมุ่งหมายในการส่งเสริมการอนุรักษ์ภูมิปัญญาท้องถิ่น ส่งเสริมให้ชุมชนสามารถพึ่งตนเอง และมีคุณภาพชีวิตที่ดีจากการบริโภคอาหารพื้นบ้านที่ปลอดภัย จากการศึกษาพบว่า อาหารพื้นบ้านมีส่วนสนับสนุนให้ชุมชนได้เรียนรู้ สืบทอด ฟื้นฟู และนำมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน อาหารยังสามารถแสดงถึงอัตลักษณ์ของท้องถิ่นที่สะท้อนภาพวิถีชีวิต ความเชื่อ และความสัมพันธ์ของคนในชุมชน

คำสำคัญ: ภูมิปัญญาท้องถิ่น อาหารพื้นบ้าน การพึ่งพาตนเองอย่างยั่งยืน

[1] สาขาวิชาการพัฒนาชุมชน คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50300
Department of Community Development Faculty of Humanities and Social Sciences
Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai 50300

Local Food: Local Knowledge of Ban Luang Subdistrict Municipality, Chom Thong District, Chiang Mai Province

Ladda Prasopsombat[1]*

Abstract

This research aims to 1) study knowledge on local food wisdom with the participation of people in the community, 2) promote the restoration of local food wisdom for the next generation to create self-reliance and a good quality of life, From the study, it was found that local food contributes to the community learning, inheriting, revitalizing, and applying it in daily life. Food can also express local identity, reflecting the way of life, beliefs, and relationships of people in the community.

Keywords: Local Knowledge, Local Food, Sustainable Self-Reliance

บทนำ

จากแผนยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี พ.ศ. 2561-2580 ของประเทศไทยให้ความสำคัญกับการสงวนรักษา อนุรักษ์ ฟื้นฟู และพัฒนาทรัพยากรธรรมชาติ มรดกทางสถาปัตยกรรมและศิลปวัฒนธรรม อัตลักษณ์ และวิถีชีวิตพื้นถิ่นบนฐานธรรมชาติและฐานวัฒนธรรมอย่างยั่งยืน แผนยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี มีเป้าหมายการพัฒนาประเทศคือ “ประเทศชาติมั่นคง ประชาชนมีความสุข เศรษฐกิจพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สังคมเป็นธรรม ฐานทรัพยากรธรรมชาติยั่งยืน” โดยยกระดับศักยภาพของประเทศในหลากหลายมิติ พัฒนาคนในทุกมิติและในทุกช่วงวัยให้เป็นคนดีเก่ง และมีคุณภาพ สร้างโอกาสและความเสมอภาคทางสังคม ชุมชนพึ่งตนเองและบริหารจัดการตนเองได้อย่างยั่งยืน การพัฒนาเศรษฐกิจฐานรากโดยมีเป้าหมายปลายทาง (ultimate goal) คือ การสร้างโอกาสให้ชาวบ้านได้ลุกขึ้นมาแก้ปัญหาของชุมชนเอง สร้างความความเข้มแข็งเพื่อสร้างรายได้ ลดความเหลื่อมล้ำ ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาที่ ยั่งยืนในระยะยาว สามารถตั้งรับปรับตัวกับกระแสต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วได้ บนฐานคิดที่เชื่อว่า “การสร้างประเทศจะต้องสร้างจากฐานรากที่มีพลังและเชื่อมร้อยงานให้เกิดขึ้นกระจายในทุกพื้นที่”(สำนักงานเลขานุการของคณะกรรมการยุทธศาสตร์ชาติ, 2561) เชื่อมโยงกับกรอบยุทธศาสตร์การจัดการด้านอาหารของประเทศไทย ระบุว่าประเทศไทยเป็นประเทศที่มีความอุดมสมบูรณ์และมีศักยภาพการผลิตในการเป็นครัวของโลก (Thai National Food Committee, 2013)

ประเทศไทยนับได้ว่าเป็นประเทศที่มีความอุดมสมบูรณ์ทั้งด้านทรัพยากรธรรมชาติ ศิลปวัฒนธรรม ขนบธรรมเนียมประเพณีรวมถึงอาหารที่มีความหลากหลายและมีชื่อเสียง โด่งดังไปทั่วโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารไทยที่ส่วนใหญ่มักทำมาจากพืชและผักที่เป็นที่รู้จักกันดี จนเป็นที่รู้กันว่าอาหารไทยจะต้องมีพืชผักเป็นส่วนประกอบของอาหารหรือเป็นเครื่องเคียง พืชผักที่ใช้รับประทานยังสามารถเป็นยารักษาโรคได้ เพราะอาหารพื้นบ้านนิยมนำพืชผักสมุนไพรไทยมาประกอบอาหาร นอกจากจะทำให้อาหารจะมีรสชาติดีแล้วยังได้คุณค่าทางโภชนาการอีกด้วย จากความอุดมสมบูรณ์เหล่านี้ทำให้การสรรหาวัตถุดิบในการทำอาหารสามารถหาได้ใกล้แหล่งที่อยู่อาศัย ซึ่งในการทำอาหารนั้นประชาชนส่วนใหญ่มักนิยมนำพืชผักพื้นบ้านที่สามารถหาได้ตามท้องถิ่นมาปรุงอาหาร (สิริวัฒน์ บุญชัยศรี และ สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ, 2554)

เทศบาลตำบลบ้านหลวง อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่เป็นพื้นที่ที่มีประวัติศาสตร์มาอย่างยาวนาน การศึกษาเรื่องภูมิปัญญาท้องถิ่นที่เกี่ยวกับอาหารพื้นบ้านจึงมีส่วนสนับสนุนให้ชุมชนได้เรียนรู้ สืบทอด ฟื้นฟู อาหารยังแสดงถึงอัตลักษณ์และถือเป็นวัฒนธรรมที่สำคัญอย่างยิ่งของชีวิตผู้คน เพราะผูกโยงกับความอยู่รอด ความเชื่อ ความเจ็บป่วย และสุขภาวะ การศึกษาเรื่องภูมิปัญญาอาหารพื้นบ้านทำให้เห็นความเป็นชุมชน สะท้อนภาพวิถีชีวิต และความสัมพันธ์ของคนในชุมชน

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ คณะผู้วิจัยเลือกพื้นที่ศึกษาในจังหวัดเชียงใหม่ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลในการวิจัยที่ครบถ้วนสมบูรณ์ และกำหนดพื้นที่เจาะจงในการเก็บข้อมูลที่บ้านเมืองกลาง เทศบาลตำบลบ้านหลวง อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่

ขอบเขตของการวิจัย

1. ขอบเขตด้านประชากร

ในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผู้นำชุมชน กลุ่มแม่บ้าน พระสงฆ์ ปราชญ์ชาวบ้าน

2. ขอบเขตด้านพื้นที่

กำหนดพื้นที่การศึกษา คือ บ้านเมืองกลาง เทศบาลตำบลบ้านหลวง อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่

3. ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษาเรื่องภูมิปัญญาท้องถิ่นที่เกี่ยวกับอาหารพื้นบ้านทำให้ชุมชนได้เรียนรู้ สืบทอด ฟื้นฟู การศึกษาเรื่องภูมิปัญญาอาหารพื้นบ้านทำให้เห็นความเป็นชุมชน สะท้อนภาพวิถีชีวิต ความสัมพันธ์ของคนในชุมชน ทั้งยังเป็นการพัฒนาทักษะในการเรียนรู้ และสามารถพัฒนาองค์ความรู้เพื่อต่อยอดในอนาคตได้

ในการดำเนินการวิจัยแบ่งเป็น 2 ระยะ ระยะแรกเป็นการวิจัยพื้นฐาน Basic Research อาศัยมุมมองด้านภูมิปัญญาท้องถิ่นและแนวคิดเรื่องการฟื้นฟูอาหารพื้นบ้าน โดยเน้นการสังเกตการณ์แบบมีส่วนร่วม participant observation การสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ (informal interviews) การสัมภาษณ์เชิงลึก (Indepth Interview) และเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อทำความเข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ทางสังคมวัฒนธรรม มิติทางภูมิปัญญาท้องถิ่น อาหารท้องถิ่น ความเชื่อ พิธีกรรม

ระยะที่ 2 เป็นการวิจัยแบบมีส่วนร่วม Participatory Research เพื่อร่วมพัฒนาและเสริมสร้างความเข้มแข็งของชุมชนในการค้นหาภูมิปัญญาของชุมชน โดยใช้การจัด Focus group จัดเวทีชุมชนโดยอาศัยเทคนิคและแนวทางการมีส่วนร่วม PAR ระหว่างนักวิจัย พระ ครู ปราชญ์ชาวบ้าน กลุ่มแม่บ้าน และผู้นำท้องถิ่นทั้งที่เป็นทางการและผู้นำที่ไม่เป็นทางการ นอกจากนี้ยังใช้เทคนิคการสัมภาษณ์เชิงลึก (Indepth Interview) กับผู้ที่เกี่ยวข้องได้แก่ ปราชญ์ชาวบ้าน พระ ผู้นำท้องถิ่น ครู และผู้เกี่ยวข้อง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ โดยได้ทำการศึกษาข้อมูลจากเอกสารวิชาการ รายงานการวิจัย บทความทางวิชาการ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ประกอบกับการศึกษาวิจัยภาคสนาม เป็นการรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้อง โดยรวบรวมจากหนังสือรายงานการวิจัย วิทยานิพนธ์วารสาร และบทความทางวิชาการ

2. การศึกษาภาคสนาม (Field Research)

- การสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วม (Non-participant observation) โดยการสังเกตผ่านภาพลักษณ์ และพฤติกรรมวัฒนธรรม และการมีส่วนร่วมเรื่องอาหารพื้นบ้านของชาวบ้านในชุมชน

- การสัมภาษณ์ (interview) กับผู้ที่เกี่ยวข้อง ผู้นำชุมชน กลุ่มแม่บ้าน พระสงฆ์ ปราชญ์ชาวบ้าน เพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ค้นหาภูมิปัญญาของชุมชน และรื้อฟื้นความทรงจำเรื่องอาหารพื้นบ้าน

- การสนทนากลุ่ม Focus group เพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ร่วมค้นหาภูมิปัญญาของชุมชน

- การสัมภาษณ์เชิงลึก (Indepth Interview) เพื่อรื้อฟื้นความทรงจำเรื่องอาหารพื้นบ้าน

จริยธรรมในการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้ได้รับอนุมัติจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จาก คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ รหัสโครงการ (Project Code) : IRBCMRU 2022/282.13.11

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาพบว่า ในชุมชนบ้านเมืองกลางมีการสนับสนุน การส่งเสริมและฟื้นฟูอาหารพื้นบ้านโดยกลุ่มแม่บ้านของชุมชนที่มีส่วนร่วมในการให้ความรู้กับคนในชุมชนถึงประโยชน์ของอาหารพื้นบ้าน และทั้งยังพยายามรักษาวัฒนธรรมการทำอาหารพื้นบ้านไว้ ถึงแม้ในปัจจุบันจะเกิดการเปลี่ยนแปลงไปตามยุคสมัยที่ทำให้อาหารต้องปรับเปลี่ยนตามไปด้วย ไม่ว่าเป็นในเรื่องของวัตถุดิบบางชนิดที่ไม่สามารถหาได้ จึงทำให้อาหารบางประเภทไม่เป็นที่รู้จัก อาหารบางชนิดก็ใช้เพียงแค่อยู่ในพิธีกรรมเท่านั้น เช่น ขนมปินตู ที่ใช้ถวายพระในวันออกพรรษา

อาหารพื้นบ้านที่พบในชุมชนสามารถแบ่งประเภทอาหารได้ดังนี้

1. อาหารประเภทแกง เป็นอาหารประเภทน้ำ มีวิธีการทำ โดยใส่น้ำ พอเดือดใส่เครื่องปรุง บางครัวเรือนจะคั่วเครื่องแกงกับน้ำมันเล็กน้อย จนเครื่องแกงและส่วนผสมอื่น เช่น หมู ไก่มีกลิ่นหอมก่อน จึงจะเติมน้ำลงไป และใส่เครื่องปรุงอื่นๆ เช่น พริก หอมแดง กระเทียม ปลาร้า กะปิ เป็นต้น แกงที่ชาวบ้านนิยมทำคือ แกงขนุนอ่อน แกงหน่อไม้ แกงอ่อมหมู อ่อมเนื้อวัว-เนื้อควาย เป็นต้น

2. อาหารประเภทยำ เป็นอาหารประเภทที่มีน้ำคลุกคลิกมีการนำวัตถุดิบผสมเข้ากับเครื่องยำ เช่น พริกแห้งหอมแดง ตะไคร้ กะปิ ปลาร้า บางเมนูเพิ่มรสชาติความเปรี้ยวด้วยมะนาว เมนูที่นิยมทำ เช่น ยำขนุนอ่อน ยำเตา ยำใบมะม่วงอ่อน ยำหน่อไม้ ยำหนัง

3. อาหารประเภทตำ เป็นอาหารประเภทเดียวกับยำ มีวิธีการปรุงโดยนำส่วนผสมต่างๆ พร้อมเครื่องคลุกเคล้ากันในครก บางเมนูเมื่อคลุกเข้าส่วนผสมจนเข้ากันจะนำไปคั่วไฟกลางเพื่อให้อาหารมีกลิ่นหอม เมนูที่นิยมทำ เช่น ตำขนุนอ่อน ตำมะเขือ น้ำพริกต่าง ๆ เช่น น้ำพริกตาแดง น้ำพริกอ่อง น้ำพริกหนุ่ม และน้ำพริกปลา

4. อาหารประเภททอด เป็นการทำให้อาหารสุกด้วยน้ำมัน ตั้งไฟให้ร้อน ใส่อาหารลงไปทอดให้สุกตามที่ต้องการ เช่น แคปหมู หนังปอง

5. อาหารประเภทปิ้ง เป็นการนำอาหารที่สุกแล้วมาวางเหนือไฟ และโรยเกลืออีกนิดหน่อย เพื่อให้เกิดความร้อนและมีกลิ่นหอม เช่น ไส้อั่ว จิ้นส้มหมก จิ้นแห้ง

6. อาหารประเภทย่าง เป็นการนำอาหารสดมาคลุกเคล้าเข้ากับเครื่องปรุงแล้วนำไปวางเหนือไฟจนสุก เช่น ปลาย่าง ไก่ย่าง หมูย่าง หรือเนื้อสัตว์อื่น ๆ

จากการศึกษาพบว่า อาหารพื้นบ้านมีความสำคัญ ดังนี้

1. สุขภาพ อาหารที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพที่จำเป็นอย่างยิ่งคือเรื่องคุณค่าทางโภชนาการ หรือสารอาหารอาหารที่เกี่ยวกับการบำรุงร่างกาย สามารถหาวัตถุดิบที่เป็นผักพื้นบ้านหรือสมุนไพรพื้นบ้านได้หรือปลูกได้ในบริเวณบ้าน ซึ่งมีความปลอดภัยจากสารเคมีต่างๆ นอกจากนี้ยังสามารถใช้อาหารในการดูแลสุขภาพเบื้องต้น หรือที่เรียกว่า “อาหารเป็นยา” เพื่อทำให้คนในชุมชนมีสุขภาพดี ห่างไกลจากโรค ทั้งยังเป็นการพึ่งตนเองในการดูแลสุขภาพเบื้องต้น

2. สุขภาพ อาหารที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพที่จำเป็นอย่างยิ่งคือเรื่องคุณค่าทางโภชนาการ หรือสารอาหารอาหารที่เกี่ยวกับการบำรุงร่างกาย สามารถหาวัตถุดิบที่เป็นผักพื้นบ้านหรือสมุนไพรพื้นบ้านได้หรือปลูกได้ในบริเวณบ้าน ซึ่งมีความ

ปลอดภัยจากสารเคมีต่างๆ นอกจากนี้ยังสามารถใช้อาหารในการดูแลสุขภาพเบื้องต้น หรือที่เรียกว่า “อาหารเป็นยา” เพื่อทำให้คนในชุมชนมีสุขภาพดี ห่างไกลจากโรค ทั้งยังเป็นการพึ่งตนเองในการดูแลสุขภาพเบื้องต้น

3. เศรษฐกิจ อาหารพื้นบ้านนั้นสามารถสร้างรายได้ทางเศรษฐกิจสังคมให้เกิดขึ้นกับชุมชนได้ หากมีการยกระดับอาหารพื้นบ้านให้เป็นที่รู้จัก สามารถเป็นช่องทางการเพิ่มรายได้ให้กับชุมชน
อัตลักษณ์ท้องถิ่น อาหารแต่ละท้องถิ่นมักใช้วัตถุดิบที่หาได้ในท้องถิ่นนั้นๆ เช่น ผักพื้นเมือง สมุนไพรท้องถิ่น ทำให้อาหารมีรสชาติและกลิ่นที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว

4. วัฒนธรรมชุมชน อาหารหลายชนิดมีความเกี่ยวข้องกับประเพณีและพิธีกรรมต่างๆ เช่น อาหารที่ใช้ในงานบุญ งานเทศกาล หรืออาหารที่ทำเพื่อเป็นสิริมงคล

5. เชื่อมโยงคนในชุมชน การทำอาหารพื้นบ้านร่วมกันในครอบครัวหรือชุมชน เป็นกิจกรรมที่ช่วยสร้างความสัมพันธ์อันดีและเสริมสร้างความสามัคคี

6. ถ่ายทอดภูมิปัญญา การสอนทำอาหารพื้นบ้านให้กับคนรุ่นหลัง เป็นการถ่ายทอดภูมิปัญญาและรักษาให้วัฒนธรรมการกินยังคงอยู่

สรุปผลการวิจัย

อาหารพื้นบ้านภาคเหนือมีความพิเศษตรงที่มีการผสมผสานวัฒนธรรมการกินจากหลายกลุ่มชน เช่น ไทใหญ่ จีนไทลื้อ และคนพื้นเมือง เป็นต้น วัฒนธรรมอาหารพื้นบ้านของภาคเหนือจึงผ่านการปรุงแต่ง ดัดแปลง ผสมผสาน ทั้งวัตถุดิบและรสชาติจากผู้คนกลุ่มต่าง ๆ ที่หลอมรวมขึ้นเป็นวัฒนธรรมอาหารพื้นบ้าน

การดูแลสุขภาพของผู้คนในชุมชนเพื่อทำให้เกิดการพึ่งตนเองเป็นทั้งเป้าหมายและวิธีการที่อยู่ในระบบสาธารณสุขมูลฐานมาเป็นเวลานานมากกว่า 40 ปี การสนับสนุนแนวคิดชุมชนพึ่งตนเองด้านสุขภาพได้มาจากความจริงที่ว่า การดูแลสุขภาพตนเองเป็นความจริงพื้นฐานด้านสุขภาพพื้นฐานในโลกของชาวบ้าน ดังนั้นการสร้างนวัตกรรมสุขภาพจึงเป็นการสนับสนุนและเสริมสร้างฐานการดูแลสุขภาพตนเองของภาคประชาชนให้มีความเข้มแข็งบนฐานความรู้ ภูมิปัญญาและวัฒนธรรมสุขภาพของแต่ละชุมชน ศักยภาพการพึ่งตนเองของชุมชนในระบบสุขภาพคือ การพลิกฟื้นภูมิปัญญาด้านการดูแลสุขภาพที่มีอยู่ในชีวิตประจำวันและสะสมเป็นองค์ความรู้อยู่ในท้องถิ่นซึ่งเป็นรากฐานการพึ่งตนเองของชุมชนทั้งในระดับครอบครัวและระดับชุมชน

การสนับสนุนแนวทางการดูแลสุขภาพตนเองของชุมชน การส่งเสริมการดูแลสุขภาพของตนเองไม่ใช่มีเพียงแค่เหตุผลทางเศรษฐกิจเท่านั้น แต่แนวคิดสำคัญเป็นเรื่องของสุขภาพ โดยทั่วไปการส่งเสริมภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านสุขภาพไม่ว่าจะเป็นการใช้อาหารพื้นบ้าน การใช้สมุนไพร ล้วนเป็นแนวทางการสนับสนุนการดูแลและพึ่งตนเองของชุมชนอย่างแท้จริง จากการทำงานร่วมกับกลุ่มชาวบ้านทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ จากการระดมความเห็น องค์ความรู้ของชุมชนภูมิปัญญาที่เกี่ยวกับการจัดการทรัพยากรท้องถิ่น ทำให้เห็นว่าชุมชนสามารถจัดการระบบสุขภาพของตนเองได้โดยการพึ่งพาตนเองจากการมีอยู่ของทรัพยากรท้องถิ่นที่มีอยู่ในชุมชน การรวมกลุ่มในการทำกิจกรรมของชุมชน เป็นการแลกเปลี่ยนเรียนรู้สืบทอดการใช้ประโยชน์จากความรู้ในชุมชน ทำให้เกิดแนวทางในการสนับสนุนการพึ่งตนเองของชุมชน และนำไปสู่การสร้างเครือข่ายการเรียนรู้และส่งเสริมภูมิปัญญาเรื่องอาหารพื้นบ้าน ผ่านการถ่ายทอดประสบการณ์จากผู้ที่มีความรู้ไปสู่ผู้ที่มีความสนใจ

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ปีงบประมาณ พ.ศ. 2566

อ้างอิง

สิริวัฒน์ บุญชัยศรี และสุขทัย พงศ์พัฒนศิริ. (2554). ความหลากหลายและการใช้ประโยชน์ของพืชผักพื้นบ้านในเขตชุมชนรอบกว๊านพะเยา. ใน การประชุมวิชาการพะเยาวิจัย ครั้งที่ 1 “ปัญญาเพื่อความเข้มแข็งของชุมชน (น. 24-28). มหาวิทยาลัยพะเยา.

สำนักงานเลขานุการของคณะกรรมการยุทธศาสตร์ชาติ. (2561). *ยุทธศาสตร์ชาติ พ.ศ. ๒๕๖๑ – ๒๕๘๐*. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.

Thai National Food Committee. (2013). Strategic Framework for Food Management in Thailand. Nonthaburi: Food and Drug Administration.

ผลของวัตถุในภาพที่จัดวางเรียงเป็นระเบียบต่อความจำของมนุษย์

จิรัฏฐ์ บัวหลวงณัฐ[1] คริสต์ อุทาหรณ์[2] และณัฐธนนท์ หงส์วริทธิ์ธร[3*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นการศึกษาถึงผลของรูปแบบการจัดวางวัตถุในภาพที่มีต่อการจดจำ โดยมีสมมติฐานกำหนดไว้ว่า วัตถุที่จัดวางเป็นระเบียบในภาพช่วยให้หน่วยทดลองจดจำวัตถุได้มากกว่าวัตถุที่จัดวางไม่เป็นระเบียบ ดำเนินการวิจัยกับนักศึกษาจำนวน **30** คน ถูกสุ่มเข้ากลุ่มทดลอง **2** กลุ่ม ๆ ละ **15** คน กลุ่มแรกเป็นกลุ่มที่หน่วยทดลองจะเห็นภาพที่วัตถุจัดวางเป็นระเบียบ และกลุ่มที่สองจะเห็นภาพที่วัตถุจัดวางไม่เป็นระเบียบ หน่วยทดลองแต่ละกลุ่มจะเห็นภาพจำนวน **6** ภาพ ๆ ละ **15** วินาที ตอบแบบทดสอบจำนวน **20** ข้อ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย **independent-sample t-test** พบว่า กลุ่มทดลองที่เห็นภาพวัตถุที่จัดเรียงเป็นระเบียบสามารถจดจำวัตถุได้มากกว่ากลุ่มทดลองที่เห็นภาพวัตถุที่จัดเรียงไม่เป็นระเบียบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ **.05** ข้อค้นพบของงานวิจัยครั้งนี้สนับสนุนงานวิจัยที่ผ่านมา การจัดข้อมูลเป็นกลุ่มช่วยทำให้มนุษย์สามารถจดจำข้อมูลได้มากยิ่งขึ้น และชี้ให้เห็นประโยชน์ของข้อค้นพบที่สามารถนำไปประยุกต์ในการจัดวัตถุในชีวิตประจำวัน เช่น ไอคอนบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยให้เข้าถึงได้ง่าย

คำสำคัญ: การจัดวางวัตถุเป็นระเบียบ การจดจำ ความจำเพื่อใช้งาน

[1,2] นักศึกษา, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (ศูนย์ลำปาง) ลำปาง 52190

[3] อาจารย์, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (ศูนย์รังสิต) ปทุมธานี 12120

[1,2] student, Faculty of Science and Technology, Thammasat University (Lampang Campus), Lampang, 52190

[3] Lecturer, Faculty of Science and Technology, Prathumtani, 12120

* Corresponding Author: E-mail: nuttanon@tu.ac.th, Tel: 02-986-9156 ต่อ 222

Effect of objects arranged in images on human memory recall

Jirat Bualuang Author[1], Kris Outahorn[2] and Nuttanont Hongwarittorrn[3*]

Abstract

This research examines the effect of object arrangement in images on recall, hypothesizing that objects arranged orderly in images enhance recall compared to those arranged disorderly. The study involved 30 students randomly assigned to two groups of 15 each. The first group viewed images with orderly arranged objects, while the second group viewed images with disorderly arranged objects. Each group was shown six images for 15 seconds each and completed a 20-question test. Data analysis using an independent-sample t-test revealed that the group viewing orderly arranged objects recalled significantly more objects than the group viewing disorderly arranged objects at a .05 statistical significance level. These findings support prior research, indicating that grouping information enhances human recall and highlights practical applications, such as organizing computer desktop icons for easier access.

Keywords: Object arrangement, Memory, Working Memory

บทนำ

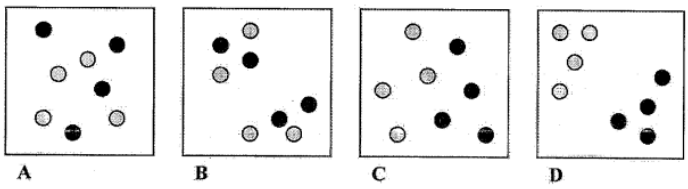
ในยุคที่เทคโนโลยีเข้ามามีบทบทต่อชีวิตประจำวันของมนุษย์เป็นอย่างมากในปัจจุบัน ข้อมูลข่าวสารผ่านมาทางสื่อทางคอมพิวเตอร์และแอฟพลิเคชั่นต่าง ๆ อย่างมากมายและต่อเนื่องตลอดเวลา เป็นเรื่องที่เป็นประโยชน์ที่มนุษย์ย่อมได้รับข่าวสารได้อย่างรวดเร็ว สามารถดำเนินการตัดสินใจกระทำกิจกรรมต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ในสถานการณ์ที่มีข้อมูลไหลเข้ามาอย่างต่อเนื่อง ไม่น่าจะสอดคล้องกับข้อจำกัดการจำของสมองของมนุษย์ โดยเฉพาะสมองเพื่อใช้ปฏิบัติการ (Working Memory) ที่ต้องใช้ดำเนินกิจการตลอดทั้งวัน งานวิจัยทางวิจัยได้ชี้ให้เห็นข้อจำกัดของสมองส่วนนี้ที่มีข้อจำกัดทั้งทางด้านปริมาณและระยะในการคงข้อมูลไว้ (Hitch, Allen, & Baddeley, 2025) บทความที่ได้รับการอ้างอิงอย่างมากมาย (Miller, 1956) ได้ระบุไว้ว่าสมองเพื่อใช้ปฏิบัติการจะเก็บข้อมูลไว้ได้เพียง 7 ± 2 เท่านั้น ถึงแม้ว่าผลการวิจัยนี้จะถูกหักล้างไปแล้วเพราะจำนวนข้อมูลที่สมองส่วนนี้เก็บไว้ได้มีมากกว่า 7 ± 2 ผ่านการฝึกฝน (Gilakjani, 2012; Zhong, Katkov, & Tsodyks, 2024) แต่ผลงานวิจัยฉบับนี้ยังเป็นหลักฐานแรกๆ ที่แสดงให้เห็นว่า สมองเพื่อปฏิบัติการยังมีข้อจำกัดในจำนวนการจดจำซึ่งยังได้รับการสนับสนุนจากงานวิจัยทางจิตวิทยาจวบจวนปัจจุบัน (Matlin, 2009; Hitch, Allen, & Baddeley, 2025)

สมองส่วนเพื่อปฏิบัติการนอกจากจะมีข้อจำกัดในการจดจำในแง่ปริมาณโดยทั่วไปแล้ว ยังมีข้อจำกัดในการคงรักษาข้อมูลนั่นไว้ด้วย ข้อมูลในสมองส่วนนี้จะหายไปได้อย่างรวดเร็วภายในระยะเวลาสั้นมาก (Baddeley, 1995) ภายใน 30 วินาที (Atkinson & Shiffrn, 1986) อย่างไรก็ตาม มีงานวิจัยที่แสดงให้เห็นว่า มนุษย์สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจดจำได้ด้วยวิธีการทำ Chunking (หรือการจัดกลุ่ม Organizing) เช่น การจดจำหมายเลขโทรศัพท์ 0826694789 เมื่อนำมาทำ chunking แบ่งกลุ่ม 082-669-4789 จะทำให้จดจำได้มากขึ้น (Johnson, 1970; Thalmann, Souza, & Oberauer, 2019) และงานของวิจัยของ (Suppawittaya ฿ Pratchayapongม 2021) ที่ศึกษาถึงรูปแบบของเทคนิค chunking หลายรูปแบบที่ส่งผลต่อความสามารถในการจดจำที่เพิ่มขึ้นของหน่วยความจำเพื่อปฏิบัติการ (WM) ในการจดจำข้อความของนักเรียนมัธยมศึกษา และการจดจำข้อมูลให้นานมากขึ้นในหน่วยความจำส่วนปฏิบัติการด้วยการทำ Rehearsal (ทบทวน) ข้อมูลนั้นหลาย ๆ รอบ (Matlin, 2009; Jagadeesh, & Uppunda, 2020)

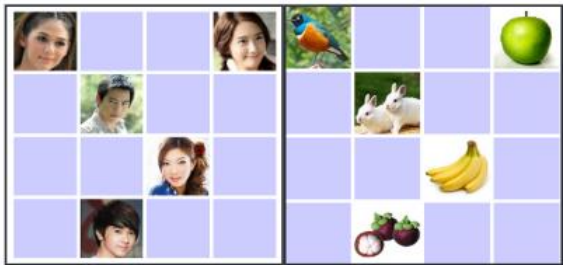
โดยทั่วไป ธรรมชาติการจดจำ มนุษย์ย่อมต้องการจดจำข้อมูลไว้ได้นาน ๆ ทั้งการจดจำในสมองส่วนปฏิบัติการแล้ว และการจดจำได้ในสมองส่วนความจำระยะยาว (Long-term Memory) ความทรงจำของสมองส่วนความจำระยะยาวสามารถเพิ่มขึ้นได้ด้วยหลายวิธี (Matlin, 2009, pp.163-195) บุคคลจะสามารถจดจำข้อมูลได้นานมากยิ่งขึ้น บุคคลจะต้องทำการประมวลผลเชิงลึก (deep processing) หรือการประเมินผลข้อมูลเชิงความหมาย (Semantic Processing) โดยมีเทคนิคที่สามารถนำมาใช้ช่วยทำให้การประมวลกับข้อมูลเชิงความหมายได้มากขึ้นและบุคคลย่อมจดจำข้อมูลได้นานยิ่งขึ้น เทคนิคแรกเป็นการสร้างความโดดเด่นหรือความแตกต่างให้กับข้อมูลที่ต้องจดจำ (Distinctiveness) (Craik และ Lockhart, 1972) นอกจากนั้น การจัดข้อมูลเนื้อหาที่จัดเป็นหมวดหมู่ย่อมช่วยให้การจดจำเพิ่มขึ้น งานวิจัยที่เปรียบเทียบการจดจำหมากในตารางหมากรุกระหว่างผู้เล่นมืออาชีพกับผู้เล่นมือใหม่ โดยการศึกษาจะประกอบด้วยการทดลอง 2 ครั้ง ครั้งแรก หมากจำนวนหนึ่งจะถูกวางไว้ในตารางตามกฎเกณฑ์การเล่นหมากรุก ส่วนการทดลองที่สองจะมีลักษณะเดียวกันแต่หมากที่ไว้ในตารางจะถูกวางแบบอิสระไม่ได้เป็นไปตามเงื่อนไขการเล่นหมากรุก ผู้เล่นมืออาชีพและผู้เล่นมือใหม่ต้องจดจำหมากในตารางที่ภายในระยะเวลาที่กำหนดให้เท่ากัน ภายหลังจากนั้นหมากบางตัวจะถูกดึงออก และกำหนดให้ผู้เล่นทั้งสองกลุ่มจะต้องนำหมากนำกลับไปวางให้ถูกตำแหน่งเดิม ผลการทดลองพบว่า ผู้เล่นมืออาชีพสามารถจดจำหมากได้มากกว่าผู้เล่นมือใหม่ในตารางหมากรุกที่มีหมากไว้ตามกฎเกณฑ์การเล่นหมากรุก แต่ผู้

เล่นมืออาชีพมิได้จดจำหมากได้มากกว่าผู้เล่นมือใหม่ในตารางหมากที่มีหมากที่มีการวางหมากแบบอิสระ ผลการศึกษาชิ้นนี้ชี้ให้ว่าความสัมพันธ์ของหมากบนตารางช่วยให้ผู้เล่นมืออาชีพสามารถจดจำหมากได้มากกว่าผู้เล่นมือใหม่ ผลงานวิจัยชิ้นนี้ (de Groot, 1965) สะท้อนให้เห็นว่า วัตถุเมื่อจัดวางแบบมีความสัมพันธ์ย่อมน่าจะให้ช่วยบุคคลจดจำวัตถุได้มากกว่าการวางแบบอิสระ

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยส่วนใหญ่เป็นการศึกษาอิทธิพลของกาจัดหมวดหมู่ (organizing) กับข้อมูลที่เป็นตัวอักษร และที่ศึกษากับอิทธิพลของการจัดกลุ่มของรูปวัตถุต่อการจดจำยังมีจำนวนน้อย การเปรียบเทียบการจัดวาง (layout) ของรูปวงกลมขนาดเล็กหลายลักษณะทั้งแบบการจัดวางแบบอิสระและการจัดวางเป็นกลุ่ม ดังภาพที่ 1 ผลจากการศึกษา (Niemela, & Saariluoma, 2003) พบว่า การจัดวางรูปที่แสดงถึงความสัมพันธ์หรือเป็นหมวดหมู่ช่วยให้จดจำได้ดีขึ้น ส่วนผลการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยรูปแบบกริดและรูปแบบภาพที่มีต่อการจดจำรูปภาพดังตัวอย่างภาพที่ 2 พบว่า ปัจจัยทั้งรูปแบบกริดและรูปภาพแบบมีผลต่อการจดจำ โดยหน่วยทดลองสามารถรูปภาพที่ไม่ใช่บุคคลได้มากกว่ารูปภาพใบหน้าบุคคล และตารางกริดจัตุรัสช่วยให้หน่วยทดลองจดจำรูปภาพได้มากกว่าตารางที่ไม่เป็นจัตุรัส (ณัฐธนนท์ หงส์วริทธิ์ธร และเกรียงไกร มะโนใจ, 2558) และในปี 2568 ผลการศึกษาของ (ชิษณุชา ชุ่มละมัย, ศศิธร ขำสงค์, มนัญชยา ไชยบุตร และณัฐธนนท์ หงส์วริทธิ์ธร, 2568) สนับสนุนงานวิจัยที่ผ่านมา โดยที่หน่วยทดลองสามารถจดจำรูปไอคอนที่จัดวางแบบเป็นหมวดหมู่ได้มากกว่ารูปไอคอนที่วางอิสระ และการมีเส้นตารางช่วยให้หน่วยทดลองจดจำรูปไอคอนได้มากกว่าการจัดวางแบบไม่มีเส้นตาราง (ดังตัวอย่างภาพที่ 3) จากงานวิจัยสองชิ้นแรกนี้ถึงจะเป็นลักษณะการศึกษาที่เกี่ยวกับการจดจำภาพก็ตาม แต่งานวิจัยของ (Niemela, & Saariluoma, 2003) เป็นการใช้รูปภาพวงกลมขนาดเล็กเป็นรูปภาพทรงเรขาคณิตมิใช้รูปภาพของวัตถุ ส่วนงานวิจัยของณัฐธนนท์ หงส์วริทธิ์ธร และเกรียงไกร มะโนใจ (2558) เป็นการศึกษาประเภทของรูปภาพและลักษณะของตาราง ซึ่งไม่ได้ทำการศึกษาการจัดกลุ่มของรูปภาพที่มีต่อการจดจำ งานวิจัยชิ้นนี้จึงทำการศึกษาอิทธิพลการจัดวางรูปภาพวัตถุเป็นหมวดหมู่ซึ่งวางอยู่บนตารางจัตุรัสที่มีต่อการจดจำรูปภาพ ส่วนงานวิจัยชิ้นที่ 3 เป็นการจัดวางไอคอนที่แสดงถึงความสัมพันธ์ที่เป็นหมวดหมู่ และมีเส้นตารางมาเป็นจุดอ้างอิง จึงทำให้บุคคลสามารถจดจำภาพไอคอนได้มากกว่า การจัดวางไอคอนแบบอิสระและไม่มีเส้นตาราง



ภาพที่ 1 รูปแบบการจัดวางรูปวงกลม (จาก Niemela, & Saariluoma (2003))



ภาพที่ 2 รูปแบบตารางกริดและประเภทของภาพ (จากณัฐธนนท์ หงส์วริทธิ์ธร และเกรียงไกร มะโนใจ (2558))

รูปแบบภาพไอคอนที่จัดวางเป็นหมวดหมู่และมีเส้นตาราง

รูปแบบภาพไอคอนที่จัดวางเป็นอิสระ และไม่มีเส้นตาราง

ภาพที่ 3 รูปแบบภาพไอคอนที่จัดวางกับเส้นตาราง (ชิษณุชา ชุ่มละมัย, ศศิธร ขำสงค์, มนัญชยา ไชยบุตร และณัฐธนนท์ หงส์วริทธิ์ธร, 2568)

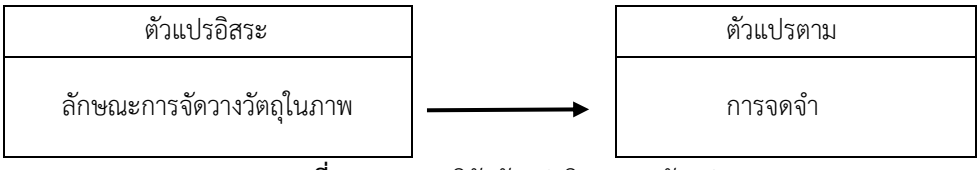
วัตถุประสงค์การวิจัย .

เพื่อศึกษาผลของรูปแบบการจัดวางวัตถุในภาพที่มีต่อการจดจำ

กรอบแนวคิดการวิจัย

จากการทบทวนวรรณกรรม จะเห็นได้ว่า ข้อมูลไม่ว่าเป็นข้อความหรือรูปภาพเมื่อนำมาจัดเป็นกลุ่มแล้วทำให้มนุษย์สามารถจดจำข้อมูลได้มากยิ่งขึ้น แต่งานวิจัยที่ผ่านมาเป็นการทดลองกับข้อมูลที่เป็นตัวเลข หรือตัวอักษร และกรณีที่เป็นภาพ ก็มิได้เป็นภาพที่มีลักษณะที่มีเป็นวัตถุแวดล้อมในสถานการณ์จริงในชีวิตประจำวัน กรอบงานวิจัยชิ้นนี้ (ดังแสดงในภาพที่ **4)** จึงเป็นการศึกษาถึงลักษณะการจัดวางวัตถุในภาพโดยใช้ภาพที่จำลองมาจากภาพจริงเพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุที่ใช้งานในชีวิตประจำวัน

ตัวแปรอิสระของงานวิจัยคือ วัตถุที่ถูกจัดเรียงในภาพ มี 2 ลักษณะ (วัตถุที่จัดวางเป็นระเบียบกับวัตถุที่จัดวางไม่เป็นระเบียบ) ตัวแปรตามของงานวิจัย คือ การจดจำวัตถุในภาพโดยวัดผลเป็นคะแนนจากแบบทดสอบความจำเกี่ยวกับวัตถุในภาพ



ภาพที่ 4 กรอบงานวิจัยตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม

นิยามคำศัพท์: การจัดวางวัตถุเป็นระเบียบ หมายถึง การจัดวางวัตถุในลักษณะที่มีการจัดกลุ่มของวัตถุ หรือจัดวัตถุตามหมวดหมู่ของวัตถุนั้น ๆ หรือจัดวัตถุตามเนื้อของวัตถุ หรือจัดวัตถุตามเนื้อหา เพื่อให้สะดวกในการเข้าถึง และใช้งานได้ง่าย

วิธีดำเนินการวิจัย

1.ระเบียบวิธีวิจัยที่ใช้ในการศึกษา

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นการศึกษารูปแบบการจัดวางวัตถุมีผลต่อการจดจำวัตถุในรูปของมนุษย์ เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงประจักษ์ของอิทธิพลของตัวแปรในงานวิจัยจึงใช้วิธีการดำเนินการวิจัยเชิงการทดลอง โดยมีสมมติฐานของงานวิจัย ดังต่อไปนี้

2. สมมติฐานของงานวิจัย

วัตถุที่จัดวางเป็นระเบียบในภาพช่วยให้หน่วยทดลองจดจำวัตถุได้มากกว่าวัตถุที่จัดวางไม่เป็นระเบียบ

3. รูปแบบการทดลองและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง

งานวิจัยนี้ใช้รูปแบบการทดลองแบบ between-subject design มีจำนวนกลุ่มการทดลองทั้งหมด 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มของภาพที่มีวัตถุการจัดวางเป็นระเบียบ และกลุ่มของภาพที่มีการจัดวางวัตถุไม่เป็นระเบียบ หน่วยทดลองในงานวิจัยเป็นนักศึกษาในระดับชั้นปริญญาตรี จำนวน 30 คน หน่วยทดลองจะถูกสุ่มเข้าแต่ละกลุ่มทดลอง (random assignment) กลุ่มละ 15 คนเท่าๆ กัน หน่วยทดลองเป็นนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ได้รับการทาบทามเพื่อเป็นอาสาสมัครเข้าร่วมการทดลองอย่างอิสระและได้แจ้งวัตถุประสงค์ของการทดลองให้ทราบก่อน (มิได้บังคับ)

4. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองประกอบภาพจำนวน 6 ภาพ ถูกสร้างขึ้นด้วยโปรแกรม Blender เป็นภาพที่สร้างด้วยการเลียนแบบภาพที่พบเห็นได้ทั่วไปในชีวิตประจำวัน ตัวอย่างรูปภาพที่ 5 และ 6 รูปภาพ 6 ภาพที่นำมาสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย ภาพห้องเรียน ภาพโรงอาหาร ภาพห้องนอนในหอพัก ภาพห้องทำงาน ภาพสนามเด็กเล่น และภาพห้องฟิสเนต แบ่งเป็นภาพที่มีการจัดวางวัตถุในภาพอย่างเป็นระเบียบ 6 ภาพ (ดังภาพ 7(a) - 12(a)) และภาพที่มีการจัดวางวัตถุในภาพแบบเป็นอิสระ 6 ภาพ (ดังภาพ 7(b) - 12(b)) ภาพหลักทั้ง 6 ภาพที่ใช้ในการทดลอง จะมีจำนวนวัตถุหลักในภาพ จำนวนแตกต่างกัน แต่จำนวนวัตถุในภาพจะเท่ากัน ทั้งภาพที่มีการจัดวางวัตถุเป็นระเบียบ กับภาพที่มีการจัดวางวัตถุไม่เป็นระเบียบ

ข้อคำถามที่ใช้ทดสอบความจำ มีทั้งหมด 20 คำถาม ภาพโรงอาหารและภาพห้องนอนในหอพัก จะมีจำนวนข้อคำถาม 4 ข้อ ส่วนภาพที่เหลือจะมีคำถามภาพละ 3 ข้อ คำถามที่ใช้ทดสอบแต่ละภาพจะมีข้อคำถามที่ประกอบด้วย 1) ข้อคำถามที่สอบถามถึงการปรากฏของวัตถุในภาพ 2) ข้อคำถามที่สอบถามถึงการไม่มีของวัตถุในภาพ หรือ 3) ข้อคำถามที่สอบถามถึงจำนวนวัตถุในภาพ หรือ 4) ข้อคำถามที่สอบถามถึงสีของวัตถุในภาพ ดังตัวอย่างคำถามของภาพห้องนอนในหอพัก ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างคำถามที่ใช้ทดสอบความจำวัตถุในภาพห้องนอนในหอพัก

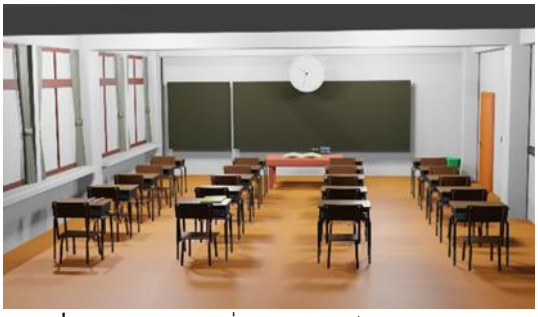
มีกางเกงอยู่ในภาพนี้หรือไม่ a. มี b.ไม่มี	มีคีย์บอร์ดอยู่ในภาพนี้หรือไม่ a. มี b.ไม่มี
แก้วน้ำในภาพนี้มีสีอะไร a. สีขาว b. สีเขียว c.สีน้ำเงิน d.สีส้ม	วัตถุใดต่อไปนี้ไม่อยู่ในภาพ a. ผ้าม่าน b. รูปปั้นแมว c.โคมไฟ d.หมอนข้าง

ภาพที่ 5 ห้องเรียน

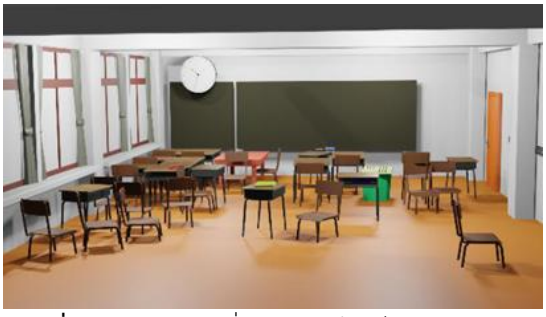
ที่มา: เดลินิวส์ วันพฤหัสบดี 26 มีนาคม 2558

ภาพที่ 6 โรงอาหาร

ที่มา: ศธ.360 องศา 20 มิถุนายน 2020



ภาพที่ 7(a) ห้องเรียนที่จัดวางวัตถุเป็นระเบียบ มีวัตถุในภาพทั้ง 32 ชิ้น



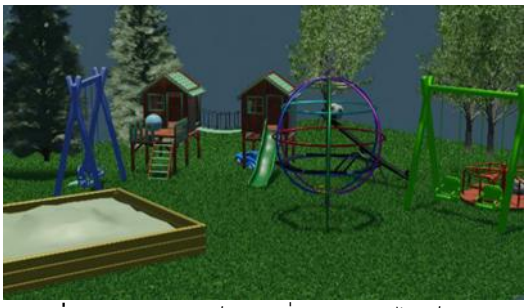
ภาพที่ 7(b) ห้องเรียนที่จัดวางวัตถุไม่เป็นระเบียบ มีวัตถุในภาพทั้ง 32 ชิ้น

ภาพที่ 8(a) โรงอาหารที่จัดวางวัตถุเป็นระเบียบ มีวัตถุในภาพทั้งหมด 53 ชิ้น

ภาพที่ 8(b) โรงอาหารที่จัดวางวัตถุไม่เป็นระเบียบ มีวัตถุในภาพทั้งหมด 53 ชิ้น

ภาพที่ 9(a) ฟิตเนสที่จัดวางวัตถุเป็นระเบียบ มีวัตถุในภาพทั้งหมด 30 ชิ้น

ภาพที่ 9(b) ฟิตเนสที่จัดวางวัตถุไม่เป็นระเบียบ มีวัตถุในภาพทั้งหมด 30 ชิ้น

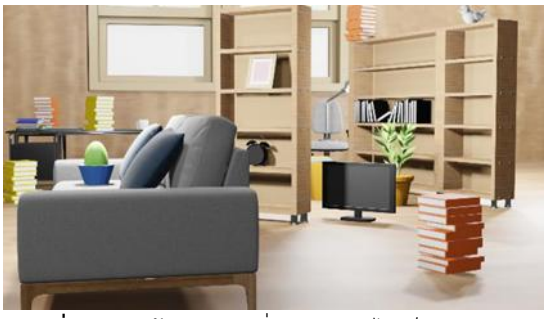


ภาพที่ 10(a) สนามเด็กเล่นที่จัดวางวัตถุเป็นระเบียบ มีวัตถุในภาพทั้งหมด 17 ชิ้น

ภาพที่ 10(b) สนามเด็กเล่นที่จัดวางวัตถุไม่เป็นระเบียบ มีวัตถุในภาพทั้งหมด 17 ชิ้น

ภาพที่ 11(a) ห้องนอนที่จัดวางวัตถุเป็นระเบียบ มีวัตถุในภาพทั้งหมด 27 ชิ้น

ภาพที่ 11(b) ห้องนอนที่จัดวางวัตถุไม่เป็นระเบียบ มีวัตถุในภาพทั้งหมด 27 ชิ้น



ภาพที่ 12(a) ห้องทำงานที่จัดวางวัตถุเป็นระเบียบ มีวัตถุในภาพทั้งหมด 22 ชิ้น

ภาพที่ 12(b) ห้องทำงานที่จัดวางวัตถุไม่เป็นระเบียบ มีวัตถุในภาพทั้งหมด 22 ชิ้น

5. ขั้นตอนในการดำเนินการทดลอง

หน่วยทดลองที่นั่งอยู่ให้หอสมุดกลางของมหาวิทยาลัยจะได้การทาบทามในเข้าร่วมเป็นอาสาสมัครในการทดลองครั้งนี้ โดยใช้เวลาเพียงไม่กี่นาที เมื่อหน่วยทดลองยินดีให้ความอนุเคราะห์แล้ว ผู้วิจัยจะได้อธิบายวัตถุประสงค์ของงานวิจัยและขั้นตอนการทดลอง หน่วยทดลองจะได้ทดลองเล่นเพื่อให้เกิดความคุ้นชินกับรูปแบบการทดลองเพื่อเป็นการลดปัจจัยแทรกซ้อนในการทดลอง หน่วยทดลองจะได้แจ้งว่า มีภาพทั้งหมด 6 ภาพ โดยหน่วยทดลองจะมีเวลาจดจำภาพแต่ละภาพ 15 วินาที ผู้

ทดลองจับเวลาด้วยมือถือ เมื่อครบเวลาหน่วยทดลองจะได้พบกับคำถามของแต่ละภาพทันที ทุกหน่วยทดลองจะได้เริ่มทดลองด้วยภาพตามลำดับเดียว ทั้งกลุ่มทดลองทั้งสองกลุ่ม

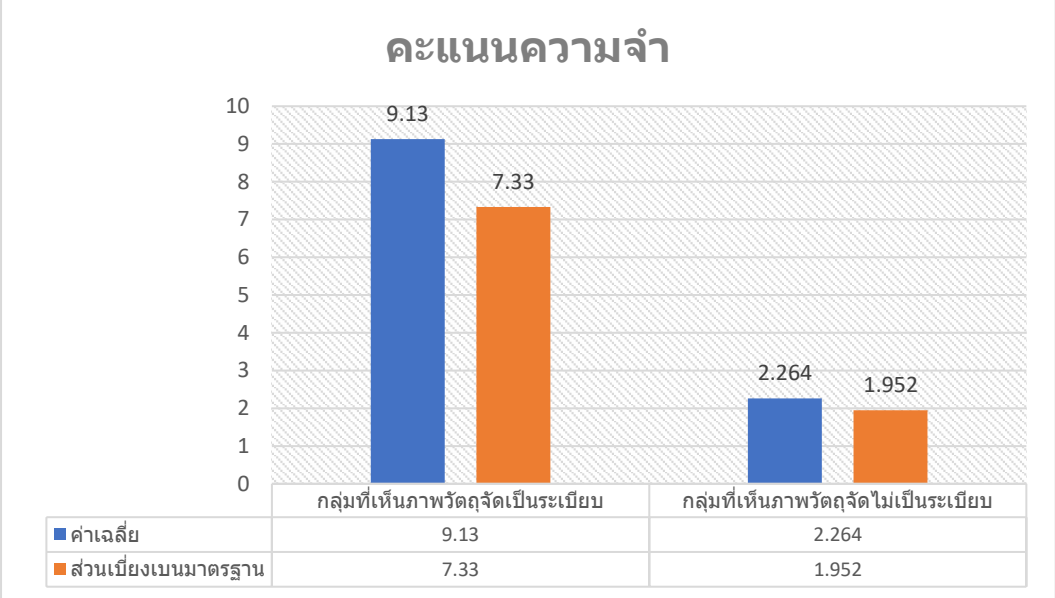
ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยชิ้นนี้มีเป้าหมายเพื่อศึกษาอิทธิพลของการจัดวางวัตถุ เมื่อทดลองกับหน่วยทดลอง 2 กลุ่มแล้ว เก็บคะแนนความจำวัตถุในภาพทั้งหมด 20 ข้อได้ ผลของคะแนนของทั้งสองกลุ่มได้ดังแสดงในภาพที่ 13

ผลการวิเคราะห์ Independent-sample t-test ระหว่างสองกลุ่ม ปรากฏว่า ค่าสถิติทดสอบ $t(28)=2.332$, $p < .05$ แสดงให้ว่า กลุ่มทดลองที่เห็นภาพที่มีวัตถุจัดวางเป็นระเบียบ ($M=9.13$, $SD=2.264$) สามารถจดจำวัตถุได้มากกว่ากลุ่มทดลองที่เห็นภาพที่มีวัตถุจัดวางไม่เป็นระเบียบ ($M=7.33$, $SD=1.95$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสนับสนุนสมมติฐานของงานวิจัย วัตถุที่จัดวางเป็นระเบียบในภาพช่วยให้หน่วยทดลองจดจำวัตถุได้มากกว่าวัตถุที่จัดวางไม่เป็นระเบียบ

ข้อค้นพบของงานวิจัยที่สนับสนุนงานวิจัยและทฤษฎีทางจิตวิทยาที่ผ่านมา หน่วยความจำเพื่อใช้ปฏิบัติงาน (Working Memory – WM) ซึ่งมีข้อจำกัดทั้งทางปริมาณการจดจำ แต่สามารถจดจำได้มากขึ้นด้วยการจัดกลุ่ม Chunking/organizing การจัดข้อมูลเป็นระเบียบ/หมวดหมู่ย่อมช่วยให้บุคคลสามารถจดจำข้อมูลเหล่านั้นได้มากขึ้น

ข้อค้นพบนี้ สามารถเป็นข้อแนะนำในการนำประยุกต์ในชีวิตจริง ถ้าบุคคลจัดระเบียบกับสิ่งหรือวัตถุรอบตัว ยอมช่วยให้การจดจำและเข้าถึงวัตถุรอบตัวได้สะดวกขึ้น เช่น การจัดของเครื่องใช้รอบตัว การจัดไอคอนบนหน้าจอมือถือ หรือไอคอนบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ และเป็นงานวิจัยที่สนับสนุนที่จะนำไปพัฒนาต่อยอดในงานวิจัยการพัฒนาสื่อการเรียนรู้เพื่อช่วยให้นักเรียนนักศึกษาเรียนรู้การจัดระเบียบ ย่อมช่วยให้นักเรียนสามารถพัฒนาประสิทธิภาพความจำในสภาวการณ์ที่มีข่าวสารเข้ามาอย่างต่อเนื่องในปัจจุบัน



ภาพที่ 13 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบคะแนนการจดจำของกลุ่มทดลอง 2 กลุ่ม

ข้อสังเกต ถึงแม้ว่ากลุ่มทดลองที่เห็นวัตถุในภาพจัดเป็นระเบียบจะสามารถตอบคำถามเกี่ยวกับความจำวัตถุในภาพได้มากกว่า กลุ่มทดลองที่เห็นวัตถุในภาพจัดไม่เป็นระเบียบอย่างมีนัยสำคัญนั้น แต่กลุ่มทดลองที่เห็นวัตถุจัดเป็นระเบียบก็ยังไม่สามารถทำผลการทดสอบได้ถึง 50% สาเหตุที่เป็นเช่นนั้น อาจจะเป็นข้อคำถามบางข้อ อาจจะมิใช้ข้อคำถามที่ดี เช่น คำถามที่อาจจะถามถึงความจำเกี่ยวกับวัตถุที่มีขนาดเล็กมาก ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีเกสตัลท์ (Gestalt Theory) ธรรมชาติการรับรู้ของมนุษย์เป็นการรับรู้ที่เป็นองค์รวม (Holistic View) มากกว่าการมองเน้นรายละเอียด (Idrees, 2024). (หน่วยทดลองทั้งสองกลุ่มไม่สามารถทำข้อทดสอบข้อนั้นได้

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยที่ต้องเพิ่มเติมในอนาคต งานวิจัยศึกษากับนักศึกษาจำนวน 30 คนในคณะเดียวเท่านั้น จึงควรทดลองซ้ำกับกลุ่มตัวอย่างที่หลากหลายเพิ่มเติมเพื่อยืนยันผลการวิจัย และจะมีการทดลองกับภาพเพิ่มเติมขึ้น เนื่องจากในหลายภาพนั้น มีวัตถุที่ขนาดเล็ก หน่วยทดลองอาจจะมองไม่เห็น และจำนวนเวลาที่ให้จดจำอาจจะน้อยเกินไป เมื่อเทียบกับ จำนวนเวลาในการทดลองทางจิตวิทยาอื่นที่ เป้าหมายที่ให้จดจำเป็นเพียงตัวอักษรหรือภาพวัตถุเดียว

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ นักศึกษาทุกคนผู้ที่เป็นอาสาสมัครเข้าร่วมการทดลองจนทำให้ผลการศึกษาสำเร็จในครั้งนี้ได้

อ้างอิง

ชิษณุชา ชุ่มละมัย, ศศิธร ขำสงค์, มนัญชยา ไชยบุตร และณัฐธนนท์ หงส์วริทธิ์ธร. (2568). ผลของปัจจัยรูปแบบการจัดวางและการมีเส้นตารางที่มีต่อการจดจำรูปไอคอน. การประชุมวิชาการระดับชาติพิบูลสงครามวิจัยครั้งที่ 10, พิษณุโลก, 14 มีนาคม 2568.

ณัฐธนนท์ หงส์วริทธิ์ธร และ เกรียงไกร มะโนใจ. (2558). การศึกษาปัจจัยรูปแบบกริดและรูปแบบภาพที่มีอิทธิพลต่อการจดจำรูปภาพ. วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ. ปีที่ 11, ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน, หน้า 1-11.

Craik, F. I. M., & Lockhart, R. S. (1972). Level of processing: A framework for memory research. Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 11, 671-684.

De Groot, A. (1965). Thought and choice in chess. The Hague: Mouton Publishers. In article Expert and ‘‘novice’’ problem solving strategies in chess: Sixty years of citing de Groot (1946). by Merim Bilalic´, Peter McLeod and Fernand Gobet. (2008). Thinking & Reasoning. Vol. 14 (4), 395 – 408.

Farmer, T. A. & Matlin, M. W. (2019). Cognition. 10th Edition. John. Wiley & Sons. Inc. New Jersey, USA.

Isherwood, S., Mcdougall, S.& Curry, M. B. (2007). Icon Identification in Context: The Changing Role of Icon Characteristics with User Experience. The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society. Vol. 49, No. 3, pp. 465-476.

Gilakjani, A. P. (2012). Analysis of Working Memory and Its Capacity Limit in Visual and Auditory Information. Theory and Practice in Language Studies, Vol. 2, No. 2, pp. 393-397.

Hitch, G. J., Allen, R. J. & Baddeley, A. D. (2025). The multicomponent model of working memory fifty years on.Quarterly Journal of Experimental Psychology. Vol. 78(2), 222 –239.

Idrees, F. (2024). Gestalt Laws of Perception in Real Life Settings. (April 25, 2024). Available at SSRN: https://ssrn.com/abstract=4807169 or http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4807169

Jagadeesh, A. B. & Uppunda, A. K. (2020). Role of Rehearsal Language in Working Memory. Journal of All India Institute of Speech and Hearing (JAIISH), Vol 39, pp 31-38.

Johnson, N. F. (1970). The Role of Chunking and Organization in The Process of Recall. Psychology of Learning and Motivation. Volume 4, 171-247. (Abstract).

Lazar, J., Feng, J. H. & Hochheiser, H, (2017). Research Methods in Human-Computer Interaction. 2nd Edition. Morgan Kaufmann.

Niemela, M., & Saariluoma, P. (2003). Layout attributes and recall. Behaviour & Information Technology, Vol. 22, No. 5, 353-363.

Norris, D. (2017). Short-term memory and Long-term memory are still different. Psychological Bulletin. Advance online publication. http://dx.doi.org/10.1037/bul0000108.

Sperling, G. (1960). The information available in brief visual presentations. Psychological monographs: General and applied, Vol. 74, No. 11, 1.

Suppawittaya, P., & Pratchayapong, Y. (2021). The Comparison of Chunking Method to Enhance the Cognitive Capacity of Short-term Memory to Retain Textual Information among High School Students. International Journal of Research in STEM Education (IJRSE), Vol. 3, No. 1, 27-35. Available online at: https://journals.researchsynergypress.com/index.php/ijrse

Thalmann, M., Souza, A. S., & Oberauer, K. (2019). How does chunking help working memory?. Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, Vol 45(1), Jan 2019, 37-55.

Zhong,W., Katkov, M., & Tsodyks, M. (2024). Hierarchical Working Memory and a New Magic Number. bioRxiv, Preprint version. Accessed on April, 27, 2025. **doi:** https://doi.org/10.1101/2024.08.14.607952.

O 27

“จิบกาแฟ แลเล เขเรือ เขควาย” การท่องเที่ยววิถีวัฒนธรรมของชาวมุสลิมเกาะสุกร อำเภอปะเหลียน จังหวัดตรัง

จำเริญ จิตรหลัง[1]*

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาประวัติความเป็นมา บริบท และทุนทางวัฒนธรรมบริเวณตำบลเกาะสุกร 2) ศึกษากระบวนการจัดการท่องเที่ยววิถีวัฒนธรรมแบบมีส่วนร่วมของตำบลเกาะสุกร 3) ร่วมกันสร้างแนวทางการส่งเสริมการท่องเที่ยวและส่งเสริมให้เกิดวัฒนธรรมชุมชนบนฐานทุนทางวัฒนธรรมและวิถีชุมชน มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้จากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่สำคัญ จำนวน 33 คน การเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้วิธีการสัมภาษณ์เชิงลึก การสนทนากลุ่ม และการสังเกตอย่างมีส่วนร่วม ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลโดยการมีแหล่งข้อมูลหลายแหล่งและใช้หลายวิธีในการศึกษา วิเคราะห์ข้อมูลและสะท้อนข้อมูลอย่างต่อเนื่องตลอดการวิจัย วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ระเบียบวิจัยเชิงคุณภาพ ด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า เกาะสุกรหรือที่เรียกกันว่า เกาะหมูเป็นตำบลหนึ่งของอำเภอปะเหลียน จังหวัดตรัง เป็นพื้นที่ที่ตั้งอยู่กลางทะเล ตัวเกาะขนานกับแนวชายฝั่งและห่างจากฝั่งเพียง 3 กิโลเมตร มีเนื้อที่ทั้งหมดประมาณ 8570 ไร่ หรือประมาณ 14 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบสลับเนินเขา เกาะสุกรเริ่มมีคนกลุ่มแรกเข้ามาอยู่เมื่อประมาณ 200 ปีมาแล้ว ในส่วนของการจัดการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมของชาวมุสลิม ตำบลเกาะสุกร อาศัยกลุ่มภาคีเครือข่ายต่างๆ ในชุมชนที่มีบทบาทในกระบวนการจัดการท่องเที่ยววิถีวัฒนธรรมแบบมีส่วนร่วม จากกลุ่มต่าง ๆ นอกจากนี้ในกระบวนการการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมดังกล่าวยังได้ดำเนินการโดยการมีส่วนร่วมกับภาคีเครือข่ายองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นและภาคส่วนราชการอื่นๆ การร่วมกันสร้างแนวทางการส่งเสริมการท่องเที่ยวให้เกิดวัฒนธรรมชุมชนบนฐานทุนทางวัฒนธรรมและวิถีชุมชน ร่วมกันรวบรวมและบันทึกประวัติศาสตร์ของตำบลเกาะสุกร ทั้งนี้เพื่อแสดงถึงนัยยะของคุณค่าและความหมายของวิถีชีวิตที่มีความผูกพันกับทะเล เป็นการสร้างความตระหนักรู้ให้คนในพื้นที่และร่วมกันออกแบบผลิตภัณฑ์ของที่ระลึก ให้กับนักท่องเที่ยว

คำสำคัญ: จิบกาแฟ แลเล เขเรือ เขควาย การท่องเที่ยววิถีวัฒนธรรม

[1]ตำแหน่ง ข้าราชการบำนาญ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาตรัง เขต 1 จังหวัดตรัง รหัสไปรษณีย์ 92000

[1]Position, Retired Civil Servants, Trang Primary Educational Service Area Office 1,Trang, 92000

Corresponding Author: Jumrernyahoo.com, Tel: 094-583-9464

“Sipping Coffee Glancing Sea and Rolling Boat and Buffalo” : Cultural Tourism of the Sukorn Island, Palian District, Trang Province

Jumrern Jitlung[1*]

Abstract

This research articles aims to 1) study the history, context and cultural capital of Koh Sukorn, 2) study the process of participatory cultural tourism management in Koh Sukorn, 3) jointly create guidelines for promoting tourism and promoting community lifestyles. A total of 33 participants were selected using a purposive sampling method. Data collection methods included in-depth interviews, focus group discussions, and participatory observations. Data validation was conducted through triangulation using multiple sources and methods, with continuous analysis and reflection throughout the research process. A qualitative research approach was applied, using content analysis. Research Findings Sukorn Island, also known as "Pig Island," is a subdistrict in Palian District, Trang Province. It is located in the middle of the sea, parallel to the coastline, and is only 3 kilometers from the mainland. The island covers an area of approximately 8,750 rai (about 14 square kilometers), consisting of plains and rolling hills. The first settlers arrived about 200 years ago, The cultural tourism model in Sukorn Island relies on the collaboration of various local networks, In addition, the management process involves cooperation with local administrative organizations and government agencies, ensuring sustainable and community-driven tourism development. Developing Strategies to Promote Cultural Tourism and Strengthen Community Culture. Documenting Sukorn Island’s History–This initiative aims to preserve and communicate the island’s historical and cultural significance, fostering awareness among local communities. Designing Local Souvenirs–The community has collaboratively developed souvenirs for tourists.

Key words: Sipping Coffee, Glancing Sea ,and Rolling Boat and Buffalo, Cultural Tourism

บทนำ

ตำบลเกาะสุกรหรือที่คนทั่วไปเรียกว่า “เกาะหมู” เป็นตำบลหนึ่ง ในเขตอำเภอปะเหลียน จังหวัดตรัง ก็พื้นที่หนึ่งที่มีลักษณะเป็นเกาะอยู่กลางทะเลที่ตั้งอยู่ห่างชายฝั่งเพียง 3 กิโลเมตร มีหาดทรายสวยงามเหมาะแก่การพักผ่อนหลายแห่ง กลางทะเลมีเกาะเล็กเกาะใหญ่ ซึ่งนับเป็นทิวทัศน์ที่งดงาม ซึ่งแม้จะมีชื่อว่า "เกาะสุกร" แต่บนเกาะกลับมีประชากรชาวไทยมุสลิม ดำรงชีวิตอยู่หนาแน่น มีวิถีชีวิตความเป็นอยู่เรียบง่าย มีความสัมพันธ์แบบเครือญาติ ซึ่งนับเป็นวิถีชีวิตพอเพียง ที่มีเสน่ห์เป็นอย่างมาก

“จิบกาแฟ” ภาษาชาวตำบลเกาะสุกรหรือชาวเกาะหมู่เรียกว่า “ กินกูปี๋” การจิบกาแฟนั้นถือว่าเป็นการนำเอาวิถีชีวิตหรือวัฒนธรรมของคนทั่วๆไป ในท้องถิ่นตำบลเกาะสุกร ซึ่งเป็นสังคมมุสลิม มักนิยมจิบชา กาแฟหรือกูปี๋ ในตอนเช้าตรู่ก่อนจะออกไปทำงานในแต่ละวันก่อนออกไปจับปลาหรือหลังจากตัดยางพาราเสร็จแล้ว กาแฟที่มักนิยมใช้ในตำบลเกาะสุกร ได้แก่ กาแฟพื้นบ้าน กาแฟสด และกาแฟกึ่งสำเร็จรูปหรือกาแฟซอง กาแฟกึ่งสำเร็จรูปหรือกาแฟผงคือวิถีชีวิตที่เรียบง่ายและราคาถูก เป็นกาแฟซองกึ่งสำเร็จรูป ทั่วไปที่สามารถเติมน้ำร้อนแล้วดื่มได้เลย หรือกาแฟผงต้องมีภาชนะชง ซึ่งการจิบกาแฟของชาวเกาะหมูนั้นมีเครื่องเคียง อาหารเช้าและขนมที่กินคู่กับน้ำชาและกาแฟ ที่มีความโดดเดนเฉพาะตัว ได้แก่ ปาท่องโก๋ หรือที่ชาวบ้านเกาะหมูทั่วๆไป เรียกว่า ขนมมัน ขนมจะโก้ย “แลเล” เป็นภาษาท้องถิ่นภาคใต้ “แล” หมายถึง การมองดู การชม การเฝ้ามอง คำว่า “เล” มาจากคำว่า “ทะเล” เพราะฉะนั้น คำว่า “แลเล” จึงหมายถึง การมอง เฝ้ามอง การดูทะเล หรือการสัมผัสกับธรรมชาติทางทะเล และในความหมายของการวิจัยครั้งนี้ หมายถึง การนั่งมองทะเลหรือการขี่เรือมองทะเลบริเวณรอบๆ เกาะสุกร หรือบริเวณเกาะใกล้เคียง “เขเรือ”คำว่า “เข” เป็นภาษาท้องถิ่นใต้หมายถึง “ขี่” หรือ “นั่ง” ในความหมายนี้จึงหมายความว่า การแล่นเรือ เขเรือในบริเวณรอบๆ เกาะสุกร และการเขเรือไปท่องเที่ยวตามเกาะต่างๆ รอบๆ เกาะสุกร “เขควาย” คำนี้ คำว่า “เข” เป็นภาษาท้องถิ่นใต้หมายถึง “ขี่” หรือ “นั่ง” ในความหมายนี้จึงหมายความว่า “การขี่ควาย” หรือ “การนั่งบนหลังควาย” ซึ่งควายมีความสัมพันธ์กับคนเกาะสุกร คือการใช้ควายไถนา ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยต้องการศึกษาการท่องเที่ยววิถีวัฒนธรรมของชาวมุสลิมเกาะสุกร อำเภอปะเหลียน จังหวัดตรัง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาประวัติความเป็นมา บริบท และทุนทางวัฒนธรรมบริเวณตำบลเกาะสุกร
2. เพื่อศึกษากระบวนการจัดการท่องเที่ยววิถีวัฒนธรรมแบบมีส่วนร่วมของตำบลเกาะสุกร
3. เพื่อร่วมกันสร้างแนวทางการส่งเสริมการท่องเที่ยวและส่งเสริมให้เกิดวัฒนธรรมชุมชนบนฐานทุนทางวัฒนธรรมและวิถีชุมชน

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยผู้วิจัยใช้ทั้งวิธีการสัมภาษณ์ การสนทนากลุ่มและการสังเกตกับกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 33 คน โดยผู้วิจัยใช้วิธีการศึกษา ค้นคว้า จากเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ศึกษา วิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องกับตำบลเกาะสุกร การสัมภาษณ์จะสัมภาษณ์ปราชญ์ชาวบ้านในอดีตที่มีความรู้เกี่ยวกับความเป็นมาของตำบลเกาะสุกร จำนวน 2 คน และการสนทนากลุ่มกับกลุ่มต่างๆในตำบลเกาะสุกร จำนวน 31 คน ซึ่งใช้วิธีการสนทนากลุ่มเพียงครั้งเดียวจากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา ตามระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. ประวัติความเป็นมา บริบท และทุนทางวัฒนธรรมบริเวณตำบลเกาะสุกร

เกาะสุกรหรือที่เรียกกันว่า เกาะหมู เป็นเกาะที่มีประวัติศาสตร์ความเป็นมาที่ยาวนาน โดยพื้นที่ประกอบด้วย 4 หมู่บ้าน จุดแข็งของพื้นที่คือการมีทรัพยากรชายฝั่งที่หลากหลาย ทั้งทรัพยากรป่าชายเลน หญ้าทะเล แนวปะการัง ชายหาด และสัตว์น้ำหลากหลายชนิด มีทรัพยากรธรรมชาติที่อุดมสมบูรณ์ ประชาชนในพื้นที่ร่วมกันอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และดำรงวิถีชีวิตของชุมชนมุสลิมไว้อย่างเข้มแข็ง การอยู่ร่วมกันเป็นแบบเครือญาติจึงมีจิตใจเอื้ออาทรต่อกัน รวมถึงมีอัธยาศัยที่

เป็นมิตรกับนักท่องเที่ยวด้วย สอดคล้องกับ Thongphat, N. et al. (2010) ได้ศึกษาพบว่า เกาะสุกร มีทรัพยากรทางธรรมชาติที่อุดมสมบูรณ์ทั้งทางบกและทางทะเล ชุมชนเป็นชุมชนมุสลิมส่วนใหญ่ มีวิถีชีวิตความเป็นอยู่ที่เรียบง่าย มีความสัมพันธ์แบบเครือญาติกัน สอดคล้องกับ Jitlang, R. (2016) ได้กล่าวว่า เกาะสุกรเป็นพื้นที่เกาะเพียงแห่งเดียวของจังหวัดตรัง ที่ยังอนุรักษ์การทำนาแบบพื้นบ้านและยังมีฝูงควายจำนวนมากที่สุดด้วย เป็นเอกลักษณ์โดดเด่นอยู่คู่กับชุมชนมาช้านานแล้ว สามารถปลูกข้าวหอมมะลิและหอมมะลิแดง ผลผลิตใช้บริโภคบนเกาะสุกร แบ่งปันอาหารในชุมชนแตกต่างไปจากเกาะอื่นๆ ที่ต้องซื้อข้าวจากภายนอกจนเป็นที่สนใจของนักท่องเที่ยวไทยและต่างชาติมากินนอนกับชาวบ้านเกาะสุกร เพื่อศึกษาวิถีชีวิตการทำนานับตั้งแต่ไถ หว่าน ดำไปจนเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้นปีละนับร้อยคนและสอดคล้องกับเจตนา อินยะรัตน์และสุญาพร ส้อตระกูล (2560) ที่ศึกษาพบว่า การศึกษาศักยภาพของเกาะสุกรเป็น 3 มิติ มิติลักษณะทางกายภาพ มิติด้านทรัพยากร มิติด้านวัฒนธรรมเป็นวิถีชีวิตของชาวมุสลิม การประกอบอาชีพที่เป็นเอกลักษณ์คือการทำประมง การทำสวนยาง การทำนาข้าวและปลูกแตงโมเป็นพืชเศรษฐกิจ รวมถึงมีภูมิปัญญาท้องถิ่นการทำจักสาน ใบเตยปาหนัน การทำผ้าบาติก ประเพณีการปล่อยควายสู่ทะเล สำหรับในส่วนของการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมของชาวมุสลิมตำบลเกาะสุกรนั้น มีความหลากหลายของกิจกรรมการท่องเที่ยว ทั้งการจิบกาแฟ แลเล เขเรือ เขควาย ซึ่งเป็นการนั่งจิบกาแฟ แลเล นั่งชมธรรมชาติของทะเล การเขเรือ นั่งชมธรรมชาติของเกาะต่างๆ และทะเล ตลอดจนการนั่งเรือชมธรรมชาติของทะเล และการเขควายหรือการชมควายลงเล่นน้ำทะเลเป็นสิ่งดึงดูดทางการท่องเที่ยวและผลิตภัณฑ์ทางการท่องเที่ยวหลักของชุมชนเกาะสุกร ผลการศึกษา พบว่า แหล่งท่องเที่ยวส่วนใหญ่เป็นการท่องเที่ยวแบบเรียนรู้วิถีชีวิตของชุมชนมุสลิมตำบลเกาะสุกร สำหรับนักท่องเที่ยวที่สนใจเรียนรู้กิจกรรมในชุมชนตำบลเกาะสุกร การทำกิจกรรมเรียนรู้กับชุมชน โดยเฉลี่ยใช้เวลาในการท่องเที่ยว 2 วัน 1 คืน โดยตำบลเกาะสุกรมีกลุ่มรถซาเล้งไว้บริการจัดการท่องเที่ยวรอบเกาะ และมีเรือหัวโทงในการบริการนักท่องเที่ยว ชมธรรมชาติของทะเลตามเกาะต่าง ๆ ที่อยู่รอบเกาะสุกร ซึ่งสอดคล้องกับหลักการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนของ อุษาวดี พูลพิพัฒน์ (2545) ที่กล่าวว่า การท่องเที่ยวที่รองรับกิจกรรมในท้องถิ่นจะพัฒนาคุณค่าของสิ่งแวดล้อมไว้ และยังป้องกันสิ่งแวดล้อมไม่ให้ถูกทำลายอีกด้วย สอดคล้องกับงานวิจัยของจุฑาทิพย์ จันทร์เอียด (2561:66) ที่ได้ศึกษาพบว่าในพื้นที่ตำบลเกาะสุกร มีทรัพยากรการท่องเที่ยวที่มีศักยภาพ ได้แก่ ธรรมชาติ ที่มีความโดดเด่น วัฒนธรรมที่มีความโดดเด่น มีมหกรรมและปรากฏการณ์ที่มีความสำคัญ มีกิจกรรมที่มีความโดดเด่นและการบริการต่าง ๆ เพื่อรองรับนักท่องเที่ยวเหมาะแก่การท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์

ภาพที่ 1 ตำบลเกาะสุกร อำเภอปะเหลียน จังหวัดตรัง

แหล่งที่มาของภาพ : ผู้วิจัย

2. กระบวนการจัดการท่องเที่ยววิถีวัฒนธรรมแบบมีส่วนร่วมของตำบลเกาะสุกร

กระบวนการจัดการท่องเที่ยววิถีวัฒนธรรมแบบมีส่วนร่วมของตำบลเกาะสุกรโดยการดำเนินการจัดการท่องเที่ยวนั้นเกิดขึ้นจากภาคีเครือข่ายของชุมชนต่างๆ ที่มีบทบาทในกระบวนการจัดการท่องเที่ยววิถีวัฒนธรรมแบบมีส่วนร่วม จากกลุ่มต่าง ๆ ประกอบด้วย กลุ่มวิสาหกิจชุมชนโฮมสเตย์/ที่พัก กลุ่มสถานประกอบการร้านอาหาร กลุ่มแม่บ้านเครื่องแกง กลุ่มรถซาเล้ง กลุ่มปลูกแตงโม กลุ่มทำนา กลุ่มผ้าปาติกและปาเต๊ะ และผ้ามัดย้อม กลุ่มเรือโดยสาร กลุ่มทำขนม/อาหาร กลุ่มเลี้ยงควาย กลุ่มการทำประมง/การแปรรูปผลิตภัณฑ์ประมงและกลุ่มทำสวนยางพารา ซึ่งผู้วิจัยใช้ทั้งวิธีการสนทนากลุ่ม ผลจากการมีส่วนร่วมในการจัดการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมของภาคีเครือข่ายกลุ่มต่างๆ ทำให้เกิดกฎ กติกาหรือมาตรการต่าง ๆ ในการจัดการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม สำหรับด้านการมีส่วนร่วมของชุมชน การดำเนินงานชุมชนเกาะสุกรยังไม่มีรูปแบบกลุ่มการท่องเที่ยวที่ชัดเจน ชุมชนเกาะสุกรเป็นผู้ให้บริการกับนักท่องเที่ยวมุ่งเน้นด้านวิถีชีวิตชุมชนและวัฒนธรรมของชุมชน มีการสร้างการมีส่วนร่วมทางอ้อมในด้านการรองรับการท่องเที่ยวในชุมชน ในด้านการคงไว้ซึ่งวิถีชีวิตและขนบธรรมเนียม

ประเพณีของชุมชน และการมีส่วนร่วมทางอ้อมของประชาชนท้องถิ่นในชุมชนเกาะสุกรที่มีการประกอบอาชีพอื่น ซึ่งเป็นการสอดคล้องกับสิ่งที่องค์การการท่องเที่ยวโลก (World Tourism Organization) กล่าวว่า การท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนเกี่ยวข้องกับ (1) การดำเนินกิจการการท่องเที่ยวภายใต้ความสามารถในการรองรับของธรรมชาติ ชุมชน ขนบธรรมเนียม ประเพณี วัฒนธรรม และวิถีชีวิตความเป็นอยู่ของชุมชน (2) ความตระหนักในกิจกรรมการท่องเที่ยวที่จะมีผลกระทบต่อชุมชน ขนบธรรมเนียม วัฒนธรรมประเพณีและวิถีชีวิตความเป็นอยู่ของชุมชน (3) การมีส่วนร่วมชุมชนและการกระจายรายได้ให้กับชุมชน และ (4) การเชื่อมร้อยประสานความจำเป็นต่อการพัฒนาทางเลือกของชุมชนและกำหนดแผนงานทางเศรษฐกิจการดำรงอยู่ของชุมชนและการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและวัฒนธรรมท้องถิ่นในแหล่งท่องเที่ยวนั้น ๆอย่างยั่งยืน (WTO, 2011 อ้างถึงใน เจตนา อินยะรัตน์และสุญาพร ส้อตระกูล,2560) สอดคล้องกับเชภาดร จันทร์หอม (2560) ได้ศึกษาวิจัยการท่องเที่ยวชุมชนเชิงนิเวศยั่งยืนภูมินิเวศน์เขา ป่า นา เล 4 ชุมชน ในจังหวัดตรัง พบว่าการจัดการท่องเที่ยวโดยชุมชน 1) เกิดกฎกติกาหรือมาตรการชุมชน เช่น มาตรการลดละเลิกเหล้า ข้อตกลงการจัดการขยะ พื้นที่ปลอดบุหรี่ 2) เกิดกลไกระบบโครงสร้างชุมชนที่พัฒนาขึ้นใหม่ เช่น กลไกสภาผู้นำ, กองทุนของชุมชน 3) เกิดต้นแบบพื้นที่เรียนรู้หรือแหล่งเรียนรู้ในระดับชุมชน มีการรวมกลุ่มในการจัดการท่องเที่ยวโดยชุมชน กรณีบ้านเขาหลัก บ้านลำขนุนที่กระจายรายได้ให้สมาชิกกลุ่มท่องเที่ยวผ่านการปันผล และกรณีบ้านนาหมื่นศรี เริ่มจากงานอนุรักษ์ฟื้นฟูภูมิปัญญา ต่อมาพัฒนาเป็นแหล่งเรียนรู้ ศึกษาดูงาน และพัฒนาต่อยอดทำเรื่องการจัดการท่องเที่ยว มีการพัฒนาเรื่องที่พัก อาหารและผลิตภัณฑ์ของฝากของที่ระลึก สอดคล้องกับวิภวานี เผือกบัวขาวและสาโรช เผือกบัวขาว (2561) ที่ได้ศึกษา พบว่าการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวโดยการมีส่วนร่วมประกอบด้วย 5 ด้าน ดังนี้ 1) ด้านนโยบาย สนับสนุนจากภาครัฐ 2) ด้านพัฒนาและทักษะการทำงาน 3) ด้านการมีส่วนร่วมของชุมชน 4) ด้านความปลอดภัยและ 5) ด้านการสื่อสารองค์กร และควรออกนโยบายจัดทำโครงการต่าง ๆ ส่งเสริมการเรียนรู้ให้สมาชิกชุมชนไปดูงานและมีการตั้งกลุ่มผู้รับผิดชอบ ในด้านความปลอดภัยให้ทุกภาคส่วนร่วมมือกันสร้างความร่วมมือกับชุมชนและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการประชาสัมพันธ์แหล่งท่องเที่ยวในชุมชนที่ชัดเจน และส่งเสริมให้สมาชิกในชุมชน แบ่งปันโอกาสและพื้นที่ในการทำมาหากินอย่างเท่าเทียมกัน เพื่อก่อให้เกิดการกระจายรายได้สู่สมาชิกทุกคนในชุมชน สอดคล้องกับสราวรรณ์ เรืองกัลปวงศ์ และอรรนพ เรืองกัลป์ปวงศ์ (2559) ที่ได้ศึกษาพบว่า ปัจจัยภาวะผู้นำในการสร้างแรงบันดาลใจมีผลต่อการพัฒนาการมีส่วนร่วมในการจัดการการท่องเที่ยวของชุมชน ทั้งนี้จากปัจจัยดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยได้ใช้เป็นแนวทางในคัดเลือกประเด็นปัญหาและผู้ให้ข้อมูลสำคัญในการต่อยอดการวิจัย โดยการมีส่วนร่วมของชุมชน สอดคล้องกับเจตนา อินยะรัตน์และสุญาพร ส้อตระกูล (2560) ได้ศึกษาเรื่องแนวทางการจัดการการท่องเที่ยวเชิงวิถีชีวิตชุมชนของเกาะสุกร จังหวัดตรัง ผู้วิจัยแบ่งการศึกษาศักยภาพของเกาะสุกรเป็น 3 มิติ มิติลักษณะทางกายภาพ มิติด้านทรัพยากร มิติด้านวัฒนธรรมเป็นวิถีชีวิตของชาวมุสลิม การประกอบอาชีพที่เป็นเอกลักษณ์ คือ การทำประมง การทำสวนยาง การทำนาข้าวและปลูกแตงโมเป็นพืชเศรษฐกิจ รวมถึงมีภูมิปัญญาท้องถิ่น การทำจักสาน ใบเตยปาหนัน การทำผ้าบาติก ประเพณีการปล่อยควายสู่ทะเล

ภาพที่ 2 จิบกาแฟ
แหล่งที่มาของภาพ : ผู้วิจัย

ภาพที่ 3 แลเล
แหล่งที่มาของภาพ : ผู้วิจัย

ภาพที่ 4 เขเรือ
แหล่งที่มาของภาพ : ผู้วิจัย

ภาพที่ 5 แกงไก่ตายาย
แหล่งที่มาของภาพ : ผู้วิจัย

ภาพที่ 6 ขนมตาหยาบ
แหล่งที่มาของภาพ : ผู้วิจัย

ภาพที่ 7 ขนมแนหรำ
แหล่งที่มาของภาพ : ผู้วิจัย

ภาพที่ 8 หาดแตงโม
แหล่งที่มาของภาพ : ผู้วิจัย

ภาพที่ 9 ควายลงเล่นน้ำทะเล
แหล่งที่มาของภาพ : ผู้วิจัย

ภาพที่ 10 คนเขควาย
แหล่งที่มาของภาพ : ผู้วิจัย

3. การร่วมกันสร้างแนวทางการส่งเสริมการท่องเที่ยวให้เกิดวัฒนธรรมชุมชนบนฐานทุนทางวัฒนธรรมและวิถีชุมชน

การร่วมกันสร้างแนวทางการส่งเสริมการท่องเที่ยวให้เกิดวัฒนธรรมชุมชนบนฐานทุนทางวัฒนธรรมและวิถีชุมชนระหว่างการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ โดยผู้วิจัยกับสถานประกอบการ มีการร่วมกันสร้างนวัตกรรมใหม่เพื่อให้เกิดประโยชน์กับพื้นที่ระหว่างนักวิจัย นักวิจัยในพื้นที่ซึ่งมีความเห็นพ้องกันและเกิดเป็นนวัตกรรมกลับคืนให้กับชุมชน คือ ร่วมกันรวบรวมและบันทึกประวัติศาสตร์ของตำบลเกาะสุกร และวิถีชีวิตของชุมชนตำบลเกาะสุกร ประกอบด้วย มิติด้านสังคม มิติด้านทรัพยากรทางธรรมชาติ มิติด้านวัฒนธรรม มิติด้านขนบธรรมเนียมประเพณีท้องถิ่น ร่วมกันออกแบบผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกให้กับนักท่องเที่ยว และร่วมกันออกแบบโปรแกรมทัวร์ ทั้งนี้เพราะว่าเกาะสุกรมีศักยภาพการท่องเที่ยวจากเอกลักษณ์ทางวัฒนธรรมของเกาะสุกร ประกอบด้วยศักยภาพของทรัพยากรที่เป็นสิ่งดึงดูดใจทางการท่องเที่ยว ความสามารถในการเข้าถึง การเชื่อมโยงระบบการขนส่ง สิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ ที่รองรับนักท่องเที่ยว การจัดการและการบริการของแหล่งท่องเที่ยว ศักยภาพและความพร้อมของที่พัก ศักยภาพด้านการจัดกิจกรรมบนเกาะ เกาะสุกรมีทรัพยากรธรรมชาติที่อุดมสมบูรณ์ ประชาชนในพื้นที่ร่วมกันอนุรักษ์ทรัพยากร ธรรมชาติ และดำรงวิถีชีวิตของชุมชนมุสลิมไว้อย่างเข้มแข็ง การอยู่ร่วมกันเป็นแบบเครือญาติจึงมีจิตใจกระแสวัฒนธรรม เอื้ออาทรต่อกันรวมถึงมีอัธยาศัยที่เป็นมิตรกับนักท่องเที่ยว สอดคล้องกับเชภาดร จันทร์หอม (2560) ได้ศึกษาวิจัยการท่องเที่ยวชุมชนเชิงนิเวศยั่งยืนภูมินิเวศน์เขา ป่า นา เล 4 ชุมชน ในจังหวัดตรัง พบว่าผลการจัดการท่องเที่ยวโดยชุมชน 1) เกิดกฎ กติกาหรือมาตรการชุมชน เช่น มาตรการลดละเลิกเหล้า ข้อตกลงการจัดการขยะ พื้นที่ปลอด บุหรี่ 2) เกิดกลไก ระบบโครงสร้างชุมชนที่พัฒนาขึ้นใหม่ เช่น กลไกสภาผู้นำ, กองทุนของชุมชน 3) เกิดต้นแบบพื้นที่เรียนรู้หรือแหล่งเรียนรู้ในระดับชุมชนมีการรวมกลุ่มในการจัดการท่องเที่ยวโดยชุมชน กรณีบ้านเขาหลัก บ้านลำขนุนที่กระจายรายได้ให้สมาชิกกลุ่มท่องเที่ยวผ่านการปันผล และกรณีบ้านนาหมื่นศรี เริ่มจากงานอนุรักษ์ฟื้นฟูภูมิปัญญา ต่อมาพัฒนาเป็นแหล่งเรียนรู้ศึกษาดูงาน และพัฒนาต่อยอดทำเรื่องการจัดการท่องเที่ยว มีการพัฒนาเรื่องที่พัก อาหารและผลิตภัณฑ์ของฝากของที่ระลึก สอดคล้องกับงานวิจัยของธรรมจักร เล็กบรรจง (2562) ที่ได้ศึกษาการจัดการท่องเที่ยวแบบ Slow Tourism โดยการมีส่วนร่วมของชุมชนเกาะสุกร จังหวัดตรังผลการวิจัยพบว่า (1) ปัจจัยด้านการสื่อสารและประชาสัมพันธ์ ด้านนโยบายของหน่วยภาครัฐและองค์กรที่เกี่ยวข้อง และด้านภาวะผู้นำชุมชน เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการมีส่วนร่วมในการจัดการการท่องเที่ยวแบบ Slow Tourism ของชุมชนเกาะสุกรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 (2) รูปแบบการจัดการการท่องเที่ยวผู้วิจัยใช้แนวคิดการจัดการท่องเที่ยวชุมชนร่วมกับแกนนำชุมชน (3) ผลการประเมินรูปแบบการจัดการท่องเที่ยวแบบ Slow Tourism พบว่า

มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้พัฒนาการจัดการท่องเที่ยวของชุมชนในทุกองค์ประกอบ โดยมีแนวทางการพัฒนาที่สำคัญ ได้แก่ การส่งเสริมการประชาสัมพันธ์อย่างต่อเนื่อง ส่งเสริมการมีส่วนร่วมของชุมชนในการจัดกิจกรรมการท่องเที่ยว Slow Tourism ที่หลากหลายควบคู่กับการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมการจัดกิจกรรมการท่องเที่ยวของชุมชนให้มีประสิทธิภาพและสามารถขับเคลื่อนการท่องเที่ยวแบบ Slow Tourism ของชุมชนเกาะสุกรได้อย่างยั่งยืน สอดคล้องกับ Benjamin F. Timms และ Dennis Conway (2012) ได้กล่าวถึงผลจากการจัดการการท่องเที่ยวแบบ Slow Tourism บริเวณหมู่เกาะแคริบเบียน โดยคนในท้องถิ่นเองจากการเปิดโอกาสให้ชุมชนเป็นเจ้าของแหล่งท่องเที่ยว ซึ่งปันผลกำไรบางส่วนกลับมาดูแลแหล่งท่องเที่ยว ตลอดจนคนในท้องถิ่นมีรายได้ การเป็นเจ้าของร้านอาหาร เจ้าของที่พักและจัดนำเที่ยวได้ด้วยตัวเองโดยไม่ต้องพึ่งกลุ่มทุนภายนอก อันสะท้อนให้เห็นค่าใช้จ่ายของนักท่องเที่ยวโดยส่วนใหญ่ตกอยู่ในกลุ่มท้องถิ่น และสอดคล้องกับงานวิจัยของจุฑาทิพย์ จันเอด (2561) ได้ศึกษา การพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์จากเอกลักษณ์ทางวัฒนธรรม และความหลากหลายของทรัพยากรทางธรรมชาติในพื้นที่เกาะสุกร อำเภอปะเหลียน จังหวัดตรัง ผลการวิจัยพบว่า ในพื้นที่เกาะสุกร อำเภอปะเหลียน จังหวัดตรัง มีทรัพยากรการท่องเที่ยวที่มีศักยภาพ ได้แก่ ธรรมชาติที่มีความโดดเด่น วัฒนธรรมที่มีความโดดเด่น มีมหกรรมและปรากฏการณ์ที่มีความสำคัญมีกิจกรรมที่มีความโดดเด่นและการบริการต่างๆเพื่อรองรับนักท่องเที่ยวเหมาะแก่การท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์

สรุปผลการวิจัย

1. ประวัติความเป็นมา บริบท และทุนทางวัฒนธรรมบริเวณตำบลเกาะสุกร

เกาะสุกรหรือที่เรียกกันว่า เกาะหมู เป็นพื้นที่ที่ตั้งอยู่กลางทะเล ตัวเกาะขนานกับแนวชายฝั่งและห่างจากฝั่งเพียง 3 กิโลเมตร มีเนื้อที่ทั้งหมดประมาณ 8,750 ไร่ หรือประมาณ 14 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบสลับเนินเขา เกาะสุกรเริ่มมีคนกลุ่มแรกเข้ามาอยู่เมื่อประมาณ 200 ปีมาแล้ว ตระกูลแรก คือตระกูลเจะสา ชนกลุ่มสองมาตั้งรกรากถาวร เป็นคนเชื้อสายพัทลุง ชื่อโต๊ะสดัน กับโต๊ะไหม มีลูกเต็มเกาะคือ ตระกูลเจ๊ะสา และเทศนอก ต่อมาก็มีตระกูล ไชยมล หลงเก็ม และจิตรหลัง เป็นคนมุสลิมซึ่งอยู่ไม่ไกลจากเกาะ โดยย้ายมาจากบ้านหยงสตาร์ อำเภอปะเหลียน อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง บางส่วนมาจากอำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูล เกาะสุกรมีส่วนปกครองระดับท้องถิ่นคือ องค์การบริหารส่วนตำบลตั้งอยู่บนเกาะ โดยพื้นที่ประกอบด้วย 4 หมู่บ้าน จุดแข็งของพื้นที่คือการมีทรัพยากรชายฝั่งที่หลากหลาย ทั้งทรัพยากรป่าชายเลน หญ้าทะเล แนวปะการัง ชายหาดและสัตว์น้ำหลากชนิดรวมถึงมีปราชญ์ชาวบ้านที่มีความรู้ด้านต่าง ๆ

“จิบกาแฟ” ภาษาชาวตำบลเกาะสุกรหรือชาวเกาะหมูเรียกว่า “ กินโกปี๋/กูปี๋” “แลเล” เป็นภาษาท้องถิ่นภาคใต้ “แล” หมายถึง การมองดู การชม การเฝ้ามอง คำว่า “เล” มาจากคำว่า “ทะเล” เพราะฉะนั้น คำว่า “แลเล” จึงหมายถึง การมอง เฝ้ามอง การดูทะเล หรือการสัมผัสกับธรรมชาติทางทะเล และในความหมายของการวิจัยครั้งนี้ หมายถึง การนั่งมองทะเล หรือการขี่เรือมองทะเลเพื่อซึมซับธรรมชาติ “เขเรือ” คำนี้ คำว่า “เข” เป็นภาษาท้องถิ่นใต้หมายถึง “ขี่” หรือ “นั่ง” ในความหมายนี้จึงหมายความว่า การแล่นเรือ ซึ่งเป็นการนำเรือของชาวประมงในตำบลเกาะสุกรซึ่งเป็นชาวเลในพื้นที่เป็นเรือที่นำนักท่องเที่ยว ไปท่องเที่ยวตามท้องทะเลรอบๆบริเวณเกาะสุกร และ“เขควาย” คำนี้ คำว่า “เข” เป็นภาษาท้องถิ่นใต้หมายถึง “ขี่” หรือ “นั่ง” ในความหมายนี้จึงหมายความว่า “การขี่ควาย” หรือ “การนั่งบนหลังควาย” หรือการชมควายลงเล่นน้ำทะเล

2. กระบวนการจัดการท่องเที่ยววิถีวัฒนธรรมแบบมีส่วนร่วมของตำบลเกาะสุกร

ในส่วนของการจัดการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมของชาวมุสลิม ตำบลเกาะสุกร อาศัยกลุ่มภาคีเครือข่ายต่างๆ ในชุมชนที่มีบทบาทในกระบวนการจัดการท่องเที่ยววิถีวัฒนธรรมแบบมีส่วนร่วม จากกลุ่มต่าง ๆ ดังนี้ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนโฮมสเตย์/ที่พัก กลุ่มสถานประกอบการร้านอาหาร กลุ่มแม่บ้านเครื่องแกง กลุ่มรถซาเล้ง กลุ่มปลูกแตงโม กลุ่มทำนา กลุ่มผ้าปาติกและปาเต๊ะ และผ้ามัดย้อม กลุ่มเรือโดยสาร กลุ่มทำขนม/อาหาร กลุ่มเลี้ยงควาย กลุ่มการทำประมง/การแปรรูปผลิตภัณฑ์ประมง และกลุ่มทำสวนยางพารา นอกจากนี้ในกระบวนการการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมดังกล่าวยังได้ดำเนินการโดยการมีส่วนร่วมกับภาคีเครือข่ายองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นและภาคส่วนราชการอื่นๆ

3. การร่วมกันสร้างแนวทางการส่งเสริมการท่องเที่ยวให้เกิดวัฒนธรรมชุมชนบนฐานทุนทางวัฒนธรรมและวิถีชุมชน

3.1 ร่วมกันรวบรวมและบันทึกประวัติศาสตร์ของตำบลเกาะสุกร ทั้งนี้เพื่อแสดงถึงนัยยะของคุณค่าและความหมายของวิถีชีวิตที่มีความผูกพันกับทะเล เป็นการสร้างความตระหนักรู้ให้คนในพื้นที่ โดยเฉพาะชาวประมงชายฝั่งให้เห็นคุณค่าของทรัพยากรที่ต้องการหวงแหนและทุนทางวัฒนธรรมและวิถีชีวิตที่โดดเด่น จนสามารถนำมาปรับใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการจัดการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมให้เกิดขึ้นได้อย่างยั่งยืน

3.2 ร่วมกันออกแบบผลิตภัณฑ์ของที่ระลึก ให้กับนักท่องเที่ยว ได้แก่ ซากเปลือกหอย กิ่งไม้ลูกทุ่น หมวกของที่ระลึก โลชั่นทาผิว น้ำมันมะพร้าว สบู่ล้างหน้าน้ำมันมะพร้าว โมบายเปลือกหอยวงเดือน ม่านตกแต่งจากเศษผ้ามัดย้อมน้ำมันกัวชา สมุนไพรธรรมชาติ การแปรรูปอาหารทะเล ผลิตภัณฑ์ปูปอกเปลือกอาหารที่ทำมาจากเนื้อปูม้าและกะปิ

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณกรมส่งเสริมวัฒนธรรมที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยในครั้งนี้

อ้างอิง

จุฑาทิพย์ จันเอียด. (2561). **การพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์จากเอกลักษณ์ทางวัฒนธรรมและความหลากหลายของทรัพยากรทางธรรมชาติในพื้นที่เกาะสุกร อำเภอปะเหลียน จังหวัดตรัง.** มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

เจตนา อินยะรัตน์และสุญาพร ส้อตระกูล. (2560). **แนวทางการจัดการท่องเที่ยวเชิงวิถีชีวิตชุมชนของเกาะสุกร จังหวัดตรัง.** คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.

เชภาดร จันทร์หอม. (2560). **วิจัยการท่องเที่ยวชุมชนเชิงนิเวศยั่งยืนภูมินิเวศน์ เขา ป่า นา เล จังหวัดตรัง.** กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ.

ธรรมจักร เล็กบรรจง. (2562). **การจัดการท่องเที่ยวแบบ Slow Tourism โดยการมีส่วนร่วมของชุมชนเกาะสุกร จังหวัดตรัง.** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.

วิภวานี เผือกบัวขาวและสาโรช เผือกบัวขาว. (2561). กลยุทธ์การพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวโดยการมีส่วนร่วมขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น จังหวัดเพชรบุรีบนฐานแนวคิดเศรษฐกิจพอเพียง. **Veridian E-Journal, Silpakorn University**. 11,2 (พฤษภาคม-สิงหาคม): 509-524.

สราวรรณ์ เรืองกัลป์ปวงศ์ และอรรนพ เรืองกัลป์วงศ์. (2559). ปัจจัยที่ส่งผลต่อการจัดการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมแบบมีส่วนร่วมของชุมชนเกาะเกร็ด อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี. **SDU Research Journal Humanities and Social Sciences, Suan Dusit University.** 12,3 (สิงหาคม-ธันวาคม) :113-132.

อุษาวดี พลพิพัฒน์. (2545). การท่องเที่ยวแบบยั่งยืน กรณีศึกษาการท่องเที่ยวเชิงนิเวศโดยชุมชนในประเทศไทย. **จุลสารการท่องเที่ยว.** (ตุลาคม-ธันวาคม),38-48.

Benjamin, F., & Dennis, C. (2012). Slow Tourism at the Caribbean's Geographical Margins. Tourism Geographies: **An International Journal of Tourism Space, Place and Environment**, 14 (3). 396-418.

Jitlang, Ratri. (2016). **Preparation for Developing Freshwater Pond in the Sea to become the New Tourism Destination**. Retrieved July 5, 2016, from Mo–chit Program Staff.

Thongphat, Nirat. et al. (2010). **The Study on the Potential of Tourism Management by Community Koh Sukorn Subdistrict, Phrarean District, Trang Province**. Bangkok: The Thailand Research Fund, Local Research Department.

O 28

ส่งเสริมการตระหนักรู้ถึงคุณค่า ความสำคัญ และนวัตกรรม“ประเพณีไหว้ผีโบ่” ในฐานะ “มรดกวัฒนธรรม” ในพื้นที่อำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูล

เก็ตถวา บุญปราการ 1[1]* เจตน์สฤษฎ์ สังขพันธ์ 2[2] ชุติมา ทัศโร3[3] เชาวนี แก้วมโน4[3] ตรัยภูมินทร์ ตรีตรีศวร5[3]
ชุติมา หวังเบ็ญหมัด6[4] อริสรา บุญรัตน์7[3] สุภาวดี ธรรมรัตน์8[3] ไกรษร วงศ์พรัด9[5] ปัญญา เทพสิงห์10[6]
อภิรักษ์ จันทวงศ์11[7] สุดาพร ทองสวัสดิ์12[8] นันทิยารัตน์ สุริโย13[8] และนันทรัฐ สุริโย14[8]

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมการตระหนักรู้ถึงคุณค่า ความสำคัญ และนวัตกรรมของประเพณีไหว้ผีโบ่ในฐานะมรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมในพื้นที่อำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูล วิธีวิจัยใช้วิธีการเชิงคุณภาพและวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม เก็บรวบรวมข้อมูลจากการสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วม สื่อสารส่วนบุคคลแบบเจาะลึกผู้ให้ข้อมูลสำคัญ จำนวน 26 คน สาธิตให้ความรู้ และฝึกปฏิบัติการออกแบบหน้ากากผีโบ่ให้แก่นักเรียนโรงเรียนอนุบาลทุ่งหว้า จัดประกวดแข่งขันการทำหน้ากากผีโบ่ นำหน้ากากผีโบ่ไปเป็นต้นแบบบนเสื้อและกระเป๋าเพื่อสร้างเศรษฐกิจชุมชน วิเคราะห์ข้อมูลโดยการนำข้อมูลมาจำแนกหมวดหมู่ตามประเด็น ตีความ สร้างข้อสรุป และนำเสนอเชิงพรรณนาวิเคราะห์ ผลการวิจัยพบว่า การส่งเสริมการตระหนักรู้ถึงคุณค่าและความสำคัญของประเพณีไหว้ผีโบ่สามารถส่งเสริมได้หลากหลายคือ ส่งเสริมผ่านกระบวนการเรียนรู้ กระบวนการมีส่วนร่วมทุกภาคส่วนผ่านขบวนแห่ในงานประเพณีไหว้ผีโบ่ ก่อให้เกิดการอนุรักษ์สืบสานถ่ายทอดประเพณีจากรุ่นสู่รุ่น การออกร้านจำหน่ายสินค้าของวิสาหกิจชุมชนก่อให้เกิดกิจกรรมทางเศรษฐกิจ การจัดกิจกรรมยังเชื่อมโยงถึงนวัตกรรมที่ก่อให้เกิดคุณค่าและมูลค่า โดยการให้เยาวชนได้มีส่วนร่วมในการออกแบบหน้ากากผีโบ่เพื่อให้เกิดความตระหนักถึงคุณค่า และความสำคัญของงานประเพณีไหว้ผีโบ่ตลอดจนการนำต้นแบบหน้ากากผีโบ่ที่เยาวชนออกแบบไปปรากฏบนเสื้อและกระเป๋าเพื่อให้เกิดความภาคภูมิใจในผลงานที่ตนเองร่วมรังสรรค์ และสามารถต่อยอดเพิ่มรายได้ให้กับชุมชนได้อีกด้วย

คำสำคัญ: ประเพณีไหว้ผีโบ่ มรดกภูมิปัญญาวัฒนธรรม ความเชื่อของคนจีน ผีไร้ญาติ

---

[1] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร., อาจารย์ประจำคณะศึกษาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110

[2] ดร., ผู้อำนวยการหลักสูตรการจัดการมหาบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมการพัฒนามนุษย์และองค์การ คณะรัฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110

[3] ดร., อาจารย์ประจำคณะศึกษาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110

[4] ดร., อาจารย์ประจำคณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110

[5] อาจารย์ประจำคณะรัฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110

[6] รองศาสตราจารย์ ดร., อาจารย์ประจำคณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110

[7] อาจารย์ประจำวิทยาลัยประมงติณสูลานนท์ ตำบลพะวง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

[8] นักวิจัยอิสระ

[1]Assist Prof Dr., Faculty of Education Foundation and Liberal Arts, Hatyai University, Hat Yai District, Songkhla Province

[2]Lecturer, Dr., Director of Master of Management (Human and Organization Development Innovation), Faculty of Political Sciences, Hatyai University, Hat Yai District, Songkhla Province

[3] Lecturer, Dr., Faculty of Education Foundation and Liberal Arts, Hatyai University, Hat Yai District, Songkhla Province

[4]Lecturer, Dr., Faculty of Business School, Hatyai University, Hat Yai District, Songkhla Province

[5] Lecturer, Faculty of Political Sciences, Hatyai University, Hat Yai District, Songkhla Province

[6] Assoc Prof Dr., Faculty of Liberal Arts, Prince of Songkla University, Hat Yai District, Songkhla Province

[7] Lecturer, Tinsulanonda Fisheries College, Southern Vocational Institute of Agriculture, Songkhla

[8] Freelance Researcher

* **Corresponding author, E-mail:** kettawa@hotmail.com; kettawa@hu.ac.th 0862971458

Promoting awareness of the value, importance and innovation of the “Phi Bo Worship Tradition” as a “Cultural Heritage” in Thung Wa District, Satun Province

Kettawa Boonprakarn 1[1] Jedsarid Sangkapan 2[2] Chutima Thutsaro3[3], Chaowanee Kaewmano4[3], Triphumin Treetreesual5[3], Chutima Wangbenmud6[4] Arisara Boonrat7[3], Supawadee Thammarat8[3], Krisorn Wongprud9[5], Punya Tepsing10[6], Apirak Janthawong11[7] Sudaporn Thongsawat12[8] Nanthiyarat Suriyo13[8] and Nuntharat Suriyo14[8]

Abstract

This research article aims to promote awareness of the value, significance and innovation of the Phi Bo worship tradition as a cultural heritage in Thung Wa District, Satun Province. The research method used qualitative research and participatory action research. Data were collected through non-participant observation, in-depth interviews with 26 key informants, demonstrations and training on the design of Phi Bo masks for students at Tung Wa Kindergarten School, and a Phi Bo mask making competition, where the Phi Bo masks were used as prototypes on shirts and bags to create a community economy. Analyze data by categorizing data according to issues, interpreting, conclusions., and presented in a descriptive analysis. The research results found that promoting awareness of the value and importance of the Phi Bo worship tradition can be promoted in various ways, namely through the learning process, promoting through the participation process of all sectors through the procession in the Phi Bo worship tradition, leading to the preservation and continuation of the tradition from generation to generation, setting up shops selling products by community enterprises, leading to economic activities, organizing activities that also connect to innovations that create value and worth by allowing youth to participate in designing Phi Bo masks to create awareness of the value and importance of the Phi Bo worship tradition, as well as using the Phi Bo mask prototypes designed by youth to appear on shirts and bags to create pride in the work they have jointly created and can further develop to generate income for the community.

Keywords: Phi Bo worship tradition, cultural heritage, Chinese beliefs, homeless ghosts

บทนำ

มนุษย์มีความเชื่อในอำนาจลึกลับเหนือธรรมชาติ ภูตผีวิญญาณ สืบต่อกันมาช้านาน เมื่อมีเหตุการณ์ที่มนุษย์ไม่สามารถอธิบายได้ จึงสันนิษฐานว่าเป็นเพราะภูตผี วิญญาณ หรือเทวดา เพราะเข้าใจว่ามีอำนาจเหนือตนเป็นผู้ดลบันดาล นอกจากนั้นยังพบว่ามนุษย์มีความเชื่อในธรรมชาติ เทพเจ้า ผีบรรพบุรุษ (ดนัย ไชยโยธา 2538) ความเชื่อที่มีต่อเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาตินั้นว่า เป็นเพราะมีอำนาจลึกลับหรือสิ่งศักดิ์สิทธิ์บันดาลให้เกิดขึ้น ดังนั้น มนุษย์จึงคิดหาวิธีที่จะให้ได้รับความปลอดภัยให้สิ่งศักดิ์สิทธิ์ที่มีอำนาจเหล่านั้นเมตตาปราณีจึงประกอบพิธีกรรม เพื่อแสดงความกตัญญูกตเวที เมื่อได้รับประโยชน์จากอำนาจเหล่านั้น ดังนั้นความเชื่อและวิถีชีวิตของมนุษย์จึงสามารถศึกษาได้จากพิธีกรรมที่มนุษย์ในสังคมได้แสดงออก ถือว่าเป็นการปรับสมดุลระหว่างธรรมชาติกับมนุษย์ Robert Redfield นักมานุษยวิทยา (Redfield, 1953 อ้างถึงใน นิยพรรณ (ผลวัฒนะ) วรรณศิริ , 2540, น.51) กล่าวว่ามีอยู่ 2 วิธี คือ การปรับตนเองเข้าหาธรรมชาติด้วยการลงนั่งกราบไหว้ธรรมชาติ เรียกว่า พิธีกรรม ส่วนอีกวิธีหนึ่งเป็นการปรับธรรมชาติเข้าหาตัวมนุษย์ ซึ่งเป็นวิธีการของมนุษย์สมัยใหม่ และวิธีปรับธรรมชาติเข้าหาตนแบบนี้เรียกว่าวิทยาศาสตร์ ศาสนา (ศรีศักร วัลลิโภดม, 2542) ดังนั้น ความเชื่อจึงเป็นวัฒนธรรมอย่างหนึ่งของมนุษย์และได้มีการสืบทอดจนกลายเป็นมรดกของสังคม มีบทบาทในการกำหนดวิถีชีวิตของมนุษย์ในสังคม ดังปรากฏให้เห็นในรูปของพิธีกรรมและขนบประเพณีของแต่ละกลุ่มชนที่มนุษย์แสดงพฤติกรรมตอบสนองความเชื่อ เช่นเดียวกับงานศึกษาของกลิ่น คงเหมือน (2552) ได้อธิบายไว้ว่ามนุษย์เชื่อว่ามีอำนาจลึกลับดลบันดาลให้เกิดผลดี ผลร้าย จึงกลัวอำนาจลึกลับนั้น และคิดว่าทำอย่างไรจึงไม่ถูกลงโทษ ทำอย่างไรจึงเกิดผลดีและเกิดความสุขแก่ตน

ความเชื่อเหล่านี้ทำให้เกิดพิธีกรรมเพื่อเชื่อมความสำคัญกับโลกแห่งความคิดและจิตวิญญาณ ในงานศึกษาของพรรณี ฉัตรพลรักษ์ และคณะ (2548) ได้อธิบายไว้ว่า การนับถือวิญญาณบรรพบุรุษเป็นความเชื่อและพิธีกรรมที่สำคัญอย่างหนึ่งของมนุษย์ โดยเชื่อว่าเมื่อมนุษย์ตายแล้วจะไม่สูญสิ้น แต่จะมีดวงวิญญาณเหลืออยู่และออกจากร่างกาย แล้วท่องเที่ยวอยู่ คอยดูแลความสุขความทุกข์ของลูกหลาน ความเชื่อดังกล่าวนี้เป็นเหตุให้เกิดการเคารพบูชาดวงวิญญาณบรรพบุรุษขึ้น โดยเหตุผล 3 ประการ คือ ประการแรก การเคารพบูชา เพราะความภาคภูมิใจจากมรดกของบรรพบุรุษ ประการที่สอง การเคารพบูชาเพราะความกตัญญูรู้คุณต่อบรรพบุรุษ และประการที่สาม การเคารพบูชาเพราะความเกรงกลัวว่าดวงวิญญาณนั้น ๆ จะมาทำร้ายแก่ลูกหลาน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของณฐกร แก้วจุลกาญจน์ (2556) และมูลนิธิสารานุกรมวัฒนธรรมไทย (2542) ที่อธิบายไว้ว่าความเชื่อพื้นฐานของชาวบ้านภาคใต้ โดยทั่วไปเป็นลักษณะเดียวกันกับผู้คนในภูมิภาคอื่น ชาวบ้านส่วนใหญ่ยังตกอยู่ในอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ โดยความเชื่อว่าสิ่งแวดล้อมดังกล่าวมีอำนาจเหนือคน สามารถบันดาลให้เกิดคุณและโทษแก่ตนได้ ระบบความเชื่อ อันประกอบด้วย ศาสนา คุณค่า และพิธีกรรม จึงตั้งอยู่บนพื้นฐานของความเชื่อผีสาง ความเชื่อพราหมณ์แบบพุทธ อันเป็นความเชื่อในลักษณะที่ผสมผสานเข้าด้วยกัน ที่เรียกว่า พุทธศาสนาแบบชาวบ้าน เช่น ความเชื่อและประเพณีเกี่ยวกับชีวิต ความเชื่อในผีบรรพบุรุษ ความเชื่อในผีเจ้าที่หรือเทวดาอารักษ์ ความเชื่อว่ามนุษย์สามารถติดต่อกับดวงวิญญาณได้

เช่นเดียวกันความเชื่อเกี่ยวกับผีโป่ ของกลุ่มคนจีนที่อพยพเข้ามาทำมาหากินในพื้นที่อำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูล ช่วงก่อนสงครามโลกครั้งที่ 2 ที่มีกลุ่มคนจีนแผ่นดินใหญ่ล้มตายเป็นจำนวนมาก จึงได้มีการทำพิธีกรรมไหว้ผีโป่จนเกิดเป็นประเพณีไหว้ผีโป่มาจนถึงปัจจุบันนี้ ผีโป่เป็นการไหว้ผีที่หมายถึงผี 3 กลุ่ม ประกอบด้วย (สนิท เอี้ยวซิโป, สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 30 ตุลาคม 2568, เห้า เอี้ยว, สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 28 สิงหาคม 2567) กลุ่มแรกจะถูกคุมขังอยู่ในแดนยมโลก ได้รับการปลดปล่อยให้ออกมาท่องเที่ยวบนโลกในเดือนสารทจีนของทุกปี สิ้นเดือนก็ต้องกลับไปยังแดนกักขังต่อไป ชาวจีนเชื่อกันว่ากลุ่มนี้เป็นผีชั้นต่ำและดุร้าย ถือกันว่าเดือนนี้เป็นเดือนแห่งผี ถ้าผู้ใดป่วยไข้ในช่วงเดือนนี้ อาการป่วยจะหนัก คนจีนเรียกผีเหล่านี้ว่า “ฮ้อเฮียตี๋” แปลว่าพี่น้องที่ดี ถือว่าเป็นการนับญาติกันเป็นเคล็ดให้ลดความรู้สึกดุร้ายน่ากลัวลง กลุ่มที่สองคือผีหมู่ หมายถึงกลุ่มคนจีนที่ต้องล้มตายเสียชีวิตลง

คราวละจำนวนมาก ทั้งที่เป็นเครือญาติ เพื่อนร่วมชาติด้วยอุบัติเหตุภัยพิบัติต่าง ๆ เช่น ในยุคสมัยที่ชาวจีนต้องเดินทางอพยพจากแผ่นดินใหญ่ไปหาแหล่งทำกินใหม่ยังดินแดนไกลโพ้น ด้วยเรือพาหนะเดินทางคราวละจำนวนมาก แล้วได้รับอุบัติเหตุภัยพิบัติระหว่างเดินทาง เรือล่มจมลงในมหาสมุทรทะเลลึก ทำให้ผู้โดยสารลูกเรือต้องเสียชีวิตลงทั้งลำเรือ หรืออุบัติเหตุภัยพิบัติใด ๆ ที่ทำให้เกิดโศกนาฏกรรมในลักษณะนี้ ซึ่งเป็นที่เศร้าสลดเสียใจกับผู้ได้รับรู้ข่าวคราว ผู้เสียชีวิตเหล่านี้เรียกว่า ผีหมู่ ส่วนกลุ่มที่สาม คือผีไม่มีญาติ หมายถึงผีไม่มีญาติทั่วไป แต่จะให้ความสำคัญกับผีไม่มีญาติในอำเภอทุ่งหว้าเป็นสำคัญ กล่าวคือในอดีตคนจีนจากปีนังเริ่มทยอยกันมาตั้งถิ่นทำมาหากินที่นี่ตั้งแต่ยังเป็นหมู่บ้านเล็ก ๆ เรียกว่า “บ้านอุเป” เกือบร้อยปีต่อมาบ้านเมืองเจริญขึ้นเรียกว่า “เมืองสุไหงอุเป” เป็นเมืองท่าส่งออกสินค้าพริกไทยติดต่อค้าขายกับเมืองปีนัง ตึกแถวในตลาดสร้างเป็นแบบสถาปัตยกรรมชิโนโปตุกีสเช่นเดียวกับเมืองปีนัง เมืองนี้จึงได้ชื่อว่า “เมืองปีนังน้อย” ต่อมาเมื่อถึงยุคเมืองสุไหงอุเปตกต่ำ ผู้คนส่วนใหญ่เป็นชาวจีนพากันอพยพออกไปทิ้งหลุมศพของบรรพบุรุษเครือญาติไว้ทั่วไปตามที่อยู่อาศัย ให้รกร้างไม่มีผู้ดูแลเช่นไหว้ในเทศกาลเชงเม้งเป็นที่น่าเวทนากับผู้ที่พบเห็น เรียกหลุมศพดังกล่าวว่า “ผีไม่มีญาติ” ในปีพ.ศ. 2486 สมาคมจีนจากเมืองปีนังมาขุดรื้อเก็บกระดูกจากหลุมศพเหล่านั้นนำไปแยกฝัง เป็นหลุมศพรวมตามสกุลแซ่ ไว้ที่สุสานจีน (กงสีสั้ว) หน้าที่ว่าการอำเภอทุ่งหว้า (โรม กลัดทอง, สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 28 สิงหาคม 2567) ต่อมาในปีพ.ศ. 2509 สมาคมมูลนิธิจังหวัดตรังมาทำพิธีรื้อหลุมศพเก่าที่สุสานนี้ ทำให้หลุมศพรวมดังกล่าวถูกรื้อไปด้วย คงเหลืออยู่เพียงหลุมศพรวมของคนตระกูลแซ่ลิ้มหลุมเดียวเท่านั้น เป็นกลุ่มผีไม่มีญาติที่ให้ความสำคัญในพิธีไหว้ผีโป่ (สนธิ ลิ่มสายหั้ว, สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 18 พฤศจิกายน 2567, สมคิด หล่อสุพรรณพร, สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 7 สิงหาคม 2566)

จากความเชื่อดังกล่าวจึงเกิดเป็นพิธีกรรม เมื่อเป็นระยะเวลานานขึ้นจึงกลายเป็นประเพณีไหว้ผีโป่อันเป็นมรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมสำคัญที่ยึดโยงกับความเชื่อของคนจีนในเขตอำเภอทุ่งหว้า พื้นที่อุทยานธรณี สตูล หรืออีกนัยหนึ่งเรียกว่า “สุไหงอุเป อุทยานธรณี เนอเกอรี เซอตุล มัมบัง เซอการา” (เอกวิทย์ สินวรพันธุ์, 2561) ประเพณีไหว้ผีโป่เป็นการตีความเชิงสัญลักษณ์ในการทำให้ผีที่ดุร้ายกลายเป็นผีที่ดี ไม่มารบกวนลูกหลานให้เกิดความกลัวก่อให้เกิดความเจริญรุ่งเรืองแก่คนที่ประกอบพิธีกรรม ในขณะเดียวกันก็สะท้อนให้เห็นว่าลูกหลานเป็นคนที่มีความกตัญญูและเอื้อเฟื้อต่อผีบรรพบุรุษ ผีหมู่ และผีไม่มีญาติ (สนธิ ลิ่มสายหั้ว, สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 18 พฤศจิกายน 2567) ยุคแรกการไหว้ผีโป่ได้แยกกระทำเป็นตระกูลแต่ละตระกูลไป ต่อมาเมื่อแต่ละตระกูลมีลูกหลานมากขึ้น จึงได้มาทำพิธีไหว้ร่วมกันเป็นพิธีใหญ่เพียงครั้งเดียว เพื่อทำบุญอุทิศให้แก่ผู้ที่ตายไปแล้ว ไม่มีญาติคอยทำบุญอุทิศส่วนกุศลไปให้ ผีพวกนี้ โบราณเรียกว่า“ลี่” ถือเป็นผีชั่วร้าย การไหว้ผีไม่มีญาติเป็นกิจกรรมสำคัญที่ขาดไม่ได้ นอกจากไหว้ในวันสารทจีน 15 ค่ำ เดือน 7 แล้วยังไหว้ในวัน 1 ค่ำ และ วัน 30 ค่ำ ซึ่งเป็นวันเปิดประตูยมโลก และปิดประตูยมโลกอีกด้วย (ธมกฤษณ์ แสงฉาย, สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 27 สิงหาคม 2567, วรศิษฎ์ เลียงประสิทธิ์, สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 9 กันยายน 2566, นิกร เอี้ยวชิโป, สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 4 สิงหาคม 2567) สมัยโบราณจัดสถานที่ไหว้นอกเมือง เรียกว่า “ลี่ถาน” อิทธิพลพุทธศาสนาทำให้ทัศนะของผีกลุ่มนี้เปลี่ยนไปเป็นผีที่น่าสงสาร จนปัจจุบันเรียกผีกลุ่มนี้ว่า “ฮอเฮียตี๋”แปลว่า “พี่น้องที่ดี” การไหว้ผีกลุ่มนี้ไม่ไหว้ในบ้าน นิยมไหว้ริมถนนหนทาง ชายน้ำ ไหว้ผีหัวหลาด (บริเวณตลาดหน้าโรงภาพยนตร์ทุ่งหว้าเก่า) ไหว้กลางเมือง ปัจจุบันการไหว้ “ฮอเฮียตี๋” ยกไปไหว้รวมกันเป็นกิจกรรมของชุมชน โดยเรียไรเงิน ข้าวของไปจัดพิธี “ซีโกว”ไหว้ผีไม่มีญาติหลังวันสารทจีน พิธีทิ้งกระจาด (ซีโกว) เป็นการจัดข้าวสาร อาหารแห้ง เครื่องอุปโภคบริโภคใส่อ่างหรือกระจาด หลักการสำคัญของพิธีคือ แจกทานแก่คนยากจนอุทิศส่วนกุศลแก่ผีไร้ญาติ เอาข้าวของที่มีผู้บริจาคมาแจกแก่ผู้มารับทานซึ่งส่วนมากเป็นคนยากจน ต้องจัดก่อนวัน 30 ค่ำ เดือน 7 อันเป็นวัน “ปิดประตูยมโลก” (ศูนย์ข้อมูลกลางทางวัฒนธรรม, 2554, พีระพร เพชรช่วย, สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 28 สิงหาคม 2567)

จากปรากฏการณ์ดังกล่าวข้างต้น ถึงแม้จะมีประเพณีผีโป่ทุกปี และมีความสำคัญทั้งแนวปฏิบัติทางสังคม พิธีกรรม และประเพณีเป็นอย่างดี แต่อย่างไรก็ตามประเพณีผีโป่ยังค่อนข้างเป็นที่รู้จักจากคนภายนอกกันไม่มากนัก ส่วนใหญ่แล้วคนภายนอกจะรู้จักอำเภอทุ่งหว้าในนามพื้นที่อุทยานธรณีโลกสตูล ซึ่งได้รับการรับรองเป็นสมาชิกอุทยานธรณีโลกของยูเนสโกเมื่อวันที่ 17 เมษายน 2561 ที่มีความโดดเด่นจากภูเขาสู่ท้องทะเล แต่ในการเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมยังคงมีคนค่อนข้างรู้จักน้อย ดังนั้นการจัดประเพณีผีโป่จึงเป็นสิ่งที่สามารถดึงดูดให้ผู้คนหันมาให้ความสนใจอำเภอทุ่งหว้าในด้านความเป็นเมืองที่มีทุนทางวัฒนธรรม และเป็นมรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมที่สำคัญที่ควรได้รับการอนุรักษ์ ปรับปรน สืบทอด ดังนั้นเพื่อให้เยาวชนรุ่นต่อไปตระหนักถึงคุณค่าและความสำคัญของการสืบทอดประเพณีไหว้ผีโป่ กระบวนการมีส่วนร่วมในการดำเนินกิจกรรม และใช้ประโยชน์จึงมีความสำคัญ อันเนื่องจากมรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมทำให้เกิดความยึดเหนี่ยวทางสังคมและการหลอมรวมทางสังคม แนวปฏิบัติทางสังคม พิธีกรรมและงานเทศกาล ทำให้เกิดโครงสร้างทางชีวิตของชุมชนและกลุ่มคน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อส่งเสริมการตระหนักรู้ถึงคุณค่า ความสำคัญ และนวัตกรรมของประเพณีไหว้ผีโป่ในฐานะมรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมในพื้นที่อำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูล

วิธีดำเนินการวิจัย

ใช้วิธีวิจัยเชิงคุณภาพ และเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมกับนักเรียน และชุมชน

1. พื้นที่ที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ เขตเทศบาลตำบลทุ่งหว้า อำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูล เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีกลุ่มคนจีนอพยพมาจากเมืองปีนัง เพื่อทำการค้าเกี่ยวกับพริกไทยสุไหงอุเปและเป็นกลุ่มที่มีความเชื่อเกี่ยวกับการไหว้ผีโป่แห่งเดียวในภาคใต้ที่ยังคงรักษาอัตลักษณ์และสืบทอดประเพณีไหว้ผีโป่มาเป็นเวลานานกว่า 200 ปี

2. ผู้ให้ข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการสัมภาษณ์แบบเจาะลึก จำนวน 26 คน คัดเลือกจากผู้ที่เกี่ยวข้องกับประเพณีผีโป่ ได้แก่ นายกเทศมนตรีตำบลทุ่งหว้า ผู้อำนวยการกองการศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรมเทศบาลตำบลทุ่งหว้า วัฒนธรรมจังหวัดสตูล คณะครูและนักศึกษาวิทยาลัยการอาชีพละงู อำเภอทุ่งหว้า แกนนำมูลนิธิทุ่งหว้าประชาร่วมใจ คนเฒ่าคนแก่เชื้อสายจีน ประชาชนในเขตเทศบาลตำบลทุ่งหว้า อำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูล คณะครู นักเรียนโรงเรียนอนุบาลทุ่งหว้า

ผู้ให้ข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม ได้แก่ นักเรียนโรงเรียนอนุบาลทุ่งหว้าชั้นประถมศึกษาปีที่ 4/2 จำนวน 30 คน และ 5/2 จำนวน 27 คน จำนวนรวมทั้งหมด 57 คน ทั้งนี้เนื่องจากนักเรียนดังกล่าวเป็นเยาวชนที่เข้าร่วมกิจกรรมในงานประเพณีไหว้ผีโป่เป็นประจำทุกปี และเป็นกลุ่มที่ผู้วิจัยมองเห็นว่าการปลูกจิตสำนึกเพื่อส่งเสริมให้เยาวชนเหล่านี้เกิดความตระหนักถึงคุณค่าและความสำคัญของประเพณีไหว้ผีโป่ก็จะช่วยให้เกิดการอนุรักษ์มรดกภูมิปัญญาอย่างต่อเนื่องและสามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกรุ่นหลานได้ต่อไปในอนาคต

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ การสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วม โดยการสังเกตขบวนแห่ประเพณีไหว้ผีโป่ ประจำปี 2566 และ ปี 2567 สังเกตกิจกรรมที่จัดขึ้นในประเพณีไหว้ผีโป่ แบบสัมภาษณ์แบบเจาะลึกสื่อสารส่วนบุคคลในประเด็นการส่งเสริมการตระหนักรู้คุณค่าและความสำคัญของประเพณีไหว้ผีโป่ การสาธิตให้ความรู้ และฝึกปฏิบัติการออกแบบหน้ากากผีโป่ให้แก่นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-5 โรงเรียนอนุบาลทุ่งหว้า

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยเก็บข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และการลงพื้นที่สนามในอำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูลในช่วงที่มีการจัดกิจกรรมประเพณีไหว้ผีโป่ โดยใช้วิธีการสังเกตพิธีกรรมไหว้ผีโป่ ประจำปี 2566 และ ปี 2567 และ

การสัมภาษณ์แบบเจาะลึกสื่อสารส่วนบุคคลจากผู้ให้ข้อมูลสำคัญในประเด็นการรับรู้และการมีส่วนร่วมในกิจกรรม การสาธิตให้ความรู้ และฝึกปฏิบัติการออกแบบหน้ากากผีโป่ให้แก่นักเรียนโรงเรียนอนุบาลทุ่งหว้า จัดประกวดแข่งขันการทำหน้ากากผีโป่ นำหน้ากากผีโป่ไปเป็นต้นแบบในการทำกระเป๋า และเสื้อเพื่อสร้างเศรษฐกิจชุมชน

5. การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้มาจำแนกหมวดหมู่ตามประเด็น ตีความ สร้างข้อสรุป และนำเสนอเชิงพรรณนาวิเคราะห์

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. การส่งเสริมการตระหนักรู้ถึงคุณค่าและความสำคัญของประเพณีไหว้ผีโป่

การส่งเสริมการตระหนักรู้ถึงคุณค่าและความสำคัญของประเพณีไหว้ผีโป่ โดยมีส่วนร่วมจากหลายหน่วยงาน ประกอบด้วยหน่วยงานภาครัฐ เทศบาลตำบลทุ่งหว้า สำนักวัฒนธรรมจังหวัด กองการศึกษาและวัฒนธรรมเทศบาลตำบลทุ่งหว้า โรงเรียนอนุบาลทุ่งหว้า วิทยาลัยการอาชีพละงู อำเภอทุ่งหว้า วิสาหกิจชุมชน มูลนิธิทุ่งหว้าประชาร่วมใจได้ร่วมกันจัดประเพณีผีโป่ ซึ่งมีการจัดกิจกรรมเพื่อส่งเสริมการตระหนักรู้ดังนี้

1.1 การส่งเสริมการมีส่วนร่วมทุกภาคส่วนผ่านขบวนแห่ในงานประเพณีไหว้ผีโป่ก่อให้เกิดการอนุรักษ์สืบสานถ่ายทอดประเพณีจากรุ่นสู่รุ่น

ขบวนแห่ ประกอบด้วย เชิดหัวสิงโต แป๊ะยิ้ม ชุดผีหมู่ สัญลักษณ์ขบวนแห่ผีโป่ของนักเรียนโรงเรียนอนุบาลทุ่งหว้า ขบวนดนตรี ฆ้อง กลอง ขบวนชุดโคมไฟ ขบวนรำเถิดเทิง ขบวนชุดเครื่องไหว้ ปิดท้ายด้วยขบวนแห่ของดีจากหลายหมู่บ้าน ซึ่งจะเริ่มเดินขบวนกันเวลา 08.00 น. เริ่มเดินจากโรงเรียนอนุบาลทุ่งหว้า ไปจนถึงหน้าตลาดสดเทศบาลตำบลทุ่งหว้า (การสังเกตของคณะผู้วิจัยที่ได้เข้าร่วมขบวนแห่ประเพณีไหว้ผีโป่ และอนันต์ ทิพนรากุล, สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 28 สิงหาคม 2567) การมีขบวนแห่ของเยาวชนซึ่งเป็นนักเรียนโรงเรียนอนุบาลทุ่งหว้า ประชาชนจากชุมชนต่าง ๆ ที่เข้าร่วมขบวนแห่ กิจกรรมดังกล่าวส่งเสริมให้เกิดการรับรู้ของประชาชน เยาวชน และนักท่องเที่ยวที่มาเที่ยวในงานประเพณีผีโป่ในวงกว้าง และทำให้เกิดการตระหนักรู้ถึงคุณค่าและความสำคัญของประเพณีไหว้ผีโป่ก่อให้เกิดการอนุรักษ์สืบสานถ่ายทอดประเพณีจากรุ่นสู่รุ่น (อลิษา นรินทร์ และจันทรา แดหวามาลัย, สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 12 พฤษภาคม 2567 ; ธมกฤษณ์ แสงฉาย, สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 27 สิงหาคม 2567)

นอกจากนั้นนักเรียนที่เข้าร่วมขบวนแห่ยังได้แสดงความคิดเห็นถึงประเพณีไหว้ผีโป่ว่าเป็นประเพณีที่สนุกสนาน สร้างให้เกิดความภาคภูมิใจและสร้างจิตสำนึกรักบ้านเกิด (เด็กหญิงชุติมา ไชยแก้ว, สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 28 สิงหาคม 2567, เด็กชายกิตติชนม์ จันทร์เอียด, สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 28 สิงหาคม 2567) ซึ่งสอดคล้องกับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่เข้าร่วมขบวนแห่เช่นเดียวกันว่า การที่ให้ทุกคนมีส่วนร่วมในกิจกรรมร่วมขบวนแห่แสดงให้เห็นว่าผู้จัดงานประเพณีไหว้ผีโป่เห็นความสำคัญของชุมชน เยาวชนและกระบวนการมีส่วนร่วมทุกภาคส่วนไม่เฉพาะกลุ่มคนจีนเท่านั้น นอกจากนั้นยังทำให้เกิดการสร้างการรับรู้ในวงกว้างและสืบทอดประเพณีให้คงอยู่ต่อไป (วัลลี อยู่สุข, สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 28 สิงหาคม 2567, ทัศนีย์ สินจรูญศักดิ์, สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 28 สิงหาคม 2567) จากปรากฏการณ์ดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของนิคม ปาทะวงศ์ วิพจน์ วันคำ และจำรัส บุดดาพงษ์ (2562) ที่พบว่าองค์ความรู้เกี่ยวกับประเพณีจุดไฟตูมกาจังหวัดยโสธร ได้จัดทำขึ้นจากการรื้อฟื้นวิถีชุมชนที่เกี่ยวกับการแสดงออกถึงความเชื่อ ความศรัทธาในองค์พระรัตนตรัยในทางพระพุทธศาสนาเป็นหลักการสำคัญ ด้านการสืบสานประเพณีจุดไฟตูมกามีการตระหนักถึงความเป็นท้องถิ่นนิยม เป็นมิติที่สอดคล้องกับการพัฒนาที่ยั่งยืนหลายอย่าง เช่น มิติด้านการท่องเที่ยวที่สอดคล้องกับความเป็นนวัตวิถีมีการริเริ่มรื้อฟื้นประชาสัมพันธ์วัฒนธรรมประเพณีมีการนำไฟตูมกามาจัดแสดง และเป็นการสืบสานประเพณีอย่างเป็นรูปธรรมเพิ่มขึ้น สำหรับด้านการสร้างคุณค่าประเพณีจุดไฟตูมกา มีองค์ประกอบที่สำคัญคือการต่อยอดภูมิ

ปัญญา การสร้างคุณค่าทางจิตใจและทางเศรษฐกิจ การผลิตไฟตูมกาเป็นสินค้าทางวัฒนธรรมและการส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม

ภาพที่ 1 ขบวนแห่ชุดผีโป่ เชิดหัวสิงโต แป๊ะยิ้ม ชุดผีหมู่ของนักเรียนโรงเรียนอนุบาลทุ่งหว้าในประเพณีไหว้ผีโป่

ที่มา: ถ่ายโดยผู้ช่วยวิจัยวันที่ 28 สิงหาคม 2567

ภาพที่ 2 ขบวนแห่ชุดรำพัด และชุดโคมไฟของนักเรียนโรงเรียนอนุบาลทุ่งหว้าในประเพณีไหว้ผีโป่

ที่มา: ถ่ายโดยผู้ช่วยวิจัยวันที่ 28 สิงหาคม 2567

1.2 การส่งเสริมการมีส่วนร่วมของวิสาหกิจชุมชนในการออกร้านจำหน่ายสินค้าในงานประเพณีไหว้ผีโป่ก่อให้เกิดกิจกรรมทางเศรษฐกิจ

กิจกรรมของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนคือ การเข้าร่วมขบวนแห่ และออกร้านจำหน่ายของดี สินค้าที่ระลึกแต่ละชุมชน ทำให้ประชาชน แม่ค้า นักท่องเที่ยวที่เข้าร่วมกิจกรรมในวันประเพณีไหว้ผีโป่เกิดการรับรู้คุณค่า และตระหนักในความสำคัญของประเพณีไหว้ผีโป่ผ่านกิจกรรมการออกร้านจำหน่ายของดีของชุมชน นอกจากนั้นยังก่อให้เกิดการขับเคลื่อนเศรษฐกิจชุมชน ส่งเสริมให้เกิดรายได้ครัวเรือนและชุมชนเพิ่มมากขึ้น (อำพัน เต็งหลี, สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 27 สิงหาคม 2567; เสนีย์ อนันตอัมพร สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 30 ตุลาคม 2567) ผลการวิจัยปรากฏเช่นนี้เนื่องจากการมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ โดยเฉพาะหากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนได้มีส่วนร่วมในการออกร้านจำหน่ายสินค้าหรือการร่วมเดินขบวนแห่ประเพณีไหว้ผีโป่ก็จะทำให้สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนมีความภาคภูมิใจในผลิตภัณฑ์ของตนเองที่ร่วมกันผลิตและได้มีการเผยแพร่ออกสู่สายตานักท่องเที่ยวส่งเสริมให้เกิดการรับรู้ภายในกลุ่มและภายนอกกลุ่ม ดังนั้นนักท่องเที่ยวและผู้เข้าร่วมกิจกรรมซึ่งประกอบด้วยเยาวชน และประชาชนในเขตเทศบาลตำบลทุ่งหว้าและพื้นที่ใกล้เคียงมองเห็นความเคลื่อนไหวของผลิตภัณฑ์ในแต่ละกลุ่มวิสาหกิจชุมชนก็จะสามารถเกิดการรับรู้และตระหนักถึงคุณค่าและความสำคัญของประเพณีไหว้ผีโป่ นอกจากนั้นยังก่อให้เกิดรายได้ระดับครัวเรือน และชุมชน เช่น การจำหน่ายผลิตภัณฑ์สินค้าที่ระลึกในงานประเพณี การจัดการท่องเที่ยวตามรอยประเพณีไหว้ผีโป่ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ศูนย์สำรวจความคิดเห็น “นิด้าโพล” สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ (2566) ที่มีมุมมองว่าการมีส่วนร่วมของนักท่องเที่ยวในการอนุรักษ์ภูมิปัญญาท้องถิ่น วัฒนธรรม ประเพณี เพื่อให้มีการตระหนักรู้ถึงคุณค่าและความสำคัญมากขึ้นจะต้องสร้างการรับรู้เพิ่มขึ้น

และให้ความสำคัญกับการสื่อสารเกี่ยวกับภูมิปัญญาท้องถิ่น วัฒนธรรม ประเพณีในแต่ละพื้นที่การท่องเที่ยวให้มากขึ้น เพื่อให้เกิดการรับรู้ข้อมูลมากขึ้น ส่งผลกระทบต่อการสนับสนุน การอนุรักษ์ การเดินทางท่องเที่ยวซ้ำ และการบอกต่อ

ภาพที่ 3 การออกร้านจำหน่ายสินค้าของวิสาหกิจชุมชนในงานประเพณีไหว้ผีโป่

ที่มา: ถ่ายโดยผู้ช่วยวิจัยวันที่ 28 สิงหาคม 2567

1.3 การส่งเสริมการอนุรักษ์สืบสานประเพณีไหว้ผีโป่ผ่านการเรียนรู้ก่อให้เกิดการตระหนักรู้ถึงคุณค่าความสำคัญและนำไปสู่นวัตกรรม

คณะครูโรงเรียนอนุบาลทุ่งหว้าจัดกิจกรรม "อนุรักษ์สืบสานประเพณีไหว้ผีโป่" ให้นักเรียนได้เรียนรู้ประเพณีไหว้ผีโป่ผ่านกิจกรรมที่หลากหลายและลงมือปฏิบัติจริง โดยการบูรณาการความรู้จากห้องเรียนศิลปะ ห้องเรียนวิทยาศาสตร์เรียนรู้การทำหน้ากากผีโป่ และศูนย์เรียนรู้ประวัติศาสตร์วัฒนธรรมท้องถิ่นและประเพณีไหว้ผีโป่ปีนังน้อยสุไหงอุเป เพื่อปลูกฝังจิตสำนึกรักท้องถิ่นในเรื่องของประวัติศาสตร์วัฒนธรรมและประเพณีท้องถิ่นผ่านการเรียนรู้ในรายวิชาสังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม (อรอุมา ทองนาค (ผู้อำนวยการโรงเรียน), สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 9 กันยายน 2567) นอกจากนั้นครูนิลาวัณย์ สินจรูญศักดิ์ (สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 31 ตุลาคม 2567 และวันที่ 18 พฤศจิกายน 2567) ยังได้ให้นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 จัดทำโครงงานการทำหน้ากากผีโป่ โดยเป็นการนำขยะประเภทกระดาษมารีไซเคิลทำเป็นสิ่งประดิษฐ์หน้ากากผีโป่ โดยการสาธิตวิธีการทำและให้นักเรียนฝึกปฏิบัติ และมีการบูรณาการกับวิชาศิลปะโดยการให้ครูอาทิกร เก้าเอี้ยน (สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 18 พฤศจิกายน 2567) สาธิตวิธีการลงสีและลวดลายบนหน้ากากผีโป่ นอกจากนั้นนักเรียนยังได้เรียนรู้ถึงความเชื่อ และความสำคัญของประเพณีไหว้ผีโป่จากศูนย์เรียนรู้ประวัติศาสตร์วัฒนธรรมท้องถิ่นและประเพณีไหว้ผีโป่ปีนังน้อยสุไหงอุเปเพื่อนำมาออกแบบหน้ากากให้สอดคล้องกับความเชื่อ

ภาพที่ 4 ศูนย์เรียนรู้ประวัติศาสตร์วัฒนธรรมท้องถิ่นและประเพณีไหว้ผีโป่ปีนังน้อยสุไหงอุเป

ที่มา: ถ่ายโดยผู้ช่วยวิจัยวันที่ 28 พฤศจิกายน 2567 และครูนิลาวัณย์ สินจรูญศักดิ์ 30กันยายน 2567

ภาพที่ 5 เรียนรู้การทำหน้ากากผีโป่แบบบูรณาการด้านวิทยาศาสตร์และศิลปะจากครูนิลาวัณย์และครูอาทิกร

ที่มา: ถ่ายโดยครูนิลาวัณย์ สินจรูญศักดิ์ วันที่ 16 พฤศจิกายน 2566

2. การออกแบบหน้ากากผีโป่ของเยาวชนสู่นวัตกรรมในการเพิ่มคุณค่าและมูลค่า

2.1 จัดกิจกรรมสาธิต ฝึกปฏิบัติการทำหน้ากากผีโป่ให้แก่เยาวชน

ทีมวิจัยจัดเวิร์คช็อปให้นักเรียนสร้างสรรค์ผลงานที่เกี่ยวข้องกับการทำหน้ากากผีโป่ โดยทีมวิจัยมหาวิทยาลัยหาดใหญ่ประชุมร่วมกับ ผอ.และครูโรงเรียน เพื่อวางแผนการจัดกิจกรรม (อรอุมา ทองนาค, สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 30 กันยายน 2567) จัดกิจกรรมการสาธิตและฝึกปฏิบัติการทำหน้ากากผีโป่ โดยเชิญรองศาสตราจารย์ ดร.ปัญญา เทพสิงห์ คุณครูอาทิกร เก้าเอี้ยน และคุณครูนิลาวัณย์ สินจรูญศักดิ์ เป็นวิทยากรร่วมกันสาธิตการทำหน้ากากแบบง่าย ๆ และให้นักเรียนฝึกปฏิบัติทำเป็นกลุ่ม โดยมีวัสดุอุปกรณ์จำนวน 20 ชุด เพื่อกระตุ้นการสร้างสรรค์ผลงาน นักเรียนที่เข้าร่วมกิจกรรมและฝึกปฏิบัติการทำหน้ากาก ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4/2 จำนวน 30 คน และ 5/2 จำนวน 27 คน จำนวนรวมทั้งหมด 57 คน ในวันที่ 30 กันยายน 2567 ณ โรงเรียนอนุบาลทุ่งหว้า จังหวัดสตูล

นอกจากนั้นนักเรียนที่เข้าร่วมกิจกรรมยังได้แสดงความคิดเห็นถึงการทำหน้ากากผีโป่ซึ่งช่วยให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ในการทำ อีกทั้งยังได้เรียนรู้โดยการเชื่อมโยงระหว่างการใช้กระดาษ การใช้สี การใช้ความคิดสร้างสรรค์ออกแบบหน้ากาก นอกจากนั้นทำให้เกิดความสนุกสนานทำในสิ่งที่จับต้องได้ และคิดว่าการทำหน้ากากผีโป่เป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยในการอนุรักษ์ภูมิปัญญาประเพณีท้องถิ่นของสตูลโดยเฉพาะประเพณีไหว้ผีโป่มีที่เดียวในประเทศไทย ทำให้เกิดสำนึกรักบ้านเกิด (เด็กชายกรวิชญ์ หลังเถาะ, สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 30 กันยายน 2567 และเด็กหญิงชุติมา สวัสดีรักษา, สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 30 กันยายน 2567) ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากนักศึกษาได้เรียนรู้การออกแบบหน้ากากจากการสาธิตของวิทยากรทำให้ง่ายต่อการออกแบบหน้ากากของตนเองในกลุ่มเพื่อนโดยใช้วัสดุจากธรรมชาติ เช่น กระดาษ สี เชือก และยังเกิดความสนุกสนานที่ได้ทำกิจกรรมร่วมกันซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของพงศธร พินิจวัฒน์ (2546) พบว่าการออกแบบผีตาโขนคือการใช้วัสดุที่เป็นทรัพยากรธรรมชาติจากท้องถิ่น รูปแบบทำสืบทอดกันมา คำนึงถึงประโยชน์ใช้สอย

ภาพที่ 6 สาธิต และฝึกปฏิบัติการทำหน้ากากผีโป่ให้แก่นักเรียนโรงเรียนอนุบาลทุ่งหว้า

ที่มา: ถ่ายโดยผู้ช่วยวิจัยวันที่ 30 กันยายน 2567

ภาพที่ 7 ผลงานหน้ากากผีโบ่ของนักเรียนโรงเรียนอนุบาลทุ่งหว้าที่เข้าร่วมฝึกปฏิบัติ

ที่มา: ถ่ายโดยผู้ช่วยวิจัยวันที่ 30 กันยายน 2567

2.2 จัดกิจกรรมประกวดแข่งขันการออกแบบหน้ากากผีโบ่

ครูโรงเรียนอนุบาลทุ่งหว้าร่วมกับทีมวิจัยได้วางแผนจัดกิจกรรมการประกวดแข่งขันออกแบบหน้ากากผีโบ่โดยการประชาสัมพันธ์ให้นักเรียนส่งผลงานหน้ากากผีโบ่เข้าประกวดชิงรางวัล มีเงื่อนไขว่าสามารถทำเดี่ยวหรือทำเป็นทีมกับครอบครัว ญาติ พี่น้อง เพื่อนในช่วงปิดภาคการศึกษา โดยใช้วัสดุท้องถิ่นสามารถสร้างสรรค์ผลงานหน้ากากให้มีความสวยงาม สร้างสรรค์แปลกใหม่ ให้นักเรียนนำกลับไปทำที่บ้านหรือที่โรงเรียนก็ได้ เพื่อนำผลงานมาส่งในวันที่ 15 และวันที่ 18 พฤศจิกายน 2567 ที่ครูอาทิกร เก้าเอี้ยน และครูนิลาวัณย์ สินจรูญศักดิ์ (สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 18 พฤศจิกายน 2567) โดยปิดรับผลงานวันที่ 18 พฤศจิกายน 2567 เวลา 12.00 น. หลังจากนั้นกรรมการตัดสินคัดเลือกชิ้นงานหน้ากากเชิงสร้างสรรค์ร่วมกับการโหวดให้คะแนนของนักเรียน ผลการตัดสินได้ผู้ชนะเลิศ 3 อันดับแรก และชมเชย 5 รางวัล ประกาศผล หน้าเสาธง และรับรางวัลในวันที่ 19 พฤศจิกายน 2567 เวลา 08.00 น.

นอกจากนั้นนักเรียนยังได้แสดงความคิดเห็นต่อการพัฒนาหน้ากากผีโบ่โดยจัดกิจกรรมประกวดแข่งขันเพื่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ที่หลากหลาย ส่วนใหญ่นักเรียนจะเล่าให้ฟังว่าออกแบบจากการจำลองหน้ากากให้มีอัตลักษณ์ของผีจีน สื่อสาร (เด็กหญิงรุ่งรวี สิ้มเท่ง, สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 30 กันยายน 2567 และเด็กหญิงอาระยา ทุ่งปรือ, สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 30 กันยายน 2567) ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากประเพณีไหว้ผีโบ่เป็นประเพณีของคนจีน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของธีระชัย สุขสด (2554) ซึ่งสะท้อนถึงแนวทางการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์หัตถกรรมด้านวัสดุใช้วัสดุที่เป็นธรรมชาติจากท้องถิ่น กรรมวิธีการผลิตหน้ากาก พัฒนาจากกรรมวิธีดั้งเดิมของท้องถิ่น รูปแบบคำนึงถึงประโยชน์ใช้สอย เช่นเดียวกับงานศึกษาของมณฑลี ศาสนนันท์ (2550) มองว่าการประเมินรูปแบบผลิตภัณฑ์โดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านการออกแบบและผู้เชี่ยวชาญด้านผลิตภัณฑ์จัดทำต้นแบบแล้วเลือกโดยการให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน ซึ่งสอดคล้องกับงานศึกษาหน้ากากผีโบ่ที่ผู้เชี่ยวชาญด้านศิลปะ และนักเรียนร่วมประเมิน

ภาพที่ 8 ป้ายประชาสัมพันธ์การประกวดแข่งขันการออกแบบหน้ากากผีโบ่และขวาผลงาน

ที่มา: ครูนิลาวัณย์ สินจรูญศักดิ์ วันที่ 1 พฤศจิกายน 2568 และถ่ายโดยผู้วิจัยวันที่ 18 พฤศจิกายน 2568

ภาพที่ 9 ป้ายประชาสัมพันธ์การประกวดแข่งขันการออกแบบหน้ากากผีโป่และขวาผลงาน

ที่มา: ถ่ายโดยผู้ช่วยวิจัย วันที่ 18 พฤศจิกายน 2568

ภาพที่ 10 การโหวดผลงานการออกแบบหน้ากากผีโป่โดยนักเรียน

ที่มา: ถ่ายโดยผู้ช่วยวิจัยวันที่ 18 พฤศจิกายน 2567

ภาพที่ 11 รับรางวัลประกวดการออกแบบหน้ากากผีโป่ของนักเรียนโรงเรียนอนุบาลทุ่งหว้า

ที่มา: ถ่ายโดยผู้ช่วยวิจัยวันที่ 19 พฤศจิกายน 2567

2.3 ผลของการออกแบบหน้ากากผีโป่นำไปสู่นวัตกรรมการเพิ่มคุณค่าและมูลค่า

การออกแบบหน้ากากผีโป่ ซึ่งเป็นผลงานความคิดสร้างสรรค์ของเยาวชนที่ผสมผสานระหว่างความเชื่อ และอัตลักษณ์ภูมิปัญญาท้องถิ่นอำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูลได้ถูกนำไปใช้ในการสร้างให้เกิดคุณค่าและมูลค่า โดยการนำไปออกแบบบนเสื้อและกระเป๋า เพื่อเป็นการประชาสัมพันธ์ และจำหน่ายเป็นสินค้าที่ระลึกในงานประเพณีไหว้ผีโป่ เป็นการสร้างเศรษฐกิจชุมชน

นอกจากนั้นนักเรียนที่ได้รับรางวัลยังได้แสดงความคิดเห็นว่ามีความภาคภูมิใจกับผลงานที่ออกแบบ สามารถทำให้เกิดประโยชน์ต่อโรงเรียน และชุมชนในการพัฒนาผลิตภัณฑ์หน้ากากให้อยู่บนกระเป๋า และเสื้อยืด ส่งผลในการต่อยอดเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม และสร้างรายได้ให้กับชุมชน (เด็กหญิงนันท์ภัส หลังชาย, สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 30 กันยายน 2567 และเด็กหญิงเกวรินทร์ คงอินทร์, สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 30 กันยายน 2567) การที่ผลการวิจัยปรากฏเช่นนี้เนื่องจาก การทำหน้ากากผีโป่หากมีการออกแบบให้มีอัตลักษณ์ชุมชนท้องถิ่นก็สามารถนำมาเป็นจุดขายในการเพิ่มมูลค่าและรายได้ให้แก่ครัวเรือนและชุมชน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ

ภาพที่ 12 หน้ากากผีโป่ผลงานของเยาวชนได้นำไปออกแบบบนเสื้อยืดและกระเป๋า

ที่มา: ถ่ายโดยผู้ช่วยวิจัยวันที่ 19 พฤศจิกายน 2567

3. ผลจากการส่งเสริมการตระหนักรู้ถึงคุณค่า ความสำคัญ และนวัตกรรมของประเพณีไหว้ผีโป่ในฐานะมรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรม

3.1 เกิดการมีส่วนร่วมของเยาวชนและชุมชนในงานประเพณีไหว้ผีโป่ ทั้งนี้การตระหนักรู้ถึงคุณค่า ความสำคัญของประเพณีไหว้ผีโป่สามารถประเมินได้จากการเข้าร่วมกิจกรรมของเยาวชน และชุมชนในการจัดประเพณีไหว้ผีโป่ การสร้างคุณค่าวัฒนธรรมประเพณีต่าง ๆ โดยการแนะนำให้ความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับประเพณีไหว้ผีโป่ว่ามีความสำคัญอย่างไร โดยเฉพาะเรื่องความกตัญญูต่อบรรพบุรุษ ความเอื้ออาทรต่อผีไร้ญาติ เห็นได้จากการเข้าร่วมขบวนแห่ของเยาวชนและประชาชนในเขตเทศบาลตำบลทุ่งหว้า การเข้าร่วมกิจกรรมตั้งแต่วันเปิดประตูยมโลกจนกระทั่งวันปิดประตูยมโลกของประชาชนในเขตเทศบาลตำบลทุ่งหว้าเพิ่มมากขึ้นทุกปี

3.2 เกิดการสร้างเครือข่ายการสืบทอดประเพณีไหว้ผีโป่โดยการเสี่ยงทายกรรมการจัดงานในปีต่อไป และเมื่อชื่อใครได้รับการเสี่ยงทายทุกคนในพิธีกรรมยอมรับ ถือว่าเป็นการสร้างความตระหนักรู้ถึงคุณค่า ความสำคัญของประเพณีไหว้ผีโป่

3.3 เกิดการออกแบบพัฒนานวัตกรรมหน้ากากผีโป่ และการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมต่าง ๆ ทั้งจากประเพณีในวันงานและจากศูนย์เรียนรู้ของโรงเรียนประเมินได้ว่านักเรียนตระหนักถึงคุณค่า ความสำคัญ และนวัตกรรมในประเพณีไหว้ผีโป่ที่ทุกคนช่วยกันรังสรรค์งานออกแบบจนได้รับรางวัลจากการประเมินของคณะกรรมการตัดสินซึ่งเป็นกิจกรรมจุดประกายการอนุรักษ์ สืบทอดประเพณีให้คงอยู่ตลอดไป

3.4 เกิดการปลุกจิตสำนึกรักบ้านเกิดในชุมชนท้องถิ่น เนื่องจากการส่งเสริมการเรียนรู้ของเยาวชนที่จะเป็นพลเมืองของเทศบาลตำบลทุ่งหว้าในอนาคตจะช่วยให้เกิดการอนุรักษ์ประเพณีผีโป่ให้มีการสืบทอดประเพณีไหว้ผีโป่อย่างต่อเนื่องและยาวนาน

3.5 เกิดการจัดกิจกรรมการท่องเที่ยวตามรอยประเพณีไหว้ผีโป่ของกลุ่มท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมของชุมชนจะเป็นการประชาสัมพันธ์ประเพณีไหว้ผีโป่ให้คงอยู่และสามารถสืบทอดประเพณีได้อย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เนื่องจากกิจกรรมดังกล่าวเป็นกิจกรรมที่สร้างความสามัคคีในหมู่คณะระหว่างกลุ่มคนที่มีความแตกต่างทางชาติพันธุ์

ข้อเสนอแนะ

1. ควรสร้างเครือข่ายความร่วมมือที่แข็งแกร่งกับหน่วยงานภาครัฐ ท้องถิ่น องค์กรชุมชน และปราชญ์ท้องถิ่น เพื่อให้กิจกรรมประเพณีไหว้ผีโป่ดำเนินไปอย่างราบรื่นและยั่งยืน

2. ควรมีช่องทางการประชาสัมพันธ์การจัดกิจกรรมประเพณีไหว้ผีโป่ที่หลากหลาย เช่น สื่อสังคมออนไลน์ วิทยุชุมชน โปสเตอร์ และการบอกเล่าปากต่อปาก เพื่อให้ประชาชนและนักเรียนรับทราบและเข้าร่วมกิจกรรมอย่างทั่วถึง

3. ควรจัดให้มีศูนย์เรียนรู้ชุมชนเกี่ยวกับประเพณีไหว้ผีโป่ เพื่อให้ประชาชนและนักเรียนสามารถเข้ามาศึกษาค้นคว้าได้ตลอดเวลา

สรุปผลการวิจัย

ประเพณีไหว้ผีโป่ในฐานะมรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมที่มีชีวิตสามารถเป็นแหล่งนวัตกรรมที่สำคัญ นับเป็นแหล่งกลวิธีที่ทำให้เกิดการพัฒนาเชิงการเปลี่ยนแปลงทั้งในระดับชุมชนและระดับสากล การส่งเสริมการตระหนักรู้ถึงคุณค่าและความสำคัญของประเพณีผีโป่ไม่เพียงแต่เป็นการอนุรักษ์มรดกทางวัฒนธรรมเท่านั้น แต่ยังเป็นการสร้างความภาคภูมิใจในท้องถิ่น ปลูกจิตสำนึกรักบ้านเกิด และเสริมสร้างความผูกพันของคนในชุมชนอีกด้วย ดังนั้นเพื่อให้เยาวชนรุ่นต่อไปตระหนักถึงคุณค่าและความสำคัญของการสืบทอดประเพณีไหว้ผีโป่ กระบวนการมีส่วนร่วมในการดำเนินกิจกรรม และใช้ประโยชน์จึงมีความสำคัญ ซึ่งมีการส่งเสริมผ่านการมีส่วนร่วมในกิจกรรมขบวนแห่ประกอบด้วยนักเรียน ครู หน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชน ชุมชน และการมีส่วนร่วมในการออกร้านสินค้าที่ระลึกซึ่งเป็นอัตลักษณ์ของแต่ละชุมชน ตลอดจนการเรียนรู้แบบบูรณาการระหว่างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม ศิลปะ และศูนย์เรียนรู้ประวัติศาสตร์วัฒนธรรมท้องถิ่นและประเพณีไหว้ผีโป่ปีนังน้อยสุไหงอุเป นอกจากนั้นยังพบว่าการจัดกิจกรรมยังเชื่อมโยงถึงนวัตกรรมที่ก่อให้เกิดคุณค่าและมูลค่า โดยการให้เยาวชนได้มีส่วนร่วมในการออกแบบหน้ากากผีโป่โดยการฝึกปฏิบัติ และสามารถส่งผลงานเข้าประกวดแข่งขันเพื่อให้เกิดความตระหนักถึงคุณค่าและความสำคัญของงานประเพณีไหว้ผีโป่ ตลอดจนการนำต้นแบบหน้ากากผีโป่ที่เยาวชนออกแบบไปปรากฏบนเสื้อและกระเป๋าเพื่อให้เกิดความภาคภูมิใจในผลงานที่ตนเองร่วมรังสรรค์ และสามารถต่อยอดเพิ่มรายได้ให้กับชุมชนได้อีกด้วย

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณกรมส่งเสริมวัฒนธรรมที่สนับสนุนทุนในการทำวิจัย ขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ศรีสันติสุข เป็นทั้งอาจารย์ผู้สอนและเป็นผู้เชี่ยวชาญที่ให้คำแนะนำในการเขียนงานวิจัย และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรศักดิ์ จำนงค์สาร เป็นผู้เชี่ยวชาญที่ให้คำแนะนำในการเขียนงานวิจัย ขอขอบคุณ สมาชิกสภาผู้แทนราษฎรจังหวัดสตูล นายกองค์การบริหารส่วนจังหวัดสตูล นายอำเภอทุ่งหว้า นายกเทศมนตรีตำบลทุ่งหว้า ผู้อำนวยการกองการศึกษาศาสนา และวัฒนธรรม อำเภอทุ่งหว้า สำนักวัฒนธรรมจังหวัดสตูล มูลนิธิทุ่งหว้าประชาร่วมใจ ผู้อำนวยการ คณะครูและนักเรียนโรงเรียนอนุบาลทุ่งหว้า คณะครูและนักเรียนวิทยาลัยการอาชีพละงู อำเภอทุ่งหว้า กลุ่มคนจีนในเขตเทศบาลตำบลทุ่งหว้า อำเภอทุ่งหว้า ประชาชนในเขตเทศบาลตำบลทุ่งหว้า อำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูลที่อำนวยความสะดวกในการลงพื้นที่วิจัยเก็บข้อมูล สังเกต สื่อสารส่วนบุคคล บันทึกภาพ และให้คณะผู้วิจัยเข้าร่วมกิจกรรมทุกขั้นตอนของประเพณีไหว้ผีโป่

อ้างอิง

กลิ่น คงเหมือนเพชร. (2552). *คติความเชื่อเรื่องผีสางเทวดาในชุมชนภาคใต้.* ศูนย์วัฒนธรรมสถาบันการพลศึกษาวิทยาเขตกระบี่.

ณฐกร แก้วจุลกาญจน์. (2556). *พิธีไหว้ตายาย: ข่ายใยเครือญาติในอำเภอคลองหอยโข่ง จังหวัดสงขลา.* {สารนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต} มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ดนัย ไชยโยธา. (2538). *ลัทธิ ศาสนา และระบบความเชื่อกับประเพณีนิยมในท้องถิ่น.* โอเดียนสโตร์.

ธีระชัย สุดสด. (2544). *การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.* โอเดียนสโตร์.

นิคม ปาทะวงศ์ วิพจน์ วันคำ และจำรัส บุดดาพงษ์ (2562) *การสืบสานและการสร้างคุณค่าประเพณีจุดไฟตูมกาจังหวัดยโสธร.* มหาวิทยาลัยมหามกุฏราชวิทยาลัย.

นิยพรรณ (ผลวัฒนา) วรรณศิริ. (2540). *มานุษยวิทยาสังคมและวัฒนธรรม.* มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พงศธร พินิจวัฒน์.(2546) *ศิลปกรรมท้องถิ่น : กรณีศึกษาหน้ากากผีตาโขน อำเภอด่านซ้าย จังหวัดเลย*. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

พรรณี ฉัตรพลรักษ์ และคณะ. (2548). *สังคมจีนในประเทศไทย: ประวัติศาสตร์เชิงวิเคราะห์.* (พิมพ์ครั้งที่ 2). มูลนิธิโครงการตำราสังคมศาสตร์

มณฑลี ศาสนนันท์ (2550). *เพื่อการสร้างนวัตกรรมและวิศวกรรมย้อนรอย.* (พิมพ์ครั้งที่ 2). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

มูลนิธิสารานุกรมวัฒนธรรมไทย ธนาคารไทยพาณิชย์. (2542). ความเชื่อของชาวภาคใต้. ใน *สารานุกรมวัฒนธรรมไทย ภาคใต้ เล่มที่ 2*. (หน้า 984-985) https://naamchoop.com/know_detail.php?know_id=23& know_name=ความเชื่อของชาวภาคใต้

ศรีศักร วัลลิโภดม. (2542). *อำนาจศักดิ์สิทธิ์ และอำนาจสาธารณ์ในสังคมท้องถิ่น.* มูลนิธิเล็กประไพ https://lekprapai.org/home/view.php?id=908

ศูนย์ข้อมูลกลางทางวัฒนธรรม. (2554) *ประเพณีไหว้ผีโบ่.* กระทรวงวัฒนธรรม http://www.m-culture.in.th/album/88179

ศูนย์สำรวจความคิดเห็น “นิด้าโพล” สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ (2566) การประเมินผลตัวชี้วัดร้อยละการสร้างการตระหนักรู้ต่อนักท่องเที่ยว ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566. สำนักพัฒนานโยบายและแผนการประชาสัมพันธ์ กรมประชาสัมพันธ์ร่วมกับศูนย์สำรวจความคิดเห็น “นิด้าโพล”

เอกวิทย์ สินวรพันธ์ (2561) *ประวัติศาสตร์ท้องถิ่นสตูล: สู่ไงอูเปะฮฺ” ระหว่างปี พ.ศ.2439- พ.ศ.2443* https://www.facebook.com/ groups/384478585343619/permalink/495816627543147/?paipv=0&eav=AfZrbKzBLn2FWQi4Y2R2-8f5PQ_MG4IsEhepfbmJeQnAYqb OTd3jATHvhNXOCEVi5Uk&_rdr

Redfield, Robert. (1953). The Primitive World and Its Transformations. Cornell University อ้างถึงใน นิยพรรณ (ผลวัฒนา) วรรณศิริ. (2540). *มานุษยวิทยาสังคมและวัฒนธรรม.* มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บุคลานุกรม

จันทรา แดหวามาลัย (ครูโรงเรียนพรรษนันท์ศึกษา), สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 12 พฤษภาคม 2567 ที่สี่แยกตลาดสดตำบลทุ่งหว้า อำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูล

เด็กชายกรวิชญ์ หลังเถาะ (นักเรียน), สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 30 กันยายน 2567 ที่โรงเรียนอนุบาลทุ่งหว้า อำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูล

เด็กชายกิตติชนม์ จันทร์เอียด (นักเรียน), สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 28 สิงหาคม 2567 ที่โรงเรียนอนุบาลทุ่งหว้า อำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูล

เด็กหญิงเกวรินทร์ คงอินทร์ (นักเรียน), สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 30 กันยายน 2567 ที่โรงเรียนอนุบาลทุ่งหว้า อำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูล

เด็กหญิงชุติมา ไชยแก้ว (นักเรียน), สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 28 สิงหาคม 2567 ที่โรงเรียนอนุบาลทุ่งหว้า อำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูล

เด็กหญิงชุติมา สวัสดีรักษา (นักเรียน), สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 30 กันยายน 2567 ที่โรงเรียนอนุบาลทุ่งหว้า อำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูล

เด็กหญิงนันท์ภัส หลังชาย (นักเรียน), สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 30 กันยายน 2567 ที่โรงเรียนอนุบาลทุ่งหว้า อำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูล

เด็กหญิงรุ่งรวี สิ้มเท่ง (นักเรียน), สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 30 กันยายน 2567 ที่โรงเรียนอนุบาลทุ่งหว้า อำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูล

เด็กหญิงอาระยา ทุ่งปรือ (นักเรียน), สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 30 กันยายน 2567 ที่โรงเรียนอนุบาลทุ่งหว้า อำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูล

ทัศนีย์ สินจรูญศักดิ์, สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 28 สิงหาคม 2567 ที่ชุ้มวิสาหกิจชุมชนสี่แยกเทศบาลตำบลทุ่งหว้า อำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูล

ธมกฤษณ์ แสงฉาย (ประธานมูลนิธิทุ่งหว้าประชาร่วมใจ), สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 27 สิงหาคม 2567 ที่มูลนิธิทุ่งหว้าประชาร่วมใจ ตำบลทุ่งหว้า อำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูล

นิกร เอี้ยวชิโป (คนจีน), สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 4 สิงหาคม 2567 ที่คาเฟ่ปลาบิน ตำบลทุ่งหว้า อำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูล

นิลาวัณย์ สินจรูญศักดิ์ (ครูโรงเรียนอนุบาลทุ่งหว้า), สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 31 ตุลาคม 2567 และวันที่ 18 พฤศจิกายน 2567 ที่โรงเรียนอนุบาลทุ่งหว้า ตำบลทุ่งหว้า อำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูล

พีระพร เพชรช่วย, สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 28 สิงหาคม 2567 ที่สี่แยกตลาดสดตำบลทุ่งหว้า อำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูล

โรม กลัดทอง (ผู้อำนวยการกองการศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม เทศบาลตำบลทุ่งหว้า), สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 28 สิงหาคม 2567 ที่เทศบาลตำบลทุ่งหว้า อำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูล

วรศิษฎ์ เลียงประสิทธิ์ (สมาชิกสภาผู้แทนราษฎรจังหวัดสตูล), สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 9 กันยายน 2566 ที่สี่แยกตลาดสดตำบลทุ่งหว้า ตำบลทุ่งหว้า อำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูล

วัลลี อยู่สุข, สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 28 สิงหาคม 2567 ที่ชุ้มวิสาหกิจชุมชนสี่แยกเทศบาลตำบลทุ่งหว้า อำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูล

สนธิ ลิ่มสายหั้ว (คนจีน), สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 18 พฤศจิกายน 2567 ที่มูลนิธิทุ่งหว้าประชาร่วมใจ ตำบลทุ่งหว้า อำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูล

สมคิด หล่อสุพรรณพร, สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 7 สิงหาคม 2566, ที่คาเฟ่ปลาบิน ตำบลทุ่งหว้า อำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูล

เสนีย์ อนันตอัมพร (นายกเทศมนตรีตำบลทุ่งหว้า), สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 30 ตุลาคม 2567 ที่เทศบาลตำบลทุ่งหว้า อำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูล

เห้า เอี่ยว (คนจีน), สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 28 สิงหาคม 2567 ที่สี่แยกตลาดสดตำบลทุ่งหว้า อำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูล

อนันต์ ทิพนรากุล, สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 28 สิงหาคม 2567 ที่สี่แยกตลาดสดตำบลทุ่งหว้า อำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูล

อรอุมา ทองนาค (ผู้อำนวยการโรงเรียนอนุบาลทุ่งหว้า), สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 9 กันยายน 2567 และวันที่ 31 ตุลาคม 2567 ที่โรงเรียนอนุบาลทุ่งหว้า ตำบลทุ่งหว้า อำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูล

อลิษา นรินทร์ (ครูวิทยาลัยการอาชีพละงู), สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 12 พฤษภาคม 2567 ที่วิทยาลัยการอาชีพละงู ตำบลทุ่งหว้า อำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูล

อาทิกร เก้าเอี้ยน (ครูโรงเรียนอนุบาลทุ่งหว้า), สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 31 ตุลาคม 2567 และวันที่ 18 พฤศจิกายน 2567 ที่โรงเรียนอนุบาลทุ่งหว้า ตำบลทุ่งหว้า อำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูล

อำพัน เต็งหลี (คนจีน), สื่อสารส่วนบุคคลวันที่ 27 สิงหาคม 2567 ที่สี่แยกตลาดสดตำบลทุ่งหว้า อำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูล

O 29

จารึกและรูปแบบพระแผงไม้ในจังหวัดแพร่

ศิริศักดิ์ อภิศักดิ์มนตรี[1]* สมศักดิ์ พรมจักร[2] และเกรียงไกร เมืองมูล[3]

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้ เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยเรื่อง พระแผงไม้ล้านนา: กระบวนการสร้างสรรค์และอนุรักษ์ จุดประสงค์ของบทความนี้เพื่อวิเคราะห์จารึกและรูปแบบของพระแผงไม้ในจังหวัดแพร่ ใช้วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ ผลการศึกษาพบพระแผงไม้ในจังหวัดแพร่ จำนวน 39 แผง มีจารึก 7 แผง พระแผงไม้ที่อายุเก่าที่สุดพบใน พ.ศ. 2201 พระแผงไม้ที่ใหม่ที่สุด คือ สร้าง พ.ศ. 2561 อายุการสร้างพระแผงไม้แสดงถึงความต่อเนื่องในการสร้างพระแผงไม้ในจังหวัดแพร่มาตั้งแต่พุทธศตวรรษที่ 24 – 26 เนื้อหาจารึกแสดงคติความเชื่อปัญจอันตรธาน พุทธบูชา อาจาริยบูชา และการอุทิศแก่ผู้ล่วงลับ ส่วนรูปแบบพระแผงไม้พบลักษณะซุ้มทรงกรอบซุ้มมากที่สุด ในส่วนของกรอบซุ้มทรงเบ็ดเตล็ดพบเป็นรูปกรอบกลีบบัวมากที่สุด แผงไม้ทั้งหมดสะท้อนแนวคิดการเป็นที่อยู่ประทับของพระพุทธเจ้าโดยเฉพาะ ส่วนพระพิมพ์ที่ประดับด้านใน เป็นไปตามคติความเชื่อเรื่องอดีตพระพุทธเจ้า

คำสำคัญ: พระแผงไม้ จารึก รูปแบบ จังหวัดแพร่

[1] อาจารย์, มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย วิทยาเขตเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50220

[2] อาจารย์, มหาวิทยาลัยราชภัฏ เชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[3] อาจารย์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตล้านนา อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[1] Professor, Mahachulalongkornrajavidyalaya University, Chiang Mai Campus, Muang District, Chiang Mai Province 50220

[2] Professor, Chiang Mai Rajabhat University, Muang District, Chiang Mai Province 50300

[3] Professor, Rajamangala University of Technology Lanna Campus, Muang District, Chiang Mai Province 50300

* Corresponding Author: E-mail: sak_api@hotmail, Tel: 064 9544294

Inscriptions and Patterns of Wooden Buddha Panels in Phrae Province

Dr. Sirisak Apisakmontree[1], Somsak Phromchak[2] and Kriangkrai Muangmun[3]

Abstract

This research article is part of the research on Lanna wooden panels: the process of creation and conservation. The purpose of this article is to analyze the inscriptions and styles of wooden panels in Phrae Province. Using qualitative research methods. The study found 39 wooden panels in Phrae Province, 7 of which had inscriptions. The oldest wooden panel was found in 2201 B.E. The newest wooden panel was created in 2561 B.E. The age of the wooden panel construction shows the continuity of the wooden panel construction in Phrae Province since the 24th - 26th Buddhist centuries. The content of the inscription shows the beliefs of the five disappearing Buddhas, the worship of teachers, and dedication to the deceased. As for the wooden panel Buddha image style, the most common type is the frame-shaped niche style. In the section of miscellaneous arch frames, the most common type is the lotus petal frame. All the wooden panels reflect the idea of the Buddha's residence, especially the Buddha amulets decorated inside, which are in line with the belief in the past Buddha.

Keywords: Wooden Buddha panels, Inscriptions, patterns, Phrae Province

บทนำ

พระแผงไม้เป็นงานประติมากรรมล้านนาประเภทหนึ่งที่มีมาแต่โบราณ ใช้เรียกแผงไม้ที่ประดับพระพิมพ์จำนวนมากอย่างเป็นระเบียบ แผงไม้นี้ล้วนถูกสร้างสรรค์ให้งดงามด้วยงานช่างฝีมือหลากหลายในรูปแบบที่แตกต่างกันไป เช่น ซุ้มทรงกรอบซุ้ม ซุ้มทรงบรรพ์แถลง ซุ้มทรงปราสาท ซุ้มหน้านาง ซุ้มทรงเรือนแก้ว เป็นต้น ในส่วนการตกแต่งมีทั้งเทคนิคการแกะสลักไม้ ลงรักปิดทอง ประดับกระจก เป็นต้น สร้างขึ้นตามคติอดีตพระพุทธเจ้าและอื่นๆ ตามความที่ปรากฏในจารึกบนพระแผงไม้ ในอดีตพบกระจายตัวของพระแผงไม้ทั้งในล้านนา อยุธยา และรัตนโกสินทร์ สะท้อนให้เห็นถึงความศรัทธาในพระพุทธเจ้า และยังแสดงให้เห็นถึงความนิยมในการสร้างพระแผงไม้ถวายไว้กับวัดสำคัญ

อย่างไรก็ตามพระแผงไม้ที่พบในปัจจุบันมีสภาพไม่สมบูรณ์จำนวนมาก บางวัดก็ไม่ปรากฏพระแผงไม้เก็บรักษาไว้แล้ว ซึ่งอาจพังทลาย ถูกทำลาย ลักขโมย หรือสูญหายไปก็ได้ เพราะเป็นวัตถุที่มีขนาดและน้ำหนักไม่มากนัก สามารถยกหรือเคลื่อนย้ายได้ ในบางวัดก็ปรากฏแต่แผงไม้เพียงอย่างเดียว ส่วนพระพิมพ์ที่ประดับด้านในสูญหายแล้ว แผงไม้เหล่านี้จึงมักจะถูกทิ้งไว้ตามสถานที่ต่างๆ ของวัด เช่นในระเบียงคด หรือข้างวิหาร เป็นต้น ซึ่งการกระทำดังกล่าวเสี่ยงต่อการเสื่อมสลายของแผงไม้ทั้งจากปัจจัยทางธรรมชาติทั้งอากาศ แสงแดด ฝน สัตว์ประเภทปลวก และมนุษย์ ตลอดจนถึงการเสี่ยงต่อการเสื่อมสูญในองค์ความรู้เกี่ยวกับพระแผงไม้ด้วย

ไม่เพียงแต่พระแผงไม้ที่พบจำนวนไม่มากและไม่สมบูรณ์ในแต่ละจังหวัดแล้ว การศึกษาเรื่องพระแผงไม้ในระดับอุดมศึกษาก็พบจำนวนน้อยเช่นกัน ที่เกี่ยวกับพระแผงไม้โดยตรง มี 2 เล่ม ได้แก่ วิทยานิพธ์ระดับมหาบัณฑิต ภาควิชาโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร ปี พ.ศ. 2558 (ยุทธภูมิ มั่นตรง, 2558) กับดุษฎีนิพนธ์ คณะพุทธศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย (ฤๅษีเทพขาว พลอยทำ, 2562) นอกจากนั้นก็พบประปรายรวมกันกับการศึกษาเรื่องอื่นๆ เช่น ในรายงานการบูรณะระเบียงคต หอไตร และกุฏิพระแก้ว วัดพระธาตุลำปางหลวง ที่มีการสำรวจโบราณวัตถุภายในวัดพระธาตุลำปางหลวง ซึ่งพบพระแผงไม้ที่มีจารึกจำนวน 8 แผง (ศิริศักดิ์ อภิศักดิ์มนตรี, 2551) รวมอยู่ด้วย หรือในหนังสือคำจารึกที่ฐานพระพุทธรูปในนครเชียงใหม่ที่พบพระแผงไม้ที่มีจารึกจำนวนหนึ่ง (ฮันส์ เพนธ์, 2519) เป็นต้น

ด้วยเหตุนี้ สถานการณ์ของพระแผงไม้ในปัจจุบัน จึงอยู่ในภาวะสุ่มเสี่ยงต่อการสูญหายไป ทั้งในส่วนของวัตถุและองค์ความรู้เชิงช่าง จึงเป็นสถานการณ์เร่งด่วนที่จำเป็นต้องศึกษาในเรื่องนี้

สำหรับในบทความนี้จะนำเสนอเฉพาะผลการศึกษาพระแผงไม้ในจังหวัดแพร่ ที่มีการค้นพบพระแผงไม้จำนวน 39 แผง ในจำนวนพระแผงไม้ล้านนาที่ศึกษา 300 แผง แม้จะมีจำนวนไม่มากนัก แต่ก็มีรูปแบบและอายุการสร้างที่หลากหลาย โดยในจำนวนนี้พบจารึกถึง 7 แผง ซึ่งผลจากการวิเคราะห์จารึกและรูปแบบของพระแผงไม้ในจังหวัดแพร่ จะนำไปสู่ความเข้าใจในคติความเชื่อการสร้างพระแผงไม้ อายุสมัย และรูปแบบของพระแผงไม้ในล้านนาได้

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) ประกอบด้วย 1) การวิจัยเชิงเอกสาร (Documentary Research) 2) การลงพื้นที่เก็บข้อมูล (Survey Research) กลุ่มตัวอย่างพระแผงไม้ในจังหวัดแพร่ และสัมภาษณ์เชิงลึกบุคคลที่เกี่ยวข้องกับการสร้างสรรค์พระแผงไม้จำนวน 15 รูป/คน ประกอบด้วยเจ้าอาวาสของวัดที่เก็บรักษาพระแผงไม้จำนวน 10 รูป

นอกจากนั้นเป็นอาจารย์ในมหาวิทยาลัย นักวิชาการในท้องถิ่นที่ศึกษาเกี่ยวกับงานพุทธศิลปกรรมล้านนา เพื่อมุ่งให้ได้องค์ความรู้เกี่ยวกับพระแผงไม้ในจังหวัดแพร่

กลุ่มตัวอย่างเป็นพระแผงไม้ในเมืองแพร่ ประกอบด้วย 1) พระแผงไม้ในพิพิธภัณฑ์วัดศรีดอนคำ 2) พระแผงไม้ในพิพิธภัณฑ์บ้านบุญมา 3) พระแผงไม้ในพิพิธภัณฑ์วัดพระหลวงธาตุเนิ้ง 4) พระแผงไม้ในกุฏิเจ้าอาวาสและศาลาการเปรียญวัดร่องฟอง 5) พระแผงไม้ในวิหารวัดหลวง 6) พระแผงไม้ในพิพิธภัณฑ์วัดพระบาทมิ่งเมืองวรวิหาร 7) พระแผงไม้ในกุฏิเจ้าอาวาสวัดถิ่นใน 8) พระแผงไม้ในกุฏิเจ้าอาวาสวัดต้าเวียง 9) พระแผงไม้ในพิพิธภัณฑ์วัดสะแล่ง 10) พระแผงไม้ในวิหารวัดสุพรรณ

ทั้งนี้กระบวนการวิจัย เริ่มจากการศึกษาเอกสาร เพื่อให้ได้องค์ความรู้เกี่ยวกับประวัติ ความสำคัญ คติการสร้าง และสถานการณ์การศึกษาพระแผงไม้ในจังหวัดแพร่ ก่อนลงพื้นที่สำรวจพระแผงไม้ในพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง จากนั้นจึงนำมาวิเคราะห์จารึกและรูปแบบทางพุทธศิลปกรรม

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

พระแผงไม้ในจังหวัดแพร่ พบจำนวน 39 แผง ดังนี้ 1) พระแผงไม้ในพิพิธภัณฑ์วัดศรีดอนคำ จำนวน 4 แผง 2) พระแผงไม้ในพิพิธภัณฑ์บ้านบุญมา จำนวน 1 แผง 3) พระแผงไม้ในพิพิธภัณฑ์วัดพระหลวงธาตุเนิ้ง จำนวน 11 แผง 4) พระแผงไม้ในกุฏิเจ้าอาวาสและศาลาการเปรียญวัดร่องฟอง จำนวน 5 แผง 5) พระแผงไม้ในวิหารวัดหลวง จำนวน 4 แผง 6) พระแผงไม้ในพิพิธภัณฑ์วัดพระบาทมิ่งเมืองวรวิหาร จำนวน 5 แผง 7) พระแผงไม้ในกุฏิเจ้าอาวาสวัดถิ่นใน จำนวน 2 แผง 8) พระแผงไม้ในกุฏิเจ้าอาวาสวัดต้าเวียง จำนวน 4 แผง 9) พระแผงไม้ในพิพิธภัณฑ์วัดสะแล่ง จำนวน 1 แผง 10) พระแผงไม้ในวิหารวัดสุพรรณ จำนวน 2 แผง

ผลการวิจัยพบว่า พระแผงไม้มีตั้งแต่ขนาดเล็กที่สุด คือ 49 เซนติเมตร เป็นพระแผงไม้ที่เก็บรักษาไว้ในพิพิธภัณฑ์วัดพระบาทมิ่งเมืองวรวิหาร ซึ่งเป็นพระแผงไม้ที่ทำขึ้นใหม่โดยช่างบ้านถวาย ใน พ.ศ. 2555 ใช้ถวายสตมวาร พระมหาโพธิวงศาจารย์ วัดพระบาทมิ่งเมืองวรวิหาร ส่วนพระแผงไม้ที่มีขนาดสูงที่สุด คือ พระแผงไม้ทรงปราสาทในพิพิธภัณฑ์วัดพระหลวงธาตุเนิ้ง มีขนาด 197 - 200 เซนติเมตร

สำหรับพระแผงไม้ที่อายุเก่าที่สุดพบใน พ.ศ. 2201 เป็นพระแผงไม้ในพิพิธภัณฑ์วัดศรีดอนคำ ส่วนพระแผงไม้ที่ใหม่ที่สุด คือ พระแผงไม้ในศาลาการเปรียญวัดร่องฟอง สร้างใน พ.ศ. 2561 เมื่อแยกอายุของพระแผงไม้เป็นพุทธศตวรรษ พบว่าในพุทธศตวรรษที่ 23 (พ.ศ. 2201-2300) พบพระแผงไม้จำนวน 1 แผง ได้แก่ พระแผงไม้พิพิธภัณฑ์วัดศรีดอนคำ (พ.ศ. 2201) พุทธศตวรรษที่ 24 (พ.ศ. 2301-2400) พบพระแผงไม้จำนวน 1 แผง ได้แก่ จารึกพระแผงไม้วัดหลวง แพร่ (พ.ศ. 2383) พุทธศตวรรษที่ 26 (พ.ศ. 2501-2600) พบพระแผงไม้จำนวน 3 แผง ได้แก่ จารึกพระแผงไม้วัดต้าเวียง แพร่ (พ.ศ. 2550) จารึกพระแผงไม้วัดมิ่งเมือง แพร่ (พ.ศ. 2555) จารึกพระแผงไม้วัดร่องฟอง แพร่ (พ.ศ. 2561)

จารึกพระแผงไม้ในจังหวัดแพร่

จารึกพระแผงไม้พบ 7 แผง ประกอบด้วย พระแผงไม้วัดร่องฟอง พระแผงไม้วัดหลวง พระแผงไม้วัดศรีดอนคำ พระแผงไม้วัดต้าเวียง พระแผงไม้วัดมิ่งเมือง และพระแผงไม้วัดพระหลวงธาตุเนิ้ง อีก 2 แผง โดยพระแผงไม้ของวัดพระหลวงธาตุเนิ้งไม่สามารถอ่านได้ จารึกที่อ่านได้จึงมีทั้งหมด 5 แผง สรุปได้ดังนี้

1) พ.ศ. 2201 จารึกวัดศรีดอนคำ เดิมพระแผงไม้นี้เป็นหลักจารึกไม้มาก่อน ภายหลังเมื่อผุกร่อน จารึกด้วยอักษรธรรมล้านนา เมื่ออักษรลบเลือนจึงมีการนำมาสร้างเป็นพระแผงไม้ เนื้อหาในจารึกเดิม มีความเกี่ยวข้องกับประวัติศาสตร์เมืองลำปาง

และเมืองลอง ระบุชื่อเจ้าฟ้าหลวงเมืองลายข้า ลูกเจ้าฟ้าหลวงเสือก่อนฟ้า หลานเจ้าฟ้าหลวงเสือจ้อ มาเป็นเจ้าเมืองนคร (ลำปาง) มีจิตศรัทธาถวายที่ดินให้วัดอยู่ในเมืองลอง

จากคำในจารึกทำให้ทราบว่า ใน พ.ศ. 2201 เมืองลองเป็นส่วนหนึ่งของลำปาง และเจ้าฟ้าหลวงเมืองลายข้าได้มาปกครองเมืองนคร (ลำปาง) ช่วงเวลาดังกล่าวนี้ เมืองนคร (ลำปาง) ขึ้นอยู่กับเมืองเชียงใหม่ ดังที่ปรากฏในพระราชพงศาวดารกรุงศรีอยุธยา ฉบับสมเด็จพระนพรัตน์ วัดพระเชตุพนถึงเหตุการณ์ใน พ.ศ. 2203 สมัยสมเด็จพระนารายณ์ได้ตีเมืองเชียงใหม่ พระองค์รู้ข่าวว่าพระญาแสนหลวงเมืองเชียงใหม่ส่งคนมาล่อลวงทัพขึ้นไป จึงได้ตีเมืองลำปางและเมืองเถินก่อน เพราะเมืองทั้งสองขึ้นกับเมืองเชียงใหม่ เจ้าฟ้าหลวงเมืองลายข้าที่ปกครองเมืองนครนั้น ได้หนีไปพึ่งเจ้าเมืองเชียงใหม่ เมื่อพระองค์ยึดเมืองลำปางและเถินได้แล้วก็ให้ไปตีเมืองตัง (ต้า) เมืองลอง เอาคนไปไว้เมืองพิษณุโลก

ทั้งนี้ชื่อเมืองลายข้าปัจจุบันเขียนเป็นเมืองลายค่า ตั้งอยู่ตอนใต้ของรัฐฉาน ในประเทศพม่า มีแม่น้ำเต็งเป็นแม่น้ำหลักและเป็นแม่น้ำสาขาสำคัญของแม่น้ำสาละวิน โดยตัวเมืองลายค่าตั้งอยู่ในที่ราบน้ำเต็ง ใกล้เมืองปางโหลงซึ่งเป็นที่ซึ่งทำสัญญาปางโหลง

เมืองลายค่ามีเจ้าฟ้าปกครองมาแต่โบราณ ต่อมาหอคำเมืองลายค่าถูกยกให้เป็นวัดหอคำ เพื่อหลีกเลี่ยงการถูกทำลายทิ้งหลังนายพลเนวินปฏิวัติ พ.ศ. 2502 โดยเจ้าฟ้าเมืองลายค่าคนสุดท้าย คือ เจ้าหนุ่ม เป็นหนึ่งในผู้นำท้องถิ่นที่ลงนามในข้อตกลงประวัติศาสตร์เมื่อปี พ.ศ. 2409 กับนายพลอองซาน เป็นโอรสคนที่ 3 ของเจ้าคุนไล พระองค์ทรงอภิเษกสมรมกับเจ้าส่วยอินเจ้าหญิงแห่งเมืองกุ้ง ทรงสิ้นพระชนม์เมื่ออายุ 80 พรรษา (พ.ศ. 2449-2529)

การสร้างพระแผงไม้บนจารึกแผงนี้ น่าจะมีอายุอย่างน้อยในพุทธศตวรรษที่ 24 เป็นต้นมา

2) พ.ศ. 2383 จารึกพระแผงไม้วัดหลวง ระบุชื่ออย่าขันแก้วพร้อมกับด้วยลูกเต้าเป็นผู้สร้างถวาย จารึกด้วยอักษรธรรมล้านนา

3) พ.ศ. 2550 จารึกพระแผงไม้วัดต้าเวียง ระบุชื่อ นายอุ่น บ้านเวียง จารึกด้วยอักษรไทย ภาษาไทย

4) พ.ศ. 2555 จารึกพระแผงไม้วัดมิ่งเมือง ระบุชื่อ พระมหาโพธิวงศาจารย์ วัดพระบาทมิ่งเมืองวรวิหาร จารึกเป็นอักษรไทย ภาษาไทย ทั้งนี้พระมหาโพธิวงศาจารย์ (ครูบาจี๋) เป็นพระเถระที่มีคนนับถือมาก นามเดิม สุจี ขรวงค์ เกิดเมื่อวันพฤหัสบดีที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2460 ตำบลนาจักร อำเภอเมืองแพร่ จังหวัดแพร่ เป็นบุตรของนายลาด กับนางผัน ขรวงค์ สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาปีที่ 5 จากโรงเรียนวัดนาจักร อันเป็นชั้นสูงสุด บรรพชาเป็นสามเณร พ.ศ. 2476 ณ วัดกาญจนาราม จังหวัดแพร่ พระอุปัชฌาย์ คือ พระครูมหาญาณสิทธิ์ วัดพระบาทมิ่งเมืองวรวิหาร อุปสมบท พ.ศ. 2481 ณ วัดกาญจนาราม พระอุบาลีคุณูปมาจารย์ (ฟู อตฺตสิโว) เป็นพระอุปัชฌาย์ วัดพระบาทมิ่งเมืองวรวิหาร ท่านมรณภาพใน พ.ศ. 2554 การจัดทำพระแผงไม้นี้เพื่อเนื่องในโอกาสสตมวาร อันเป็นการทำบุญอุทิศแก่ผู้ล่วงลับในวันที่ครบ 7 วัน

5) พ.ศ. 2561 จารึกพระแผงไม้วัดร่องฟอง ระบุชื่อ พระเดชริทธ์ อตฺถวีโรท วัดดงใต้ และพระวรญาณสิริญาณรังสี วัดดอนแก้ว เป็นผู้สร้างถวายเจ้าอาวาสวัดร่องฟองในปัจจุบัน

จากจารึกพระแผงไม้ทั้ง 5 แผง ทำให้มองเห็นความต่อเนื่องในการสร้างพระแผงไม้ในจังหวัดแพร่ มาตั้งแต่พุทธศตวรรษที่ 24 – 26 และเชื่อว่าน่าจะยังมีการสร้างต่อเนื่องกันจนถึงปัจจุบัน นอกจากนี้ยังทำให้คติความเชื่อในการสร้างพระแผงไม้ถวายวัดเพื่อค้ำชูพระพุทธศาสนาให้ดำรงอยู่ครบ 5000 ปี (ปัญจอันตรธาน) เป็นพุทธบูชา เพื่อทำบุญอุทิศแก่ผู้ล่วงลับ และเพื่อเป็นอาจาริยบูชา

รูปแบบพระแผงไม้ในจังหวัดแพร่

พระแผงไม้ในจังหวัดแพร่ จำนวน 39 แผง สามารถจำแนกตามรูปแบบกรอบพระแผงไม้ได้เป็น

1) ซุ้มทรงกรอบซุ้ม พบ 12 แผง ได้แก่ พระแผงไม้ในพิพิธภัณฑ์วัดศรีดอนคำ พระแผงไม้ในพิพิธภัณฑ์บ้านบุญมา พระแผงไม้ในพิพิธภัณฑ์วัดพระหลวงธาตุเนิ้ง 4 แผง พระแผงไม้ศาลาการเปรียญวัดร่องฟอง พระแผงไม้ในวิหารวัดหลวง และพระแผงไม้ในพิพิธภัณฑ์วัดพระบาทมิ่งเมืองวรวิหาร 4 แผง

ทั้งนี้ซุ้มทรงกรอบซุ้ม คือ ซุ้มชนิดที่ทำลวดลายประดับโดยรอบในลักษณะกรอบเช็ดหน้า อันได้แรงบันดาลใจจากงานฝีมือจำพวกกรอบหรือ Frame ของชาวตะวันตก เข้าสู่สยามในสมัยพระบาทสมเด็จพระนั่งเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 3 เป็นต้นมา มักจะตกแต่งยอดซุ้มเป็นรูปกรวยแหลม ตกแต่งขอบด้วยกระบวนดอกและใบต่างๆ อย่างลายฝรั่งหรือจีน จึงเรียกอีกอย่างว่าซุ้มอย่างเทศ ด้วยเหตุนี้พระแผงไม้ที่มีลักษณะกรอบซุ้ม

2) ซุ้มทรงบรรพ์แถลง พบ 7 แผง ได้แก่ พระแผงไม้ในพิพิธภัณฑ์วัดพระหลวงธาตุเนิ้ง 2 แผง พระแผงไม้ในพิพิธภัณฑ์วัดหลวง 1 แผง และพระแผงไม้ในกุฏิเจ้าอาวาสวัดต้าเวียง 4 แผง ทั้งนี้ซุ้มทรงบรรพ์แถลงมีลักษณะเป็นซุ้มที่ส่วนยอดเป็นหน้าจั่วรูปทรงกลีบบัว ซึ่งตกแต่งด้วยชุดเครื่องลำยองและลวดลายประดับหน้าบัน ในขณะที่ส่วนตอนกลางเป็นแผ่นไม้มีเสาซุ้ม คำว่าบรรพ์แถลงนั้น โบราณหมายถึงมุขจั่วเล็กๆ ตกแต่งชั้นบัวของกำแพงหรืออาคาร อย่างที่เรียกว่าซุ้มรังไก่ ในเชิงช่างไทยนำไปใช้เรียกเครื่องประดับที่อยู่บนส่วนอาคารประเภทเครื่องยอดต่างๆ เป็นรูปแบบที่พบเห็นได้ทั่วไป

ภาพที่ 1 พระแผงไม้แบบซุ้มทรงกรอบซุ้ม พิพิธภัณฑ์วัดศรีดอนคำ

ภาพที่ 2 พระแผงไม้แบบซุ้มทรงปราสาท พิพิธภัณฑ์วัดพระหลวง

3) ซุ้มทรงปราสาท พบ 3 แผง ได้แก่ พระแผงไม้ในพิพิธภัณฑ์วัดพระหลวงธาตุเนิ้ง ในพิพิธภัณฑ์วัดศรีดอนคำ และในกุฏิเจ้าอาวาสวัดร่องฟอง โดยซุ้มทรงปราสาท คือ การจำลองรูปทรงและองค์ประกอบของอาคารประเภทปราสาท ผ่านแบบแผนการใช้ซุ้มทรงบรรพ์แถลง ที่เทินเครื่องยอดชนิดต่างๆ เช่น ยอดมณฑป ยอดมงกุฎ ยอดปราง เป็นต้น โดยคำว่าปราสาทหมายถึงเรือนซ้อนชั้น

4) ซุ้มหน้านาง พบ 3 แผง ได้แก่ พระแผงไม้ในพิพิธภัณฑ์วัดสะแล่ง พระแผงไม้ในพิพิธภัณฑ์วัดพระหลวงธาตุเนิ้ง และพระแผงไม้ในกุฏิเจ้าอาวาสวัดถิ่นใน ทั้งนี้ซุ้มหน้านาง คือ การจำลองกระบังหน้าสตรี โดดเด่นอยู่ที่กรอบบนซึ่งบดเป็นรูปโค้งที่มี

ปลายยอดแหลม ในขณะที่กรอบล่างกลับเบียดเป็นเส้นให้ล้อไปตามโครงไรผมอันโค้งงามของสตรี บางครั้งเรียก อุณหิส หรือกรอบหน้า หรือมงกุฎ หรือเครื่องประดับหน้าผาก

ภาพที่ 3 พระแผงไม้แบบซุ้มทรงปราสาท
พิพิธภัณฑ์วัดศรีดอนคำ

ภาพที่ 4 พระแผงไม้แบบซุ้มทรงเรือนแก้ว
พิพิธภัณฑ์วัดพระหลวง

5) ซุ้มทรงเรือนแก้ว พบ 1 แผง ในพิพิธภัณฑ์วัดพระหลวงธาตุเนิ้ง ทั้งนี้ซุ้มเรือนแก้ว คือ การจำลองเรือนแก้วด้านหลังพระประธาน ลักษณะเป็นซุ้มที่มียอดโค้งแหลม ตัวซุ้มสร้างให้ต่อเนื่องกันเป็นโครงสร้างเดียวกับยอดซุ้ม โดยที่บ่ากรอบซุ้มทำเป็นอินทรธนู ฐานสิงห์

6) ซุ้มทรงวิมาน หมายถึง พบ 1 แผง ได้แก่ พระแผงไม้ในกุฏิเจ้าอาวาสวัดถิ่นใน โดยซุ้มทรงวิมาน คือ การจำลองรูปแบบวิมานผ่านการออกแบบซุ้มที่มียอดแหลมเหมือนอย่างป้านลม ซึ่งเชื่อมต่อกันเป็น 3 ยอด โดยมียอดกลางสูงที่สุด

ภาพที่ 5 พระแผงไม้แบบซุ้มทรงวิมาน
กุฏิเจ้าอาวาสวัดถิ่นใน

ภาพที่ 6 พระแผงไม้แบบซุ้มมณฑป
พิพิธภัณฑ์วัดศรีดอนคำ

7) ซุ้มมณฑป พบ 1 แผงในพิพิธภัณฑ์วัดศรีดอนคำ เป็นการจำลองแบบแผนอาคารประเภทมณฑป หรือบุษบก ซึ่งมียอดเป็นกรวยเหลี่ยมแหลม มีหลังคาซ้อนลดหลั่นมาเป็นชั้นๆ

8) ซุ้มทรงเบ็ดเตล็ด ได้แก่ซุ้มทรงอื่นๆ ที่ไม่ได้อธิบายไว้ด้านบน ประกอบด้วย

8.1) กรอบกลีบบัว พบ 4 แผง ประกอบด้วยพระแผงไม้ในพิพิธภัณฑ์วัดพระหลวงธาตุเนิ้ง 2 แผง พระแผงไม้ในพิพิธภัณฑ์วัดถิ่นแถนหลวง 1 แผง และพระแผงไม้ในพิพิธภัณฑ์วัดศรีดอนคำ 1 แผง

4.2) ตุง พบ 4 แผง ได้แก่ พระแผงไม้ในวิหารวัดสุพรรณ 2 แผง ในพิพิธภัณฑ์วัดหลวง 2 แผง

4.3) กรอบนาค พบ 3 แผง ที่วัดพระบาทมิ่งเมืองวรวิหาร 1 แผง วัดร่องฟอง 2 แผง

ทั้งนี้พระแผงไม้ที่มีลักษณะซุ้มทรงกรอบซุ้มพบจำนวนมากที่สุด (16 แผง) ได้รับอิทธิพลจากรัตนโกสินทร์ในปลายพุทธศตวรรษที่ 24 หรือต้นพุทธศตวรรษที่ 25 เป็นต้นไป รองลงมาเป็นซุ้มทรงบรรพ์แถลง (7 แผง) ซุ้มทรงปราสาท (3 แผง) ซุ้มหน้านาง (3 แผง) ซุ้มทรงเรือนแก้ว (1 แผง) ซุ้มทรงวิมาน (1 แผง) ซุ้มมณฑป (1 แผง) และซุ้มทรงเบ็ดเตล็ด (11 แผง) แบ่งเป็น กรอบกลีบบัว (4 แผง) ตุง (4 แผง) และกรอบนาค (3 แผง)

รูปแบบของแผงไม้ทั้งหมดนี้ ได้สะท้อนให้เห็นถึงแนวคิดการเป็นที่อยู่ประทับของพระพุทธเจ้าหรือที่เรียกว่า คันธกุฎีนั่นเอง ส่วนพระพิมพ์ที่ประดับด้านในเป็นไปตามคติความเชื่อเรื่องพระพุทธเจ้าที่ปรากฏอยู่ในโลกทั้งหลายจำนวนมาก เป็นไปเพื่อการแสดงความเคารพบูชา ทั้งยังสามารถชี้ให้เห็นถึงบารมีของพระพุทธเจ้าที่สั่งสมมาเนิ่นนานของแต่ละพระองค์ด้วย ที่เรียกว่า บารมี 10 ทัศ

ภาพที่ 7 พระแผงไม้แบบซุ้มบรรพ์แถลง
พิพิธภัณฑ์วัดพระหลวง

ภาพที่ 8 พระแผงไม้แบบซุ้มหน้านาง
พิพิธภัณฑ์วัดสะแล่ง

ภาพที่ 9 พระแผงไม้แบบซุ้มทรงเบ็ดเตล็ด กรอบนาค
ศาลาการเปรียญวัดร่องฟอง

ภาพที่ 10 พระแผงไม้แบบซุ้มทรงเบ็ดเตล็ด กลีบบัว
พิพิธภัณฑ์วัดศรีดอนคำ

อภิปรายผลการวิจัย

พระแผงไม้เป็นวัฒนธรรมร่วมของล้านนา มีรูปแบบโดยรวมจำนวน 7 รูปแบบ ได้แก่ 1) ซุ้มทรงบรรพ์แถลง 2) ซุ้มทรงมณฑป 3) ซุ้มทรงปราสาท 4) ซุ้มเรือนแก้ว 5) ซุ้มทรงวิมาน 6) ซุ้มหน้านาง 7) ซุ้มทรงกรอบซุ้ม รูปแบบเหล่านี้อ้างอิงจากรูปแบบของซุ้มประตูหน้าต่างวิหาร อย่างไรรูปแบบนอกเหนือจากนี้ เรียกรูปแบบเบ็ดเตล็ด ได้แก่ รูปแบบกลีบบัว โค้งมน ตุง กรอบนาคสามเหลี่ยม และรูปแบบอิสระ เป็นต้น

พระแผงไม้ในจังหวัดแพร่ที่อายุเก่าที่สุดพบใน พ.ศ. 2201 เป็นพระแผงไม้ในพิพิธภัณฑ์วัดศรีดอนคำซึ่งเดิมเป็นหลักจารึกมาก่อน ต่อมาเมื่อชำรุดจึงได้นำมาทำพระแผงไม้ สันนิษฐานว่าคงอยู่ในช่วงหลายพุทธศตวรรษที่ 23 เป็นต้นมา อย่างไรก็ตามในการสำรวจพระแผงไม้ล้านนา พบว่ามีอายุเก่าไปถึงปลายพุทธศตวรรษที่ 22 เป็นพระแผงไม้ที่เก็บรักษาไว้ที่วัดพระธาตุลำปางหลวง จังหวัดลำปาง ลักษณะเป็นซุ้มทรงบรรพ์แถลง สร้างใน พ.ศ. 2194 พระแผงไม้ที่น่าจะสร้างขึ้นในช่วงเวลาเดียวกับพระแผงไม้วัดศรีดอนคำ คือ พระแผงไม้วัดพระธาตุลำปางหลวง จังหวัดลำปาง รูปแบบซุ้มทรงปราสาท (พ.ศ.2285)

พระแผงไม้ที่ใหม่ที่สุด เป็นพระแผงไม้วัดปงสนุกเหนือ จังหวัดลำปาง แบบกรอบกลีบบัว ที่สร้างเลียนแบบของเดิมขึ้นใหม่ใน พ.ศ. 2566 อย่างไรก็ตามเมื่อจำแนกเป็นพุทธศตวรรษ จะพบว่าในจำนวนพระแผงไม้ที่พบในล้านนาและมีจารึกทั้งหมด พระแผงไม้ที่สร้างในพุทธศตวรรษที่ 22 (พ.ศ. 2101-2200) มี 1 แผง พระแผงไม้ในพุทธศตวรรษที่ 23 (พ.ศ. 2201-2300) มี 2 แผง ได้แก่ พระแผงไม้ที่เก็บรักษาไว้ในพิพิธภัณฑ์วัดศรีดอนคำ แพร่ (พ.ศ. 2201) พุทธศตวรรษที่ 24 (พ.ศ. 2301-2400) พบจำนวน 17 แผง พระแผงไม้ในพุทธศตวรรษที่ 25 (พ.ศ. 2401-2500) พบจำนวน 18 แผง พระแผงไม้ที่พบในพุทธศตวรรษที่ 26 (พ.ศ. 2501-2600) มี 14 แผง แสดงให้เห็นถึงความต่อเนื่องของการสร้างสรรค์และสืบต่อประเพณีการถวายพระแผงไม้ในล้านนา

ทั้งนี้พบว่ารูปแบบพระแผงไม้แบบกรอบซุ้มพบมากที่สุดในจังหวัดแพร่ สอดคล้องกับพระแผงไม้ล้านนาที่พบว่ามี รูปแบบกรอบซุ้มมากที่สุด อย่างไรก็ตามในพื้นที่จังหวัดลำปางกลับพบรูปแบบปราสาทมากที่สุดซึ่งในจังหวัดอื่นๆ พบรูปแบบนี้น้อยมาก ยกเว้นจังหวัดน่านที่มีปริมาณใกล้เคียงกัน ส่วนในจังหวัดน่านที่พบรูปแบบทรงวิมานมากที่สุด ซึ่งในจังหวัดอื่นก็พบจำนวนน้อยเช่นกัน

ทั้งนี้พระพิมพ์ที่ประดับบนพระแผงไม้นั้น ใช้หมายถึงพระพุทธเจ้าแต่ละพระองค์ที่มีจำนวนมาก ดังที่ปรากฏในจารึกพระแผงไม้ในพิพิธภัณฑ์พื้นถิ่นล้านนา จังหวัดเชียงใหม่ ที่ระบุถึงพระพุทธเจ้า 28 พระองค์ ดังว่า “...สักกาชได้ 2498 ตัว (พ.ศ. 2498) ปลีรวายเส็ด เดือนเกียง แรม 2 ค่ำ พ่ำว่าได้วันจัน ขเาเจ้าขนานพอรไชย ตุ้ยดัง ได้สร้างแปงยังพระเจ้า 28 ไว้กัยศาสนาแห่งพระเจ้าโคตมทลาบต่อเต้า 5000 พระวัณสา ถวายไว้ยกับเมืองเชียงใหม่ วัดสะดือเมิงกลางเวียงนั้นแล..” คำว่าพระเจ้า 28 ในจารึก คือ พระพุทธเจ้า 28 พระองค์ ซึ่งตรงกับจำนวนพระพิมพ์ที่ประดับบนพระแผงไม้นั้น เหตุนี้ พระพิมพ์ 1 องค์ แทนพระพุทธเจ้า 1 พระองค์ตามคติชาวล้านนา เป็นต้น

พระพุทธเจ้าจำนวน 28 องค์นี้ ในทางพระพุทธศาสนา หมายถึง พระพุทธเจ้าในอดีตที่อุบัติและนิพพานไปแล้วตลอดไปถึงพระพุทธเจ้าโคตมะซึ่งเป็นพระพุทธเจ้าในปัจจุบัน นับเป็นองค์ที่ 28 ในระบบการนับเช่นนี้ เรื่องพระพุทธเจ้า 28 พระองค์ปรากฏในพุทธวงศ์/ ชินมหานิทาน มีรายนามดังต่อไปนี้ 1) พระตัณหังกรพุทธเจ้า 2) พระเมธังกรพุทธเจ้า 3) พระสรณังกรพุทธเจ้า 4) พระทีปังกรพุทธเจ้า 5) พระโกณฑัญญพุทธเจ้า 6) พระมังคลพุทธเจ้า 7) พระสุมนพุทธเจ้า 8) พระเรวตพุทธเจ้า 9) พระโสภิตพุทธเจ้า 10) พระอโนมทัสสีพุทธเจ้า 11) พระปทุมพุทธเจ้า 12) พระนารทพุทธเจ้า 13) พระปทุมุตตรพุทธเจ้า 14) พระสุเมธพุทธ

เจ้า 15) พระสุชาตพุทธเจ้า 16) พระปิยทัสสีพุทธเจ้า 17) พระอัตถทัสสีพุทธเจ้า 18) พระธรรมทัสสีพุทธเจ้า 19) พระสิทธัตถพุทธเจ้า 20) พระติสสพุทธเจ้า 21) พระปุสสพุทธเจ้า 22) พระวิปัสสีพุทธเจ้า 23) พระสิขีพุทธเจ้า 24) พระเวสสภูพุทธเจ้า 25) พระกกุสันธพุทธเจ้า 26) พระโกนาคมนพุทธเจ้า 27) พระกัสสปพุทธเจ้า 28) พระโคตมพุทธเจ้า

การประดับพระพิมพ์ 28 พระองค์ พบในพระแผงไม้จังหวัดเชียงใหม่มาก ที่อื่นๆ เช่น พระแผงไม้ในพิพิธภัณฑ์วัดอุมลอง จังหวัดลำปาง และพระแผงไม้ในพิพิธภัณฑ์วัดเชียงแข็ง จังหวัดน่าน เป็นต้น

นอกจากนี้ยังพบระเบียบของการประดับพระพิมพ์จำนวน 7 องค์ 5 องค์ 1 องค์บ้าง ตามระเบียบการนับจำนวนพระพุทธเจ้าในพระพุทธศาสนา เช่น ในคัมภีร์มหาปทานสูตร และอาฏานาฏิยสูตร ระบุจำนวนพระพุทธเจ้า 7 พระองค์ โดยนับย้อนขึ้นไปจากพระพุทธเจ้าโคตมะ รวม 7 พระองค์ ดังนี้ 1) พระวิปัสสีพุทธเจ้า 2) พระสิขีพุทธเจ้า 3) พระเวสสภูพุทธเจ้า 4) พระกกุสันธพุทธเจ้า 5) พระโกนาคมนพุทธเจ้า 6) พระกัสสปพุทธเจ้า 7) พระโคตมพุทธเจ้า การประดับพระพิมพ์ 7 องค์ บนพระแผงไม้ พบที่วัดลี้หลวง จังหวัดลำพูน เป็นต้น

ปฐมสมโพธิกถาระบุจำนวนพระพุทธเจ้า 24 พระองค์ โดยนับจากพระพุทธเจ้าโคตมะขึ้นไป 24 พระองค์ไปสุดสิ้นที่พระทีปังกรพุทธเจ้า โดยไม่นับรวม 1) พระตัณหังกรพุทธเจ้า 2) พระเมธังกรพุทธเจ้า 3) พระสรณังกรพุทธเจ้า ในระบบ 28 พระองค์ การประดับพระพิมพ์ 24 องค์ บนพระแผงไม้ได้แก่ พระแผงไม้ในพิพิธภัณฑ์วัดทรายมูลเมือง จังหวัดเชียงใหม่ พระแผงไม้วัดหลวง จังหวัดแพร่

ชินกาลมาลีปกรณ์/ สัมภาระวิบาก ระบุจำนวนพระพุทธเจ้า 31 พระองค์ โดยนับขึ้นไปจากพระพุทธเจ้าองค์แรกในระบบ 28 พระองค์ในพุทธวงศ์ ได้แก่ พระปุราณทีปังกร พระพรหมเทวะ และพระปุราณศากยมุนี

การประดับพระพิมพ์จำนวน 5 องค์ หมายถึง พระพุทธเจ้าทั้ง 5 ในสมัยภัทรกัป อันเป็นสมัยปัจจุบัน ได้แก่ 1) พระกกุสันธพุทธเจ้า 2) พระโกนาคมนพุทธเจ้า 3) พระกัสสปพุทธเจ้า 4) พระโคตมพุทธเจ้า และ 5) พระศรีอาริยเมตไตรย โดยพระพิมพ์ที่พบจำนวน 5 องค์ ได้แก่ พระแผงไม้วัดปงสนุกเหนือ และวัดพระธาตุลำปางหลวง จังหวัดลำปางเป็นต้น

นอกจากนี้ ยังปรากฏการประดับพระพิมพ์ที่ไม่มีอยู่ในระบบการนับพระพุทธเจ้าตามคัมภีร์พระพุทธศาสนา เช่นการประดับพระพิมพ์ในจังหวัดลำปาง จำนวน 10 องค์ ได้แก่ พระแผงไม้วัดพระแก้วดอนเต้าสุชาดาราม และวัดเวียง พระพิมพ์จำนวน 12 องค์ ได้แก่ พระแผงไม้วัดพระแก้วดอนเต้าสุชาดาราม พระพิมพ์ จำนวน 13 องค์ ได้แก่ พระแผงไม้ในพิพิธภัณฑ์วัดเวียง พระพิมพ์ จำนวน 14 องค์ ได้แก่ พระแผงไม้วัดไหล่หิน พระพิมพ์ จำนวน 17 องค์ ได้แก่ พระแผงไม้วัดพระแก้วดอนเต้าสุชาดาราม วัดพระธาตุลำปางหลวง วัดเขาแก้ว ใช้หมายถึงอดีตพระพุทธเจ้าหรืออาจเกี่ยวข้องกับวัฒนธรรมล้านนา เช่น การต่ออายุ ในลักษณะการสืบชะตาบุคคลที่สร้าง เช่น ผู้สร้างมีอายุ 60 ปี แต่สร้างพระแผงไม้ที่มีพระพิมพ์ประดับจำนวน 61 องค์ เพื่อขอพึงอำนาจพระพุทธเจ้าช่วยต่อชะตาอายุของตนให้ยืนยาวออกไป

การถวายพระแผงไม้ไว้กับพระพุทธศาสนาจึงการบูชาพระพุทธเจ้าอันเป็นบุคคลผู้มีคุณงามความดีและคุณธรรมนั้นเป็นสิ่งมงคลอย่างหนึ่งตามคติพระพุทธศาสนาเพราะได้บูชาคนที่ควรบูชา

ส่วนแผงไม้ประดับพระพิมพ์ ใช้หมายถึง อาคารทางพระพุทธศาสนาอันเป็นที่อยู่ของพระพุทธเจ้าโดยเฉพาะประกอบด้วยส่วนฐานอาคารแบบฐานบัว ส่วนตอนกลางมีเสาและผนัง และส่วนหลังคาอาคารที่มียอดอาคารรูปแบบต่างๆ ยกเว้นรูปแบบแบบกรอบซุ้มที่พัฒนามาจากกรอบรูปของชาวตะวันตก ซึ่งต่อมาได้ถูกนำมาใช้ในลักษณะกรอบหน้าต่างประตูก่อนกรอบซุ้มในลักษณะนี้จะประกอบด้วยส่วนฐาน ส่วนตอนกลางที่เป็นกรอบ ไม่มีเสาซุ้ม ส่วนยอดตกแต่งด้วยกระบวนดอกไม้ใบไม้

ในการตกแต่งลวดลายบนพระแผงไม้ พบว่ามีความเกี่ยวข้องกับวัฒนธรรมพระพุทธศาสนาในล้านนา ประกอบด้วย ลวดลายดอกไม้ที่สื่อถึงการบูชาพระพุทธเจ้า เครื่องสูงที่สื่อถึงการบูชาด้วยเครื่องประดับยศของพระพุทธเจ้า เจดีย์จุฬามณีที่สื่อถึงความปรารถนาในการได้กราบไหว้พระเจดีย์จุฬามณี และปีนักษัตรที่สื่อถึงการอุทิศบุญให้กับเทวดาประจำตนตัว เช่นเดียวกับคำจารึกที่สะท้อนให้เห็นความเชื่อของบุคคลที่เกี่ยวข้องกับพระพุทธศาสนา เช่น การแสดงถึงความปรารถนาของชาวล้านนาในการจะค้ำชูพระพุทธศาสนาให้ยืนยาวถึง 5,000 ปี การสร้างพระแผงไม้เพื่อให้เป็นที่บูชาแก่คนและเทวดา การสะท้อนความเชื่อเกี่ยวกับพระศรีอาริยเมตไตรย การอุทิศบุญให้บรรพชน ความต้องการให้ได้มาซึ่งความสุข 3 ประการ โดยมีนิพพานเป็นที่สุด ที่

นอกจากนี้ในกลุ่มพระแผงไม้จังหวัดลำพูน อันเป็นการรวบรวมพระพิมพ์ลำพูนที่มีค่ามารวมไว้ในแผงไม้เดียวกัน ทำให้จุดประสงค์ในการสร้างสรรค์มีความต่างออกไป คือ แสดงค่านิยมในการเก็บรักษาพระพิมพ์ที่มีค่า มีมูลค่า อันเกิดขึ้นในยุคสมัยทุนนิยมที่ให้ราคาพระพิมพ์จากความเก่าแก่มากกว่าคุณค่าทางพระพุทธศาสนา

ที่น่าสนใจอย่างหนึ่ง คือ การปรากฏชื่อผู้สร้างในจารึกพระแผงไม้ซึ่งพบในทุกจังหวัด มีทั้งพระสงฆ์ ฆราวาสที่เป็นผู้ปกครอง เจ้านาย คหบดี สำหรับในจังหวัดแพร่ พบชื่อย่าขันแก้วพร้อมกับด้วยลูกเต้า (พ.ศ. 2383) นายอุ่น บ้านเวียง (พ.ศ. 2550) พระเดชริทธ์ อตฺถวิโรท วัดดงใต้ และพระวรญาณสิริญาณรังสี วัดดอนแก้ว (พ.ศ. 2561) และพระมหาโพธิวงศาจารย์ วัดพระบาทมิ่งเมืองวรวิหาร (พ.ศ. 2555)

สรุป

พระแผงไม้ในจังหวัดแพร่ ทั้ง 39 แผง มีจารึก 7 แผง สามารถอ่านได้ 5 แผง พระแผงไม้ที่อายุเก่าที่สุดพบใน พ.ศ. 2201 จัดแสดงในพิพิธภัณฑ์วัดศรีดอนคำ พระแผงไม้ที่ใหม่ที่สุด คือ พระแผงไม้ในศาลาการเปรียญวัดร่องฟอง สร้างใน พ.ศ. 2561 จากจารึกพระแผงไม้ทำให้มองเห็นความต่อเนื่องในการสร้างพระแผงไม้ในจังหวัดแพร่ มาตั้งแต่พุทธศตวรรษที่ 24 – 26

เนื้อหาในจารึกชี้ถึงคติความเชื่อปัญจอันตรธาน การสร้างเพื่อเป็นพุทธบูชา เพื่อทำบุญอุทิศแก่ผู้ล่วงลับ และเพื่อเป็นอาจาริยบูชา ส่วนรูปแบบพระแผงไม้ พบลักษณะซุ้มทรงกรอบซุ้มมากที่สุด (16 แผง) รองลงมาเป็นซุ้มทรงบรรพ์แถลง (7 แผง) ซุ้มทรงปราสาท (3 แผง) ซุ้มหน้านาง (3 แผง) ซุ้มทรงเรือนแก้ว (1 แผง) ซุ้มทรงวิมาน (1 แผง) ซุ้มมณฑป (1 แผง) และซุ้มทรงเบ็ดเตล็ด (11 แผง) แบ่งเป็น กรอบกลีบบัว (4 แผง) ตุง (4 แผง) และกรอบนาค (3 แผง) รูปแบบพระแผงไม้ทั้งหมดสะท้อนให้เห็นถึงแนวคิดการสร้างให้เป็นที่อยู่ประทับของพระพุทธเจ้า และพระพิมพ์ที่ประดับด้านใน เป็นไปตามคติความเชื่อเรื่องพระพุทธเจ้าที่ปรากฏอยู่ในโลกทั้งหลายจำนวนมาก ทั้งยังสามารถชี้ให้เห็นถึงบารมี 10 ทัศ ที่พระพุทธเจ้าแต่ละพระองค์ได้สั่งสม

เอกสารอ้างอิง

ยุทธภูมิ มั่นตรง. (2558). *การศึกษาพระพิมพ์แผงไม้ในล้านนา*. [วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ฤๅษีเทพขาว พลอยทำ. (2562). *แนวทางการสร้างพระแผงไม้เชิงพุทธศิลป์ล้านนา*. [วิทยานิพนธ์พุทธศาสารทดุษฎีบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย.

ศิริศักดิ์ อภิศักดิ์มนตรี. (2551). *การบูรณะระเบียงคต หอไตร และกุฏิพระแก้ว วัดพระธาตุลำปางหลวง*. สำนักศิลปากรที่ 7 น่าน.

ฮันส์ เพนธ์. (2519). *คำจารึกที่ฐานพระพุทธรูปในนครเชียงใหม่*. สำนักนายกรัฐมนตรี.

มหาวิทยาลัย มหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย. (2539). *พระไตรปิฎกเล่มที่ 33*. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัย มหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย.

O 30

การออกแบบและพัฒนาลายผ้าที่นำมาจากประติมากรรมภาพสลักขอบสระแก้ว โบราณสถานเมืองศรีมโหสถ

ภควัต กิตติธาดาปกรณ์[1*]

บทคัดย่อ

เมืองศรีมโหสถตั้งอยู่ในเขตตำบลโคกปีบ อำเภอศรีมโหสถ จังหวัดปราจีนบุรี มีชื่อเรียกเดิมว่า เมืองอวัธยะปุระ ศรีวัตสะปุระ มโหสถ เมืองพระรถ และศรีมโหสถในปัจจุบัน สระแก้วเป็นสระน้ำโบราณในสมัยโบราณศิลปะทวารวดี ราวพุทธศักราช 300 ขนาดกว้าง 17.40 เมตร ยาว 42.70 เมตร ซึ่งขุดลึกลงไปในศิลาแลงตามธรรมชาติ ขอบสระโดยรอบมีลวดลายสลักเป็นรูปสัตว์ทั้งที่มีอยู่จริง และที่มีอยู่เฉพาะในเทวะนิยายคติในกรอบรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีทั้งช้าง สิงห์ หรือมกร การที่ขอบสระแก้วสลักรูปมกรนั้นทำให้สันนิษฐานว่าสระน้ำนี้คงใช้ประกอบในพิธีกรรมที่เกี่ยวข้องกับความอุดมสมบูรณ์ มกรที่ว่านี้ แปลตามรูปศัพท์ได้ว่าผู้สำรอก หมายถึง เป็นผู้สำรอกความอุดมสมบูรณ์ออกมา รูปตัวมกรจึงต้องอ้าปากคายสัญลักษณ์ของความอุดมสมบูรณ์ต่างๆ ออกมาอยู่เสมอ ที่สระแก้วยังมีร่องรอยรูปสี่เหลี่ยมเกยยื่นออกไปในสระน้ำด้วย จึงน่าเชื่อว่าพื้นที่ที่เกยออกไปนี้คือที่ที่ตั้งปะรำพิธีตอนประกอบพิธีกรรมนั่นเอง

จากการวิจัยพบว่า สภาพปัจจุบันของประติมากรรมภาพสลักขอบสระแก้วมีภาพแกะสลักนูนต่ำเป็นสัญลักษณ์และรูปสัตว์อยู่ภายในกรอบสี่เหลี่ยมได้แก่ภาพช้าง สิงห์ มกรและงู จำนวน 29 กรอบภาพ มีรูปสัตว์จำนวน 45 ตัว ได้แก่รูปช้าง 24 รูปสิงห์ 11 รูปมกร 8 รูปหมู 1 และรูปกินรี 1 นอกจากนี้ยังมีรูปปูนพันหม้อน้ำระหว่างช้าง 2 ช้าง รูปมกรและหงส์เดินเรียงกันเป็นแถวเหนือกรอบรูปมีรูปช้าง นั้นบางครั้งเป็นรูปช้างช้างเดียวอยู่ในกรอบแสดงอิริยาบถต่างๆ เช่น ยืน เดิน นั่งคุกเข่า หรือจะเป็นรูปช้างหลายช้างแสดงอาการชนกัน หรือเดินเรียงกันเป็นต้น รูปสิงห์บนขอบสระแก้วนั้นมักจะเป็นรูปสิงห์เดี่ยวอยู่ในกรอบจะแสดงอาการต่างๆ เช่น เผ่น หรือกระโจน รูปมกร จะมีลักษณะแตกต่างกัน เช่น มกรมีงวงสั้นงวงยาว ตัวมกรมีเกล็ดคล้ายจระเข้ บางมกรมีลำตัวยาวคล้ายงู บางมกรมีเขา มีหางคล้ายปลา หรือมีหน้าคล้ายสิงห์ รูปหมูที่สระแก้วมีเพียงรูปเดียว ลักษณะคล้ายหมูป่า ยืนย่อขาหลังแหงนหน้าขึ้นหางม้วน ส่วนรูปงูนั้น เหมือนงูธรรมชาติแผ่พังพานหันหน้าไปทางสระแก้ว สันนิษฐานว่าโบราณสถานสระแก้วมีอายุอยู่ในราวพุทธศตวรรษที่ 10-11 เชื่อว่าเป็นสระน้ำศักดิ์สิทธิ์ใช้ในการประกอบพิธีกรรมทางศาสนา หรือพิธีกรรมเพื่อความอุดมสมบูรณ์ โดยผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูล รวบรวมองค์ความรู้ด้านประวัติความเป็นมาของโบราณสถานเมืองศรีมโหสถ ในมุมมองที่นักวิชาการท่านอื่นยังไม่เคยศึกษา คือ การนำประวัติความเป็นมาของประติมากรรมภาพสลักขอบสระแก้วมาทำการศึกษาวิเคราะห์สภาพปัจจุบันเพื่อกำหนดและออกแบบลายผ้าจนได้ภาพที่พัฒนาจากประติมากรรมภาพสลักขอบสระแก้ว เมืองศรีมโหสถ และพัฒนาลายผ้าประจำจังหวัดปราจีนบุรี ที่แสดงถึงเอกลักษณ์ และอัตลักษณ์ของจังหวัดปราจีนบุรี การวิจัยครั้งนี้ได้สร้างองค์ความรู้ใหม่และเกิดลายผ้าถึง 5 ชุดด้วยกันได้แก่ ลายมกรต้นโพธิ์ ลายมกรนฤมิต ลายมกรกุ้มข้าว ลายนาคมกรเล่นน้ำ และลายสันฤมิตสัตยาสระแก้ว เพื่อใช้เป็นลายผ้าประจำจังหวัดปราจีนบุรี

คำสำคัญ : มกร ประติมากรรมภาพสลัก ลายผ้า

---

[1]ดร.ภควัต กิตติธาดาปกรณ์, ครูชำนาญการพิเศษ, โรงเรียนปราจีนกัลยาณี ปราจีนบุรี 25000

[1]Pakawat Kittithadapakorn, Specialist Teacher, Prachinkanlayanee School, Prachin Buri 25000

*Corresponding Author : pakawatpetatano@gmail.com Tel : 088-7774310

Design and development of fabric patterns derived from sculptures carved on the edge of Sa Kaeo, an ancient site in Si Mahosot

Pakawat Kittithadapakorn

ABSTRACT

Sri Mahosot is located in Kok Pib Subdistrict, Sri Mahosot District, Prachin Buri Province. Its original names were Avadhyapura, Srivatsapura, Mahosot, Phra Rot City, and Sri Mahosot at present. Sa Kaeo is an ancient pond in the Dvaravati art period, around 300 B.E., measuring 17.40 meters wide and 42.70 meters long, which was dug deep into the natural laterite. The edge of the pond is carved with the shape of animals, both real and those that only exist in mythological legends, in a rectangular frame, such as elephants, lions, or Makaras. The fact that the edge of Sa Kaeo is carved with Makaras suggests that this pond was used in rituals related to fertility. Makara can be translated literally as someone who vomits fertility, meaning someone who vomits fertility. Therefore, the Makara must always open its mouth and spit out various symbols of fertility. There are also traces of a rectangular shape protruding into the pond at Sa Kaeo, so it is likely that this protruding area was where the pavilion was set up during the ritual.

The research found that the sculptures of the edge of the pond have bas-relief carvings as symbols and animal figures in square frames, including elephants, lions, makaras and snakes, totaling 29 frames. In addition, there are images of snakes wrapped around a water jug between two elephants, makaras and swans walking in a row above the frame with elephants. Sometimes there is only one elephant in the frame showing various postures, such as standing, walking, kneeling. The lion figures on the edge of the pond are usually a single lion in the frame showing various actions, such as running or leaping. The makara figures have different characteristics, such as makaras having short trunks, long trunks, makaras having scales similar to crocodiles, some makaras have long bodies similar to snakes, some makaras have horns, tails similar to fish or have faces similar to lions. There is only one pig figure in the pond, looking like a wild boar, standing with its hind legs bent and its head tilted up with its tail curled up. As for the snake figure, it looks like a natural snake spreading its hood and facing the Khwan pond. It is around the 10th-11th Buddhist century and is believed to be a sacred pond used in religious ceremonies or ceremonies for fertility. The researcher analyzed the data from a perspective that other scholars have not yet studied. To determine and design the fabric pattern until it was developed from the sculpture of the edge of Sa Kaeo, Si Mahosot District, and to develop the fabric pattern of Prachin Buri Province that shows the uniqueness and identity of Prachin Buri Province. This research created new knowledge and resulted in 5 sets of fabric patterns, namely, the Makara Bodhi Tree pattern, the Makara Nimit pattern, the Makara Khum Khao pattern, the Naga playing in the water pattern, and the Sanrimit Satyasakaeo pattern, to be used as the fabric pattern of Prachin Buri Province.

Keywords : Makara, sculpture, carving, fabric pattern

บทนำ

ศรีมโหสถเป็นที่ตั้งของเมืองในสมัยโบราณศิลปะทวารวดี ราวพุทธศักราช 300 โดยกรมศิลปากรได้ทำการขุดค้นและศึกษาหลักฐานต่างๆ ปรับปรุงโบราณสถานมาตั้งแต่ปี พ.ศ.2529 ตั้งอยู่ในเขตตำบลโคกปีบ อำเภอศรีมโหสถ จังหวัดปราจีนบุรี มีที่ตั้งอยู่ในบริเวณ 3 หมู่บ้านได้แก่ บ้านสระมะเขือ บ้านโคกวัด และบ้านหนองสะแก มีชื่อเรียกเดิมว่า เมืองอวัธยะปุระ ศรีวัตสะปุระ มโหสถ เมืองพระรถ และศรีมโหสถในปัจจุบัน สระแก้วเป็นสระน้ำโบราณขนาดกว้าง 17.40 เมตร ยาว 42.70 เมตร ซึ่งขุดลึกลงไปในศิลาแลงตามธรรมชาติ ขอบสระโดยรอบมีลวดลายสลักเป็นรูปสัตว์ทั้งที่มีอยู่จริง และที่มีอยู่เฉพาะในเทวะนิยายคติในกรอบรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีทั้งช้าง สิงห์ หรือมกร การที่ขอบสระแก้วสลักรูปมกรนั้นทำให้สันนิษฐานว่าสระน้ำนี้คงใช้ประกอบในพิธีกรรมที่เกี่ยวข้องกับความอุดมสมบูรณ์ มกรที่ว่านี้ แปลตามรูปศัพท์ได้ว่าผู้สำรอก หมายถึงเป็นผู้สำรอกความอุดมสมบูรณ์ออกมา รูปตัวมกรจึงต้องอ้าปากคายสัญลักษณ์ของความอุดมสมบูรณ์ต่างๆ ออกมาอยู่เสมอ ที่สระแก้วยังมีร่องรอยรูปสี่เหลี่ยมเกยยื่นออกไปในสระน้ำด้วย จึงน่าเชื่อว่าพื้นที่ที่เกยออกไปนี้คือที่ที่ตั้งปะรำพิธีตอนประกอบพิธีกรรมนั่นเอง

จากสภาพปัจจุบันของลายผ้าในจังหวัดปราจีนบุรี พบว่าในจังหวัดปราจีนบุรีมีลายผ้าพิมพ์ลายดอกปีบซึ่งเป็นดอกไม้ประจำจังหวัด แต่ยังไม่มีลายผ้าที่บ่งบอกถึงความเป็นประวัติศาสตร์ของจังหวัดปราจีนบุรี และผ้าพิมพ์ลายตึกเจ้าพระยาอภัยภูเบศร สำหรับเจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาล แต่ยังไม่มีลายผ้าที่มัดหมี่เป็นผ้าพื้นเมืองที่เป็นลายผ้าประจำที่บ่งบอกประวัติความเป็นมาที่ยาวนานตั้งแต่สมัยทวารวดีและที่แสดงความเป็นอัตลักษณ์ของจังหวัดปราจีนบุรี ผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดที่จะศึกษาวิเคราะห์ประติมากรรมภาพสลักบริเวณขอบสระแก้วโบราณสถานเมืองศรีมโหสถ เพื่อนำมาออกแบบและพัฒนาลายผ้าสำหรับเป็นลายผ้าประจำจังหวัดปราจีนบุรี โดยผู้วิจัยจะทำการวิเคราะห์ประติมากรรมและวิเคราะห์ความสนใจกลุ่มผู้นำชุมชน แล้วผู้วิจัยจะนำข้อมูลมาทำการพัฒนาลายผ้าโดยใช้แนวคิดและหลักกสนมาจากประติมากรรมภาพสลักขอบสระแก้ว โบราณสถานเมืองศรีมโหสถ

ด้วยเหตุผลดังที่กล่าวมาผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดและแรงบันดาลใจที่จะศึกษาประติมากรรมภาพสลักบริเวณขอบสระแก้ว โบราณสถานเมืองศรีมโหสถ เพื่อพัฒนาลายผ้าสำหรับเป็นลายผ้าประจำจังหวัดปราจีนบุรี โดยผู้วิจัยจะ ทำการวิเคราะห์ประติมากรรมสภาพสลัก และผู้วิจัยจะทำการพัฒนาลายผ้าในรูปแบบผ้าพิมพ์ลาย และผ้ามัดหมี่ที่ได้ต้นแบบลายมาจากประติมากรรมภาพสลักขอบสระแก้ว โบราณสถานเมืองศรีมโหสถ

วิธีการดำเนินการวิจัย

การออกแบบและพัฒนาลายผ้าที่นำมาจากประติมากรรมภาพสลักขอบสระแก้ว โบราณสถานเมืองศรีมโหสถ ครั้งนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ (QualitativeResearch) และการวิจัยเชิงพัฒนา (The Research and Development) โดยผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขต และวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

ขอบเขตของการวิจัย

1. ขอบเขตด้านเนื้อหา

1.1 ด้านประวัติความเป็นมาของประติมากรรมภาพสลักขอบสระแก้ว โบราญสถานเมืองศรีมโหสถ จังหวัดปราจีนบุรี

1.2 สภาพปัจจุบันประติมากรรมภาพสลักขอบสระแก้ว โบราญสถานเมืองศรีมโหสถ จังหวัดปราจีนบุรี

1.3 การวิเคราะห์ประติมากรรมภาพสลักขอบสระแก้วโบราณสถานเมืองศรีมโหสถ เพื่อออกแบบ และพัฒนาลายผ้าประจำจังหวัดปราจีนบุรี

2. วิธีวิจัย

วิธีวิจัยเน้นระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) และการวิจัยเพื่อพัฒนา(Research and Development) การวิเคราะห์ข้อมูลจากการศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยนำเนื้อหามาทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูล และบันทึกไว้ด้วยแบบสัมภาษณ์ แบบสังเกต และการจัดประชุมเชิงปฏิบัติการ โดยวิธีจำแนกและการจัดระบบข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบ และพัฒนาลายผ้าประจำจังหวัดปราจีนบุรี

3. ระยะเวลาในการวิจัย ผู้วิจัยได้ทำการวิจัยตั้งแต่ มีนาคมพ.ศ.2563 เป็นต้นไป

4. พื้นที่วิจัย โบราญสถานเมืองศรีมโหสถ จังหวัดปราจีนบุรี และกลุ่มทอผ้าย้อมคราม จังหวัดสกลนคร

5. ประชากรกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

การดำเนินการวิจัย

การวิเคราะห์ประติมากรรมภาพสลักโบราณสถานสระแก้วเมืองศรีมโหสถเพื่อพัฒนาลายผ้าประจำจังหวัดปราจีนบุรี ครั้งนี้ผู้วิจัยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) และการวิจัยเพื่อพัฒนา (Research and Development) โดยผู้วิจัยได้ได้ลงพื้นที่ในการวิจัยเพื่อเก็บข้อมูล (Field Study) โดยการสำรวจ สังเกต สัมภาษณ์ และการใช้เครื่องมือในการวิจัยกับประชากรกลุ่มตัวอย่าง แล้วนำผลการเก็บรวบรวมข้อมูลมาทำการวิเคราะห์หาสาเหตุ และปัญหาเพื่อสร้างนวัตกรรมในการพัฒนาและแก้ปัญหาของกลุ่มตัวอย่างผู้ปฏิบัติ

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

การออกแบบลายผ้าที่ได้แนวคิดและลายต้นแบบมาจากประติมากรรมภาพสลักสระแก้วเมืองศรีมโหสถ จังหวัดปราจีนบุรี การออกแบบลายผ้าที่ได้แนวคิดและลายต้นแบบมาจากประติมากรรมภาพสลักบริเวณขอบสระแก้วเมืองศรีมโหสถจังหวัดปราจีนบุรี ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากการสัมภาษณ์และการเก็บข้อมูลจากการลงภาคสนามแล้วนำองค์ความรู้มาวิเคราะห์และออกแบบพัฒนาลายผ้าได้จำนวน 5 ชุด

ชุดที่ 1 ลายมกรต้นโพธิ์ จากแนวคิดและการพออกแบบลายผ้าโดยผู้วิจัยได้นำลายต้นโพธิ์มาออกแบบวาดภาพให้ได้ลายที่สวยงาม และนำภาพมกรมาประกอบกันโดยการวางรูปแบบให้ต้นโพธิ์อยู่ตรงกลาง และนำมกรมาหันหน้าเข้าหาต้นโพธิ์ โดยมกรจะอยู่ใต้ร่มโพธิ์ แสดงถึงความรุ่งเรื่องของพระพุทธศาสนาที่เคยรุ่งเรือง ณ ดินแดนเมืองศรีมโหสถในอดีตถึงปัจจุบัน ประกอบกับการวางภาพและลายเส้นให้ต้นโพธิ์ และมกรมีความโดดเด่นเมื่อถ่ายทอดลงผืนผ้าแล้ว จากการประชุมและเก็บข้อมูลจากผู้นำชุมชนแล้วเห็นว่าผ้าชุดมกรต้นโพธิ์ให้เป็นผ้าตัดเสื้อ เพราะเป็นของมงคลและแสดงถึงความเจริญรุ่งเรืองของพระพุทธศาสนาสมกับเป็นเมืองทวารวดีตามคำขวัญของจังหวัดที่ว่าศรีมหาโพธิ์คู่บ้านนั่นเอง การออกแบบผ้าลายมกรต้นโพธิ์นี้เป็นการนำสัญลักษณ์ทางความเชื่อเกี่ยวกับความเจริญรุ่งเรืองของพระพุทธศาสนาที่เคยรุ่งเรือง ณ ดินแดดชายฝั่งทะเลตะวันออกโดยปรากฏต้นโพธิ์ศรีมหาโพธิที่วันต้นโพธิ ตำบลโคกปีบ อำเภอศรีมโหสถ จังหวัดปราจีนบุรี จากการประชุมดเชิงปฏิบัติการกับผู้นำชุมชนในพื้นที่โดยมีนายพิบูรณ์ หัตถกิจโกศล ผู้ว่าราชการได้มีมัตติในที่ประชมว่าการนำสัญลักษณ์ต้นโพธิ์มาสร้างเป็นลายผ้าร่วมกับประติมากรรมภาพสลักขอบสระแก้วให้ใช้ตัวมกรแทนความรุ่งเรือง และต้นโพธิ์แทนความศรัทธาในพุทธศาสนาโดยความหมายโดยรวมคือความเจริญรุ่งเรืองของพระพุทธศาสนาจากอดีตถึงปัจจุบันความศรัทธาของคนในชุมชนในอดีตที่เคารพศรัทธาต่อพุทธศาสนาจนปรากฏต้นโพธิ์ที่อายุยาวนานถึงสองพันปี

การออกแบบลายผ้าชุดที่ 2 มกรนฤมิต การออกแบบลายผ้าชุดมกรนฤมิตเป็นการออกแบบลวดลายตัวมกรเพียงตัวเดียวลงผืนผ้าโดยจัดเรียงเป็นลายในผืนผ้าเป็น 2 แถวโดยผู้วิจัยได้ออกแบบสร้างสรรค์โดยนำแนวคิดและการออกแบบจากความคิดเห็นประชากรกลุ่มตัวอย่างที่มีส่วนได้สวนเสียกับการวิจัยในการออกแบบและจะนำลายผ้ามาใช้ในชุมชนโดยลายมกรนฤมิตเป็นชื่อที่มติในที่ประชุมกลุ่มของผู้นำชุมชนในเขตตำบลโคกปีบ อำเภอศรีมโหสถ โดยใช้แบบสังเกตชนิดไม่มีโครงสร้าง และผู้วิจัยได้ออกแบบลายผ้าตามความคิดเห็นและใช้เป็นผ้าคลุมไหลหรือผ้าห่ม

การออกแบบลายผ้าชุดที่ 3 มกรกุ้มข้าว เป็นการออกแบบลายผ้าโดยนำตัวมกรมาพัฒนาออกแบบลายร่วมกับลักษณะของมัดข้าวหรือกำรวงข้าวที่มาของรวงข้าวคืออาหารรวมแล้วในที่นี้สะท้อนถึงวิถีชีวิตของคนทุ่งบางแตนที่มีอาชีพปลูกข้าว และเป็นแปลงนาสาธิตในโครงการหลวงตามพระราชดำริของรัชการที่ 9 ณ ทุ่งนาบางแตน และผู้วิจัยได้นำประติมากรรมภาพมกรมาออกแบบสร้างสรรค์ร่วมกับมัดข้าวคือตัวแทนความอุดมสมบูรณ์ข้าวคืออาหารที่มนุษย์ต้องกิน ลายผ้าชุดมกรกุ้มข้าวชุดนี้จึงหมายถึงความอุดมสมบูรณ์ของข้าวปลาอาหารการกินแสดงถึงความเจริญรุ่งเรือง ผู้วิจัยจึงนำต้นข้าวมาพัฒนาออกแบบเข้ากับตัวมกรประติมากรรมภาพสลักขอบสระแก้ว และออกแบบลายผ้ามกรกุ้มข้าว สำหรับใช้เป็นลายผ้าสำหรับใช้เป็นผ้าที่แสดงถึงอัตลักษณ์ของชุมชนจังหวัดปราจีนบุรีสะท้อนถึงความอุดมสมบูรณ์ของชุมชนในจังหวัดปราจีนบุรี ผู้วิจัยได้ออกแบบลายผ้าชุดนี้

การออกแบบลายผ้าชุดที่ 4 นาค (งู) มกรเล่นน้ำเป็นการประยุคต์นำคติความเชื่อของคนในลุ่มน้ำโขงที่แสดงประติมากรรมภาพสลักงูพันเสาที่ปรากฏบริเวณขอบสระแก้วที่แสดงถึงสัญลักษณ์ทางการรักษาบำบัดโรคหมายถึงน้ำที่อยู่ในสระแก้วคือน้ำที่สามารถนำไปปรุงยารักษาโรคได้งูเป็นตัวแทนของเทพพระเจ้าโดยเฉพาะงูใหญ่นาคหรืองูเห่าตัวแทนเทพเจ้ามกรคือความอุดมสมบูรณ์ความเป็นมงคลความอุดมสมบูรณ์นำมาพัฒนาเป็นลายผ้ารวมกันแล้วจึงแสดงออกถึงความหมายว่าเป็นมงคลกับผู้ที่ส่วมใส่ที่จะทำให้ห่างไกลจากโรคภัย และสิ่งไม่ดีที่จะเข้ามาในชีวิต ผู้วิจัยได้ออกแบบลายผ้านาคมกรเล่นน้ำ

การออกแบบลายผ้าชุดที่ 5 นฤมิตสัตยาสระแก้ว การออกแบบผ้าชุดนี้เป็นผลงานการออกแบบของผู้วิจัยที่ได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากภาคสนามและจากผลการประชุมเชิงปฏิบัติการของกลุ่มผู้นำชุมชนจากหน่วยงานภาครัฐและชาวบ้านในเขตตำบลโคกปีบอำเภอศรีมโหสถโดยได้มีมติในที่ประชุมว่าให้มีลายผ้าที่มีไว้สำหรับเป็นผ้าที่สามารถใส่กรอบไว้เป็นของที่ระลึกสำหรับแสดงเอกลักษณ์เฉพาะถิ่นของจังหวัดปราจีนบุรีจึง ในการออกแบบลายผ้าชุดนี้มีสัตว์ที่ปรากฏในลายผ้าได้แก่ ช้าง สิง หมูป่า กินรี มกร และต้นโพธิ์ ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบลายผ้าชุดนฤมิตสัตยาสระแก้วที่แสดงถึงประติมากรรมขอบสระแก้วทั้งหมดหรือเรียกว่าลายผ้าแบบ Abstract ก็ได้ โดยผู้วิจัยได้ออกแบบ

สรุปผลการวิจัย

จากการการศึกษาวิจัยเรื่องการวิเคราะห์ประติมากรรมภาพสลักขอบสระแก้วโบราณสถานเมืองศรีมโหสถเพื่อพัฒนาลายผ้าประจำจังหวัดปราจีนบุรีสรุปได้ว่าการพัฒนาลายผ้าประจำจังหวัดปราจีนบุรีสามารถออกแบบผลิตและกำหนดลายผ้าได้ 5 ชุด ในแต่ละชุดมีไม่ต่ำกว่า 5 ลาย กล่าวคือ ชุดมกรต้นโพธิ์ประกอบไปด้วยลายต้นโพธิ์ ตัวมกร ฐานบัวลองต้นโพธิ์ ลายดอกปีบและลายลูกแก้ว ลายมกรกุ้มข้าวประกอบไปด้วยลายมกร ลายกุ้มข้าหรือรวงข้าว ลายดอกดอกปีบร่วงเชิงลายโคมเก้า ผ้าลายมกรนฤมิตประกอบไปด้วยตัวมกร ลายศิลาแลง ลายน้ำไหล ลายลูกแก้ว ลายผ้านาคมกรเล่นน้ำประกอบไปด้วยตัวนาคหรืองูใหญ่ ตัวมกร ลายน้ำไหล ศิลาแลงขอบสระแก้ว และลายสน ลายผ้านฤมิตสัตยาสระแก้วประกอบไปด้วยต้นโพธิ์ ต้นปีบ มกร สิงห์ หมูป่า ช้าง กินรี หม้อน้ำ และลายดอกไม้ร่วง ผ้าทั้ง 5 ชุดได้ถูกออกแบบและตัดเย็บเพื่อสวมใส่ของคนในชุมชนอย่าแพร่หลายจนสามารถแสดงอัตลักษณ์ลายผ้าและผ้าทอพื้นเมืองของจังหวัดปราจีนบุรีได้เป็นอย่างดี

อภิปรายผล

การวิเคราะห์ประติมากรรมภาพสลักโบราณสถานขอบสระแก้วเมืองศรีมโหสถ เพื่อพัฒนาลายผ้าประจำจังหวัดปราจีนบุรี เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) และการวิจัยเพื่อพัฒนา (The Research and Development) โดยผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลประวัติความเป็นมาโบราณสถานเมืองศรีมโหสถ จังหวัดปราจีนบุรีและได้รวมรวมองค์ความรู้ด้านประวัติความเป็นมาของโบราณสถานเมืองศรีมโหสถในมุ่มมองที่นักวิชาการท่านอื่นยังไม่เคยศึกษา คือ การนำประวัติความเป็นมาและสภาพปัจจุบันของประติมากรรมภาพสลักขอบสระแก้วมาทำการศึกษาวิเคราะห์สภาพปัจจุบันประติมากรรมภาพสลักขอบสระแก้ว โบราณสถานเมืองศรีมโหสถ จังหวัดปราจีนบุรีเพื่อกำหนดและออกแบบลายผ้าจนได้ภาพการออกแบบลายผ้าที่เกิดจากการออกแบบพัฒนาโดยได้ต้นแบบลายผ้ามาจากประติมากรรมภาพสลักขอบสระแก้วเมืองศรีมโหสถมาพัฒนาเป็นลายผ้าเกิดการวิเคราะห์ประติมากรรมภาพสลักขอบสระแก้ว โบราณสถานเมืองศรีมโหสถเพื่อพัฒนาลายผ้าประจำจังหวัดปราจีนบุรีเกิดลายผ้าที่จะนำมาเป็นผ้าทอพื้นเมืองที่แสดงถึงเอกลักษณ์ และอัตลักษณ์ของจังหวัดปราจีนบุรี การวิจัยครั้งนี้ได้สร้างองค์ความรู้ใหม่และเกิดลายผ้าถึง 5 ชุดด้วยกันได้แก่ ลายมกรต้นโพธิ์ ลายมกรนฤมิต ลายมกรกุ้มข้าว ลายนาคมกรเล้นน้ำ และลายสันฤมิตสัตยาสระแก้ว เพื่อใช้เป็นลายผ้าประจำจังหวัดปราจีนบุรี การวิเคราะห์ประติมากรรมภาพสลักโบราณสถานขอบสระแก้วเมืองศรีมโหสถ เพื่อพัฒนาลายผ้าประจำจังหวัดปราจีนบุรี เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) และการวิจัยเพื่อพัฒนา (The Research and Development) โดยผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลประวัติความเป็นมาโบราณสถานเมืองศรีมโหสถ จังหวัดปราจีนบุรีและได้รวมรวมองค์ความรู้ด้านประวัติความเป็นมาของโบราณสถานเมืองศรีมโหสถในมุ่มมองที่นักวิชาการท่านอื่นยังไม่เคยศึกษา คือ การนำประวัติความเป็นมาและสภาพปัจจุบันของประติมากรรมภาพสลักขอบสระแก้วมาทำการศึกษาวิเคราะห์สภาพปัจจุบันประติมากรรมภาพสลักขอบสระแก้ว โบราณสถานเมืองศรีมโหสถ จังหวัดปราจีนบุรีเพื่อกำหนดและออกแบบลายผ้าจนได้ภาพการออกแบบลายผ้าที่เกิดจากการออกแบบพัฒนาโดยได้ต้นแบบลายผ้ามาจากประติมากรรมภาพสลักขอบสระแก้วเมืองศรีมโหสถมาพัฒนาเป็นลายผ้าเกิดการวิเคราะห์ประติมากรรมภาพสลักขอบสระแก้ว โบราณสถานเมืองศรีมโหสถเพื่อพัฒนาลายผ้าประจำจังหวัดปราจีนบุรีเกิดลายผ้าที่จะนำมาเป็นผ้าทอพื้นเมืองที่แสดงถึงเอกลักษณ์ และอัตลักษณ์ของจังหวัดปราจีนบุรี การวิจัยครั้งนี้ได้สร้างองค์ความรู้ใหม่และเกิดลายผ้าถึง 5 ชุดด้วยกันได้แก่ ลายมกรต้นโพธิ์ ลายมกรนฤมิต ลายมกรกุ้มข้าว ลายนาคมกรเล้นน้ำ และลายสันฤมิตสัตยาสระแก้ว เพื่อใช้เป็นลายผ้าประจำจังหวัดปราจีนบุรี

ประโยชน์ที่สังคมได้รับจากการวิจัยเป็นการรวบรวมองค์ความรู้เกี่ยวกับประวัติความเป็นมาของโบราณสถานเมืองศรีมโหสถในรูปแบบเอกสารทางวิชาการ

เกิดการวิเคราะห์ประติมากรรมภาพสลักขอบสระแก้วเพื่อนำมาพัฒนาเป็นลายผ้าทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ชุมชนเป็นสินค่าประจำท้องถิ่นที่มีเอกลักษณ์เฉพาะด้านลายผ้าพื้นเมือง และผลิตภัณฑ์อื่นที่เกี่ยวข้องกับลายที่ออกแบบเพื่อเป็นสินค้าของที่ระลึกและสร้างอัตลักษณ์ให้กับชุมชนในการส่วมใส่ลายผ้าในรูปแบบเครื่องแต่งกายประจำจังหวัดปราจีนบุรี

สร้างความภาคภูมิใจในอัตลักษณ์ที่สะท้อนประวัติศาสตร์วัฒนธรรมของชุมชน ของคนในเขตจังหวัดปราจีนบุรีเพื่อเป็นการส่งเสริมการท่องเที่ยวทางประวัติศาสตร์วัฒนธรรม และเผยแพร่อัตลักษณ์เฉพาะของคนในสังคมให้เป็นที่รู้จักมากยิ่งขึ้น โดยเกิดลายผ้าประจำจังหวัดปราจีนบุรี โดยชุมชนมีส่วนร่วมจำนวน 10 ลาย สำหรับสวมใส่ในโอกาสต่างๆ และเกิดเป็นสินค้าที่แสดงถึงอัตลักษณ์ของชุมชม

อ้างอิง

กนกวรรณกรณ์ หลวงวังโพธิ์. แนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์แปรรูปผ้าไหมลายสาเกตกรณีศึกษาบ้านหวายหลึม ตำบลมะบ้า อำเภอทุ่งเขาหลวง จังหวัดร้อยเอ็ด. ร้อยเอ็ด : มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด, 2561.

กรมศิลปากร กองโบราณคดี. รายงานการขุดค้นและขุดแต่ง โบราณสถานสระมรกต. กรุงเทพฯ : กรมศิลปากร, 2534.

———. หลักฐานทางโบราณคดี. กรุงเทพฯ : กรมศิลปากร, 2535.

———. ประวัติศาสตร์และโบราณคดีเมืองศรีมโหสถ. กรุงเทพฯ : กรมศิลปากร, 2535.

———. เมืองศรีมโหสถ. กรุงเทพฯ : กรมศิลปากร, 2542.

———. ชมชมพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติปราจีนบุรี. กรุงเทพฯ : กรมศิลปากร, 2542.

กรรณิการ์ กมลรัตน์. การศึกษาภูมิปัญญาท้องถิ่นเรื่องลายผ้าพื้นเมือง จังหวัด สกลนคร เพื่อพัฒนาระบบฐานข้อมูลสารสนเทศผ่านเว็บแอพพลิเคชัน. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, (2551.

เกศินี บัวดิศ. ผ้าทอพื้นเมืองของชาวอีสาน. มหาสารคาม : สถาบันวิจัยวัฒนธรรมอีสาน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2560.

จารุพรรณ ทรัพย์ปรุง. การออกแบบ Fashion และการตัดเย็บ. กรุงเทพฯ : แสงศิลป์, 2543.

จิระ หงส์ลดารมยภ์. เมืองโบราณในดินแดนสุวรรณภูมิ. กรุงเทพฯ : กรมศิลปากร,22547.

จิรัสสา คชาชีวะ. รายงานการขุนค้นและศึกษาวัฒนธรรมของชุมชนโบราณบ้านคูเมือง อำเภออินทร์บุรี จังหวัดสิงห์บุรี. กรุงเทพฯ : อัมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง, 2556.

O 31

การพัฒนามาตรการทางกฎหมายในการส่งเสริม รักษา มรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรม เพื่อสร้างความตระหนักรู้สู่การสนับสนุนวัตกรรมอย่างยั่งยืน

เกวลิน ต่อปัญญาชาญ[1]*

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะและความพลวัตของมรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรม และแนวคิดทฤษฎีทางกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริม และรักษามรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรม การส่งเสริมและรักษามรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรม ข้อจำกัดตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษามรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรม พ.ศ. 2559 และศึกษาการส่งเสริมและรักษามรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมของจังหวัดนนทบุรีจำนวน 2 กรณีศึกษา การส่งเสริมและรักษามรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมตามอนุสัญญาว่าด้วยการสงวนรักษามรดกทางวัฒนธรรมที่จับต้องไม่ได้ ค.ศ. 2003 และการสงวนรักษาวัฒนธรรมและประเพณีที่ดีตามแนวทางของยูเนสโก การส่งเสริมและรักษามรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมของประเทศที่เลือกศึกษา ได้แก่ ประเทศญี่ปุ่น เพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์ และเสนอแนะการยกระดับมาตรการทางกฎหมาย ตามแนวทางขององค์การการศึกษาวิทยาศาสตร์และวัฒนธรรมแห่งสหประชาชาติในบริบทที่เหมาะสมกับวัฒนธรรมวิถีใหม่ของประเทศไทย

ผลการวิจัยพบว่า พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษามรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรม พ.ศ. 2559 มีหลักการที่สอดคล้องกับลักษณะและความพลวัตของมรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรม และแนวคิดทฤษฎีทางกฎหมายที่เกี่ยวข้องซึ่งสอดคล้องกับแนวทางตามอนุสัญญาว่าด้วยการสงวนรักษามรดกทางวัฒนธรรมที่จับต้องไม่ได้ ค.ศ. 2003 และแนวทางของประเทศที่เลือกศึกษา กล่าวคือ ประเทศญี่ปุ่น ในส่วนของกรณีศึกษาวัฒนธรรมเครื่องปั้นดินเผาและวัฒนธรรมทอดมันหน่อกะลา เกาะเกร็ด จังหวัดนนทบุรี พบว่ามีการส่งเสริมและรักษาที่สอดคล้องกับลักษณะและแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมและรักษามรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมเช่นกัน อย่างไรก็ตามจากการศึกษา พบว่า กฎหมายและทางปฏิบัติมีข้อจำกัดในการเป็นปัจจัยเอื้อต่อการส่งเสริมรักษามรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมบางประการ ได้แก่ การขาดกระบวนการขึ้นทะเบียนของมรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมร่วมกัน การไม่ปรากฏการกำหนดผู้สืบทอด การไม่ปรากฏมาตรการเฉพาะสำหรับมรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมที่ใกล้สูญหาย การขาดบทบัญญัติของการมีส่วนร่วมของชุมชนและผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดทำรายการเบื้องต้นมรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมที่เป็นรูปธรรม การขาดกระบวนการในการทบทวน และปรับปรุงองค์ประกอบทางวัฒนธรรมที่ขึ้นทะเบียนมรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมของชาติให้ทันสมัย ดังนั้นจึงต้องมีการแก้ไขเพิ่มเติมกฎหมายและระเบียบที่เกี่ยวข้อง รวมถึงการดำเนินการในเชิงนโยบายในการขึ้นทะเบียนมรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรม และมาตรการส่งเสริมและรักษาโดยผู้สืบทอดซึ่งจะส่งผลให้เกิดการยกระดับการส่งเสริมและรักษามรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมสำหรับประเทศไทยที่สอดคล้องกับหลักการพื้นฐาน และมาตรฐานสากลมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: มรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรม กฎหมาย นวัตกรรม ความยั่งยืน

[1] รองศาสตราจารย์, สาขาวิชานิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช นนทบุรี 11120

[1] Associate Professor, School of Law, Sukhothai Thammathirat Open University, Nonthaburi 11120

* Corresponding Author: E-mail: Keovalin.t@gmail.com, Tel: 094-7451944

Development of legal measures to promote and safeguard cultural heritage to create awareness towards supporting sustainable innovation

Keovalin Torpanyacharn[1]*

Abstract

This article aims to study the characteristics and dynamics of intangible cultural heritage, as well as legal theories related to its promotion and safeguarding. It examines the promotion and safeguarding of intangible cultural heritage and the limitations under the Promotion and Safeguarding of Intangible Cultural Heritage Act B.E. 2559 (2016). The study includes two case studies from Nonthaburi Province and explores the promotion and safeguarding of intangible cultural heritage under the 2003 Convention for the Safeguarding of the Intangible Cultural Heritage, along with UNESCO's guidelines for the safeguarding of valuable cultures and traditions. The study also investigates Japan's approach to promoting and preserving intangible cultural heritage to analyze and propose legal measures for enhancement in accordance with the principles of UNESCO, tailored to Thailand's evolving cultural context.

The study found that the Promotion and Safeguarding of Intangible Cultural Heritage Act B.E. 2559 (2016) is consistent with the characteristics and dynamics of intangible cultural heritage, as well as with relevant legal theories. It also aligns with the principles outlined in the 2003 Convention for the Safeguarding of the Intangible Cultural Heritage and the approach adopted by the selected country of study, namely Japan. In the case studies of pottery culture and the "Thot Man Nor Kala" (fried taro and acacia fritters) culture on Koh Kret, Nonthaburi Province, it was found that the promotion and safeguarding efforts also align with the relevant characteristics and legal theories associated with the safeguarding of intangible cultural heritage. However, the study identified several legal and practical limitations that hinder effective promotion and safeguarding. These include the absence of a joint registration process for shared intangible cultural heritage, the lack of clear designation of successors, the absence of specific measures for endangered intangible cultural heritage, the lack of legal provisions ensuring community and stakeholder participation in compiling the national inventory of intangible cultural heritage, and the absence of a process for reviewing and updating the registered elements of national intangible cultural heritage to reflect contemporary practices. Therefore, it is necessary to amend and supplement the relevant laws and regulations and implement policy measures for the registration of intangible cultural heritage and the promotion and safeguarding by designated successors. These steps would help enhance the promotion and safeguarding of intangible cultural heritage in Thailand in a manner more aligned with fundamental principles and international standards.

Keywords: Intangible Cultural Heritage, Law, Innovation, Sustainability

บทนำ

มรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมเป็นองค์ความรู้ การแสดงออก ประเพณี ทักษะ และแนวปฏิบัติที่สืบทอดกันมาจากรุ่นสู่รุ่น อันเป็นสิ่งที่สะท้อนถึงอัตลักษณ์ ความคิด ความเชื่อ และวิถีชีวิตของชุมชนทั้งในระดับท้องถิ่นและระดับชาติ องค์การ การศึกษา วิทยาศาสตร์และวัฒนธรรมแห่งสหประชาชาติได้ตระหนักถึงคุณค่าและความเปราะบางของมรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรม และได้จัดทำอนุสัญญาว่าด้วยการสงวนรักษามรดกทางวัฒนธรรมที่จับต้องไม่ได้ ค.ศ. 2003 เพื่อส่งเสริมให้ประเทศสมาชิกมีมาตรการในการปกป้อง รักษา และสนับสนุนการสืบทอดองค์ความรู้เหล่านี้อย่างมีส่วนร่วมและยั่งยืน

ประเทศไทยได้ดำเนินการเพื่อให้สอดคล้องกับแนวทางดังกล่าวโดยการประกาศใช้พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษามรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรม พ.ศ. 2559 ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมให้เกิดการรักษาและสืบทอดภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมของชาติ โดยกำหนดกลไกการขึ้นทะเบียน การสนับสนุนจากรัฐ และมาตรการมีส่วนร่วมของชุมชน

อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงของสังคม เทคโนโลยี และวิถีชีวิตของผู้คนในยุคปัจจุบัน ได้ส่งผลให้การรักษามรดกภูมิปัญญาไม่สามารถดำเนินการในรูปแบบเดิมเพียงอย่างเดียวได้อีกต่อไป (มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา, ม.ป.ป.) จำเป็นต้องมีการปรับแนวทางให้สอดคล้องกับบริบท “วิถีใหม่” ที่เปิดโอกาสให้เกิดการประยุกต์ใช้และพัฒนานวัตกรรมทางวัฒนธรรมที่เชื่อมโยงกับเศรษฐกิจสร้างสรรค์ และการมีส่วนร่วมของชุมชนอย่างแท้จริง

ภายใต้บริบทดังกล่าว จึงเกิดคำถามสำคัญว่า กฎหมายไทยในปัจจุบันมีความพร้อมเพียงใดในการส่งเสริมและรักษามรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมในบริบทใหม่ และมีข้อจำกัดหรือช่องว่างทางกฎหมายในด้านใดบ้างที่ควรได้รับการแก้ไข งานวิจัยฉบับนี้จึงมุ่งศึกษาลักษณะและความพลวัตของมรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรม แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง วิเคราะห์ข้อจำกัดของกฎหมายไทยเปรียบเทียบกับแนวทางตามอนุสัญญายูเนสโกและกรณีศึกษาจากประเทศญี่ปุ่น ประกอบกับศึกษากรณีศึกษาการส่งเสริมและรักษามรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมของจังหวัดนนทบุรีจำนวน 2 กรณีศึกษา ได้แก่ เครื่องปั้นดินเผาเกาะเกร็ด และทอดมันหน่อกะลา เพื่อเสนอแนวทางการยกระดับมาตรการทางกฎหมาย เพื่อสนับสนุนให้การส่งเสริมและรักษามรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมของไทยให้เป็นไปอย่างยั่งยืนสอดคล้องกับยุคสมัย และเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนานวัตกรรมต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์การศึกษา

1. เพื่อศึกษาลักษณะและความพลวัตของมรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรม และแนวคิดทฤษฎีทางกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริม และรักษามรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรม

2. เพื่อศึกษาการส่งเสริมและรักษามรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรม ข้อจำกัดตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษามรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรม พ.ศ. 2559 และศึกษากรณีศึกษาการส่งเสริมและรักษามรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมของจังหวัดนนทบุรีจำนวน 2 กรณีศึกษา

3. เพื่อศึกษาการส่งเสริมและรักษามรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมตามอนุสัญญาว่าด้วยการสงวนรักษามรดกทางวัฒนธรรมที่จับต้องไม่ได้ ค.ศ. 2003 และการสงวนรักษาวัฒนธรรมและประเพณีที่ดีตามแนวทางของยูเนสโก

4. เพื่อศึกษาการส่งเสริมและรักษามรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมของประเทศที่เลือกศึกษา ได้แก่ ประเทศญี่ปุ่น

5. เพื่อวิเคราะห์ และเสนอแนะการยกระดับมาตรการทางกฎหมาย รวมถึงกฎหมายที่เกี่ยวข้องซึ่งอยู่ภายใต้อำนาจหน้าที่ของกรมส่งเสริมวัฒนธรรม กระทรวงวัฒนธรรมในการส่งเสริมรักษาและสนับสนุนประโยชน์ทางเศรษฐกิจของมรดกภูมิปัญญา

ทางวัฒนธรรมตามแนวทางขององค์การการศึกษาวิทยาศาสตร์และวัฒนธรรมแห่งสหประชาชาติในบริบทที่เหมาะสมกับวัฒนธรรมวิถีใหม่ของประเทศไทย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ ประกอบด้วยการวิจัยเอกสาร การสังเกตกรณีศึกษา และการสัมภาษณ์เชิงลึก โดยศึกษากฎหมายไทย อนุสัญญาว่าด้วยการสงวนรักษามรดกทางวัฒนธรรมที่จับต้องไม่ได้ ค.ศ. 2003 กฎหมายและนโยบายของญี่ปุ่น รวมถึงกรณีศึกษามรดกภูมิปัญญาในจังหวัดนนทบุรี โดยผู้ให้ข้อมูลถูกคัดเลือกแบบเจาะจงจาก 3 กลุ่มหลัก ได้แก่ ผู้สืบทอด ภาครัฐ และนักวิชาการ โดยมีเกณฑ์ในการเลือกคัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เพื่อเป็นผู้ให้ข้อมูลหลัก (Key-Information) และการโยนบอล (Snowball Technique) เพื่อให้เกิดการแนะนำผู้ให้สัมภาษณ์ที่ต่อเนื่องทำให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญในประเด็นที่ทำการศึกษาอย่างแท้จริงและดำเนินการเช่นนี้เรื่อยไปจนกว่าจะได้ข้อมูลที่อิ่มตัว และใช้แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการตีความและเปรียบเทียบ

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยปรากฏผลการวิจัย ดังนี้

ประการที่หนึ่ง ลักษณะและความพลวัตของมรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรม และแนวคิดทฤษฎีทางกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริม และรักษามรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรม

มรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมมีลักษณะเปลี่ยนแปลงได้ตามบริบทจึงต้องส่งเสริมการสืบทอดที่เคารพสิทธิของผู้ถือครองและความหลากหลายทางวัฒนธรรม กฎหมายควรเอื้อให้เกิดการมีส่วนร่วมและพัฒนาที่ยั่งยืน

ประการที่สอง การส่งเสริมและรักษามรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมตามอนุสัญญาว่าด้วยการสงวนรักษามรดกทางวัฒนธรรมที่จับต้องไม่ได้ ค.ศ. 2003

อนุสัญญาฯ ค.ศ. 2003 สอดคล้องกับแนวคิดความเป็นพลวัตของวัฒนธรรม โดยยอมรับว่ามรดกที่จับต้องไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงตามบริบทสังคมและสนับสนุนซึ่งสิทธิทางวัฒนธรรมและสิทธิในการกำหนดใจตนเอง โดยให้ชุมชนมีบทบาทสำคัญในการสืบทอดและกำหนดทิศทางวัฒนธรรมของตน รวมถึงการส่งเสริมแนวคิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนด้วยการถ่ายทอดองค์ความรู้โดยไม่กระทบสิทธิของคนรุ่นหลังและมุ่งเน้นมิติของมรดกร่วมกันของมนุษยชาติ โดยอนุสัญญา ฯ ให้ความสำคัญกับการแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างประเทศและการสร้างความตระหนักร่วม นอกจากนี้ อนุสัญญาฯยังมีสอดคล้องกับแนวคิดความหลากหลายทางวัฒนธรรมด้วยการเคารพความแตกต่างของกลุ่มชาติพันธุ์ ชนเผ่าพื้นเมือง และชุมชนท้องถิ่น

ประการที่สาม การส่งเสริมและรักษามรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมของประเทศญี่ปุ่น

การส่งเสริมและรักษามรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมของประเทศญี่ปุ่นแสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องกับแนวคิดและทฤษฎีสำคัญหลายประการในทางวัฒนธรรมและกฎหมาย โดยญี่ปุ่นมีกฎหมายที่ยอมรับความเป็นพลวัตของวัฒนธรรมไม่กำหนดบทลงโทษในการปรับเปลี่ยนมรดกที่จับต้องไม่ได้สะท้อนถึงความเข้าใจในธรรมชาติของวัฒนธรรมที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามบริบทของสังคม การแต่งตั้งบุคคลเป็น Living National Treasures คือ การให้การรับรองแก่ผู้ถือครององค์ความรู้วัฒนธรรมให้มีบทบาทในการถ่ายทอดและรักษามรดกของตนเอง ซึ่งสะท้อนถึงการเคารพสิทธิทางวัฒนธรรมและสิทธิในการกำหนดใจตนเองอย่างชัดเจน

ในด้านการพัฒนาอย่างยั่งยืน ประเทศญี่ปุ่นได้วางมาตรการสนับสนุนผู้สืบทอดองค์ความรู้ผ่าน เช่น การให้ทุน การฝึกอบรม เป็นต้น เพื่อสร้างการสืบทอดวัฒนธรรมระหว่างรุ่นอย่างต่อเนื่องพร้อมกันนี้ยังมีการกระจายอำนาจให้ท้องถิ่นดูแลรักษาวัฒนธรรมพื้นบ้าน ซึ่งสะท้อนถึงแนวคิดความหลากหลายทางวัฒนธรรม และการส่งเสริมการมีส่วนร่วมของชุมชนในฐานะเจ้าของวัฒนธรรมของตนเอง นอกจากนี้ ประเทศญี่ปุ่นยังให้ความร่วมมือกับยูเนสโกและองค์กรระหว่างประเทศอื่น ๆ เพื่อแลกเปลี่ยนแนวปฏิบัติที่ดีและส่งเสริมมรดกวัฒนธรรมในฐานะมรดกร่วมกันของมนุษยชาติอีกด้วย

ประการที่สี่ กรณีศึกษาการส่งเสริมและรักษามรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมของจังหวัดนนทบุรี

การศึกษากรณีของจังหวัดนนทบุรีผ่านภูมิปัญญาท้องถิ่นสองรูปแบบ ได้แก่ เครื่องปั้นดินเผาเกาะเกร็ดและทอดมันหน่อกะลา แสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องกับหลักการทางวัฒนธรรมในหลายมิติ ทั้งความเป็นพลวัต สิทธิทางวัฒนธรรม และแนวคิดการพัฒนาอย่างยั่งยืน

ในกรณีเครื่องปั้นดินเผา ผู้สืบทอดมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบตามความต้องการของตลาดและผู้ผลิตเอง การถ่ายทอดองค์ความรู้มีลักษณะเปิดเผยสู่สาธารณะ สะท้อนถึงสิทธิทางวัฒนธรรมของชุมชน และแม้จะมีการขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ซึ่งเน้นการคุ้มครองทรัพย์สินของกลุ่มเฉพาะ แต่ยังไม่ปรากฏข้อขัดแย้งกับแนวคิดมรดกร่วมกันของมนุษยชาติ อย่างไรก็ตามกลุ่มผู้สืบทอดมีข้อเสนอให้ภาครัฐสนับสนุนช่างปั้นโดยตรงมากกว่าผ่านพ่อค้าคนกลาง

ในกรณีทอดมันหน่อกะลา แม้องค์ความรู้จะถ่ายทอดในระดับครัวเรือนมากกว่าชุมชน แต่ก็มีความเป็นพลวัตสูงและสะท้อนสิทธิในการกำหนดใจตนเองของผู้ถือวัฒนธรรม การปรับเปลี่ยนสูตรตามวัตถุดิบและรสนิยมของแต่ละครอบครัว ยังแสดงถึงแนวคิดการพัฒนาอย่างยั่งยืน แม้ยังไม่มีมาตรการส่งเสริมอย่างชัดเจนจากภาครัฐ แต่กลุ่มผู้สืบทอดเห็นว่าการเผยแพร่คุณค่าของอาหารพื้นถิ่นสามารถช่วยเพิ่มมูลค่าและส่งเสริมการรักษาภูมิปัญญานี้ต่อไป ซึ่งทั้งหมดนี้เป็นการแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการมีส่วนร่วมและความหลากหลายทางวัฒนธรรมในระดับท้องถิ่นอย่างแท้จริง

ประการที่ห้า การส่งเสริมและรักษามรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษามรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรม พ.ศ. 2559 และข้อจำกัดตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษามรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรม พ.ศ. 2559

แม้พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษามรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรม พ.ศ. 2559 จะมีหลักการที่สอดคล้องกับแนวคิด ทฤษฎี และแนวทางของอนุสัญญาว่าด้วยการสงวนรักษามรดกทางวัฒนธรรมที่จับต้องไม่ได้ ค.ศ. 2003 ในการสงวนรักษามรดกทางวัฒนธรรมที่จับต้องไม่ได้ แต่ในทางปฏิบัติยังคงมีข้อจำกัดหลายประการ ได้แก่

1. ข้อจำกัดเชิงระบบและกระบวนการทางกฎหมาย พระราชบัญญัติฉบับปัจจุบันยังไม่มีระบบการขึ้นทะเบียนมรดกภูมิปัญญาที่สามารถประสานความร่วมมือข้ามพื้นที่หรือข้ามชุมชนอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การขึ้นทะเบียนร่วมกันของจังหวัด การขาดกระบวนการรับรองผู้สืบทอดอย่างเป็นทางการ เป็นต้น

นอกจากนี้ การไม่มีมาตรการเฉพาะสำหรับการคุ้มครองมรดกที่สำคัญที่เสี่ยงต่อการสูญหายหรือถูกลดทอนคุณค่าโดยกฎหมายไทยขาดเครื่องมือในการบริหารจัดการ “ภูมิปัญญาที่กำลังจะเลือนหาย” หรือภูมิปัญญาที่อยู่ในภาวะเสี่ยง เช่น ประเพณีลงแขกเกี่ยวข้าว (เบญจภัคค์ เจริญมหาวิทย์, 2562) หนังประโมทัย (วรเชษฐ์ โทอื้น และพีรพงษ์ แสนสิ่ง, 2563) เครื่องสีข้าวไม้ไผ่ (ศูนย์ส่งเสริมศิลปาชีพระหว่างประเทศ (องค์การมหาชน), ม.ป.ป.) เป็นต้น ทั้งในแง่ของการขาดผู้สืบทอดอย่างเป็นทางการ และการไม่มีมาตรการจูงใจให้คนรุ่นใหม่เข้ามารับช่วงต่อ ในขณะที่กฎหมายญี่ปุ่นได้ออกแบบกลไกการรับรองผู้สืบทอดไว้ชัดเจนส่งผลให้สามารถจัดสรรงบประมาณ สนับสนุนการฝึกฝน และสร้างความยั่งยืนได้มากยิ่งขึ้น

2. การมีส่วนร่วมของชุมชนยังไม่เป็นรูปธรรม ชุมชนในหลายพื้นที่ยังไม่สามารถเข้าถึงหรือมีบทบาทอย่างแท้จริงในการกำหนดแนวทางการอนุรักษ์หรือขึ้นทะเบียนมรดกภูมิปัญญา เช่น การขึ้นทะเบียนที่มาจากการริเริ่มจากราชการส่วนจังหวัดไม่ใช่ริเริ่มในระดับชุมชน เป็นต้น ทั้งที่ชุมชนเป็นผู้ทรงสิทธิทางวัฒนธรรม (สมชัย สัจจพงษ์, ม.ป.ป.) เป็นผู้สืบทอดและผู้ปฏิบัติที่มีองค์ความรู้โดยตรง การขาดกระบวนการ มีส่วนร่วมนี้ส่งผลให้การอนุรักษ์ไม่เกิดความยั่งยืน และขาดความผูกพันในเชิงอัตลักษณ์

การมีอยู่ของกฎหมายมิได้หมายความว่าจะสามารถสร้างความมีชีวิตให้กับมรดกภูมิปัญญาได้อย่างแท้จริง หากยังขาดกลไกการมีส่วนร่วมของชุมชน ซึ่งเป็นเจ้าขององค์ความรู้โดยตรง จากงานวิจัยดังกล่าวที่พบว่า ชุมชนมักมีบทบาทเพียงในฐานะผู้ถูกเลือก มิใช่ผู้ร่วมกำหนดแนวทางในการขึ้นทะเบียนหรือคุ้มครองมรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมทั้งหมด

3. เมื่อเปรียบเทียบกับแนวทางของประเทศญี่ปุ่น จะเห็นได้ชัดเจนว่าญี่ปุ่นมีระบบการคุ้มครองและส่งเสริมมรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมที่ให้ความสำคัญกับ “บทบาทของชุมชน” อย่างเป็นรูปธรรม โดยเฉพาะการให้สิทธิแก่ชุมชนท้องถิ่นในการกำหนดทิศทางการอนุรักษ์ การแต่งตั้งผู้สืบทอด และการบริหารจัดการภูมิปัญญาดั้งเดิมผ่านกลไกทางกฎหมายที่ชัดเจน เช่น การรับรอง “ผู้มีทักษะทางวัฒนธรรมที่สำคัญ” (Important Intangible Cultural Properties) (Howard, 2016) ที่รัฐสนับสนุนโดยตรงในรูปแบบงบประมาณ การยกย่อง และการคุ้มครองสิทธิในเชิงเศรษฐกิจ ในขณะที่ประเทศไทยแม้จะมีเจตนารมณ์ในเชิงนโยบายที่ใกล้เคียงกัน แต่กลับขาดเครื่องมือทางกฎหมายที่เปิดโอกาสให้ชุมชนมี “อำนาจตัดสินใจเชิงวัฒนธรรม” ตามสิทธิในการกำหนดใจตนเอง (ณัฐกฤษดา เมฆา, 2556) อย่างแท้จริง กล่าวคือ บทบาทของชุมชนไทยยังคงถูกกำหนดโดยหน่วยงานของรัฐเป็นหลัก ทั้งในด้านการขึ้นทะเบียน การกำหนดผู้สืบทอด และการประเมินคุณค่าทางวัฒนธรรม ซึ่งต่างจากญี่ปุ่นที่รัฐทำหน้าที่ “สนับสนุน” มากกว่าการ “ควบคุม” จึงส่งผลให้ชุมชนสามารถกำหนดใจตนเองทางวัฒนธรรมได้อย่างแท้จริง และเกิดพลวัตของการสืบทอดภูมิปัญญาอย่างยั่งยืนในบริบทของความร่วมมือได้มากขึ้น

4. การพัฒนานวัตกรรมจากมรดกภูมิปัญญาในระดับพื้นที่ จากกรณีศึกษาชุมชนเกาะเกร็ด จังหวัดนนทบุรี พบว่าการสืบทอดภูมิปัญญาการปั้นเครื่องดินเผาและการทำทอดมันหน่อกะลายังคงดำเนินอยู่ภายใต้แรงขับเคลื่อนภายในของชุมชนและการท่องเที่ยว แม้จะไม่มีมาตรการของรัฐที่สนับสนุนอย่างเป็นระบบ การสร้างนวัตกรรมจากภูมิปัญญาจึงยังเป็นแบบไม่ยั่งยืนและต้องพึ่งพาการค้าขายหรือโครงการเฉพาะกิจ

5. การเชื่อมโยงสู่บริบทวิถีใหม่ยังขาดความต่อเนื่อง มรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นนวัตกรรมทางผลิตภัณฑ์ บริการ สื่อสาร และนโยบาย แต่ยังขาดการสนับสนุนเชิงระบบ เช่น การส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีเพื่อการสืบทอดที่เป็นรูปธรรม เป็นต้น

ดังนั้น ผลการศึกษาจึงชแสดงให้ห้เห็นว่าแม้ประเทศไทยจะมีกฎหมายว่าด้วยการส่งเสริมและรักษามรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมโดยเฉพาะ คือ พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษามรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรม พ.ศ. 2559 ซึ่งมีเจตนารมณ์ที่สอดคล้องกับแนวทางของอนุสัญญาว่าด้วยการสงวนรักษามรดกทางวัฒนธรรมที่จับต้องไม่ได้ ค.ศ. 2003 แต่ในทางปฏิบัติพบข้อจำกัดหลายประการที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของกฎหมายในการรักษาและต่อยอดมรดกภูมิปัญญาอย่างยั่งยืน

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่า แม้พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษามรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรม พ.ศ. 2559 ของไทยจะมีหลักการที่สอดคล้องกับแนวคิดทฤษฎีและแนวทางของอนุสัญญาว่าด้วยการสงวนรักษามรดกทางวัฒนธรรมที่จับต้องไม่ได้ ค.ศ. 2003 ในด้านการให้ความสำคัญกับความหลากหลายทางวัฒนธรรมและการมีส่วนร่วมของชุมชน แต่ในทางปฏิบัติยังมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น การขาดกลไกในการขึ้นทะเบียนแบบข้ามพื้นที่ การไม่กำหนดผู้สืบทอดอย่างเป็นทางการในกรณีมรดกภูมิปัญญาทาง

วัฒนธรรมที่มีความสำคัญ การขาดมาตรการเฉพาะสำหรับการคุ้มครองมรดกภูมิปัญญาที่ใกล้สูญหาย และการมีส่วนร่วมของชุมชนที่ยังอยู่ในระดับจำกัด เป็นต้น

จากการศึกษากรณีชุมชนเกาะเกร็ด จังหวัดนนทบุรี พบว่า แม้ชุมชนจะมีความเข้มแข็งในการสืบทอดองค์ความรู้ด้านเครื่องปั้นดินเผาและการผลิตอาหารท้องถิ่น (เช่น ทอดมันหน่อกะลา) แต่การสนับสนุนจากรัฐยังคงอยู่ในลักษณะโครงการเฉพาะกิจที่ไม่มีความต่อเนื่อง ขณะที่ประเทศญี่ปุ่นมีระบบการส่งเสริมที่เป็นระบบ เช่น กลไกการรับรองผู้สืบทอดที่ได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐ และเปิดโอกาสให้ชุมชนมีบทบาทเชิงรุกในการบริหารจัดการวัฒนธรรมของตนเอง

ดังนั้น การยกระดับมาตรการทางกฎหมายเพื่อส่งเสริมและรักษามรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรม จึงควรมีการปรับปรุงบทบาทของชุมชนให้เป็นศูนย์กลาง การสร้างกลไกทางกฎหมายที่ยืดหยุ่นและตอบสนองต่อความหลากหลายทางวัฒนธรรมของแต่ละพื้นที่ และการออกแบบระบบสนับสนุนอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้การส่งเสริมและรักษามรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมสามารถต่อยอดสู่นวัตกรรมร่วมสมัยและเกิดความยั่งยืนทั้งในเชิงสังคม เศรษฐกิจ และวัฒนธรรม

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (อว.) ที่ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยผ่านกรมส่งเสริมวัฒนธรรม กระทรวงวัฒนธรรม ซึ่งเป็นแรงสนับสนุนสำคัญที่ทำให้งานวิจัยนี้สามารถดำเนินไปได้อย่างสมบูรณ์

ขอขอบคุณผู้ให้ข้อมูลทุกท่าน ทั้งจากภาคชุมชน ภาครัฐ และภาควิชาการ ที่กรุณาสละเวลาให้สัมภาษณ์และให้ข้อคิดเห็นอย่างลึกซึ้ง ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการศึกษาวิจัย

รวมถึงขอแสดงความขอบคุณเจ้าหน้าที่ผู้ประสานงานของกรมส่งเสริมวัฒนธรรมที่เอื้อเฟื้อข้อมูล ให้คำแนะนำ และอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานวิจัยมาโดยตลอด

อ้างอิง

เบญจภัคค์ เจริญมหาวิทย์. (2562). ลงแขกเกี่ยวข้าว: ประเพณีวัฒนธรรมที่ถูกกลืนหายจากสังคมโลกยุคโลกาภิวัตน์. *Humanities, Social Sciences and Arts*, *12*(6), 2300–2314.

ณัฐกฤษดา เมฆา. (2556). หลักการกำหนดใจตนเอง (The Principle of Self-Determination) ใน สุรชาติ บำรุงสุข (บ.ก.), *จุลสารความมั่นคงศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 2, น. 1-41). บริษัท สแควร์ ปริ๊นซ์ 93 จำกัด.

วรเชษฐ์ โทอื้น, และพีรพงษ์ แสนสิ่ง. (2563). หนังประโมทัย: การสื่อสารวรรณกรรมท้องถิ่นผ่านวรรณศิลป์เงาแสง. *วารสารมหาจุฬานาครทรรศน์*, *7*(9), 71–84.

ศูนย์ส่งเสริมศิลปาชีพระหว่างประเทศ (องค์การมหาชน). (ม.ป.ป.). *เครื่องสีข้าวไม้ไผ่ภูมิปัญญาการสีข้าวแบบโบราณที่ใกล้สูญหาย*. https://cms.sacit.or.th/cms/uploads/categories/7bf570282789f2798b7d6c1714e63ce9/_c1e92d668aee86c15c729404355de6eb.pdf

สมชัย สัจจพงษ์. (ม.ป.ป.). *สะท้อนภาพสิทธิมนุษยชนกับวัฒนธรรมในสังคมไทย* [เอกสารวิชาการส่วนบุคคลที่ไม่ได้ตีพิมพ์]. วิทยาลัยรัฐธรรมนูญ สำนักงานศาลรัฐธรรมนูญ. https://www.constitutionalcourt.or.th/occ_web/ewt_dl_link.php?nid=1527

Howard, K. (2016). *Music as intangible cultural heritage: Policy, ideology, and practice in the preservation of East Asian traditions*. London: Routledge.

Session

ผลงานสร้างสรรค์

โครงการออกแบบโคมไฟปรับเปลี่ยนรูปแบบได้สำหรับคนวัยทำงาน

ศศินันท์ คิรินทร์รัตนะ[1*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบในโครงการเชิงปฏิบัติการในงานสต็อกโฮล์มเฟอร์นิเจอร์แฟร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ที่นำพาความสนุกที่หายไปของวัยทำงานกลับมาบรรเทาความเครียด เพราะจากรายงานสถิติคนวัยทำงานในไทยมีภาวะเครียดระดับปานกลางถึงเครียดจัด ที่ส่งผลต่อการทำงานและร่างกาย ขั้นตอนการศึกษาเริ่มต้นจากการค้นพบงานวิจัยเรื่องของเล่นชุดตัวต่อสามารถใช้ในการฝึกสมาธิตามแนวทางการเจริญสติ โดยจดจ่ออยู่กับช่วงปัจจุบัน ด้วยกิจกรรมที่ใช้เวลาและการทำซ้ำ ซึ่งจากการค้นคว้าและทดลองทำต้นแบบพบว่าวัสดุที่เหมาะสมคือซิลิโคน ที่มีผิวสัมผัสทนุ่ม ยืดหยุ่น มีผลทางจิตวิทยาช่วยให้ระบบประสาทผ่อนคลาย ลดระดับฮอร์โมนความเครียดได้ จากการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้นำมาพัฒนาสู่การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่สร้างกิจกรรมบรรเทาความเครียด เป็นโคมไฟที่นำเทคนิคการเล่นชุดตัวต่อมาใช้ เพื่อการสร้างสรรค์ทั้งรูปทรงและบรรยากาศโดยมีแสงไฟโทนอุ่นที่จะติดขึ้นเมื่อต่อกล่องซิลิโคนที่ฝังหลอด LED เชื่อมกับสายไฟภายในเชื่อมต่อกันด้วยแม่เหล็ก เกิดวงจรแบบขนานกับตัวฐานที่ต่อกับเต้าเสียบกับไฟบ้าน สรุปผลลัพธ์ที่ได้คือผลิตภัณฑ์โคมไฟปรับเปลี่ยนรูปแบบได้ที่ผสมผสานงานออกแบบและศิลปะแสง ที่สอดคล้องกับแนวคิด Modular Aesthetics ซึ่งเน้นการให้ผู้ใช้มีส่วนร่วมกับการสร้างสรรค์รูปทรงที่ช่วยบรรเทาความเครียด

คำสำคัญ : ชุดตัวต่อ ซิลิโคน ศิลปะแสง Modular Aesthetics

[1] อาจารย์, หลักสูตรศิลปอุตสาหกรรม คณะสถาปัตยกรรม ศิลปะและการออกแบบ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[1] Sasinan Kirinrattana, Department of Industrial Design, Faculty of Architecture

Transformable Lamp Design Project

Sasinan Kirinrattana[1*]

Abstract

This research project was developed as part of a practice-based design initiative for the Stockholm Furniture Fair. The objective was to create a product that brings back the lost sense of playfulness in working adults to help alleviate stress. Statistical reports indicate that a significant number of Thailand's working-age population experience moderate to high levels of stress, which adversely affects their work performance and overall health. The study began by exploring research showing that modular toys can aid in mindfulness practices by encouraging concentration on the present moment through repetitive, time-consuming activities. Through material experimentation and prototyping, silicone was identified as the ideal material due to its soft, flexible texture, which helps relax the nervous system and reduce stress hormones.

The findings led to the development of a stress-relief product: a modular lamp designed to engage users in a creative assembly process. The lamp consists of silicone blocks embedded with LED lights, which can be connected using internal wiring and magnets that conduct electricity, forming a parallel circuit linked to a base connected to a household power source. The lamp lights up with a warm tone once the blocks are properly connected, offering both functional lighting and an interactive experience.

The final product is a transformable lamp that integrates design and light art, reflecting the principles of Modular Aesthetics. This approach emphasizes user interaction and creativity, promoting stress relief through playful engagement and hands-on participation.

Keywords : playfulness, mindfulness, Modular Aesthetics, warm tone, LED lights,

บทนำ

ในยุคที่เศรษฐกิจโลกเผชิญกับความผันผวนอย่างต่อเนื่อง ทั้งจากภาวะเงินเฟ้อ ความไม่แน่นอนทางการเมือง และการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีอย่างรวดเร็ว ส่งผลกระทบโดยตรงต่อโครงสร้างตลาดแรงงานและคุณภาพชีวิตของผู้คน โดยเฉพาะกลุ่มวัยทำงานที่ต้องเผชิญกับแรงกดดันทั้งจากหน้าที่การงานและภาระทางครอบครัว ความไม่สมดุลระหว่างชีวิตและการทำงาน (work-life imbalance) จึงกลายเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อสุขภาพจิตในระยะยาว จากข้อมูลการประเมินสุขภาพจิตของคนไทย (Mental Health Check In : MHCI) พบว่า ในไตรมาสสาม ปี 2567 มีผู้เข้ารับการประเมินจำนวน 1.8 แสนคน โดยร้อยละ 8.6 เป็น ผู้ที่เสี่ยงซึมเศร้า ซึ่งเพิ่มขึ้นจากช่วงเดียวกันของปีก่อนที่มีสัดส่วนร้อยละ 7.5 ขณะที่ผู้ที่มีความเครียดสูงมีสัดส่วน อยู่ที่ร้อยละ 8.1 และเสี่ยงฆ่าตัวตายร้อยละ 4.7 อีกทั้งพบว่าการขอรับบริการปรึกษาสุขภาพจิต: ในปี 2567 สายด่วนสุขภาพจิต 1323 ได้รับการติดต่อจากคนวัยทำงานอายุ 20-59 ปี มากกว่า 6,000 สาย โดยปัญหาหลักที่ปรึกษาคือความเครียด วิตกกังวล และความไม่มีความสุขในการทำงาน

จากปัญหาสุขภาพจิตในวัยทำงานดังกล่าว ทำให้สังคมโดยรวมตระหนักและนำไปสู่การค้นหาแนวทางการบรรเทาความเครียดในแบบต่าง ๆ หนึ่งในนั้นคือการรักษาด้วยแสงที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลในการแก้ซึมเศร้า บรรเทาความเครียดด้วยแสงในขนาด 5,000 lux นอกจากนั้นยังค้นพบว่ามีงานวิจัยในมากมายเกี่ยวกับคุณประโยชน์ด้านสุขภาวะจิตที่เกิดจากการเล่น เช่น รายงาน *Play Well Report 2022* โดยบริษัท Lego Group ระบุว่า ผู้ใหญ่ร้อยละ 86 เชื่อว่าการเล่นมีส่วนช่วยให้พวกเขาผ่อนคลายจากความเครียดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับประสบการณ์ของผู้ใช้งานจำนวนมากที่พบว่าการเล่นชุดตัวต่อหรือเลโก้ช่วยให้เกิดความสงบและมีสมาธิ

วิธีดำเนินการ

ขั้นตอนที่ 1 ค้นหาปัญหา เริ่มจากการค้นคว้าข้อมูลเรื่องความเครียดในวัยทำงานเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพจิตและคุณภาพชีวิตของประชากรในกลุ่มนี้อย่างมาก จากข้อมูลของกรมสุขภาพจิตในปี 2566 พบว่ามีผู้เข้ารับการรักษาด้านสุขภาพจิตจำนวน 2.9 ล้านคน และคาดว่ามีผู้ที่ประสบปัญหาสุขภาพจิตสูงถึง 10 ล้านคน โดยเฉพาะในกลุ่มวัยทำงานที่มีการขอรับคำปรึกษาจากสายด่วนกรมสุขภาพจิต 1323 สูงถึง 6,874 สายในเดือนกรกฎาคม 2567 และปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเครียดในวัยทำงานมีหลากหลาย เช่น ความกดดันจากงานที่หนักหน่วง การเปลี่ยนแปลงในองค์กร ความไม่มั่นคงทางเศรษฐกิจ และความคาดหวังจากตนเองและผู้อื่น ความเครียดเหล่านี้สามารถนำไปสู่ปัญหาสุขภาพจิตอื่น ๆ เช่น ภาวะหมดไฟในการทำงาน (Burnout Syndrome) ภาวะความพึงพอใจในตนเองต่ำ (Low Self-Esteem) โรคซึมเศร้า และโรควิตกกังวล พฤติกรรมที่แสดงออกเมื่อเกิดความเครียดในวัยทำงานอาจรวมถึงอารมณ์แปรปรวน หงุดหงิดง่าย ประสิทธิภาพการทำงานลดลง ความคิดสร้างสรรค์น้อยลง มีปัญหากับเพื่อนร่วมงาน และเกิดอุบัติเหตุระหว่างการทำงาน

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาความต้องการ การบรรเทาความเครียดของคนวัยทำงานอายุ 20 – 59 ปี พบว่าวิธีดูแลสุขภาพจิตสำหรับวัยทำงานอันดับแรกคือการทำงานอดิเรก ผ่อนคลายความเครียด จากบทความ นพ.บรรจบ ชุณหสวัสดิกุล คณบดีวิทยาลัยการแพทย์บูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ เปิดเผยว่าการฝึกเจริญสติช่วยให้เกิดความรู้เท่าทันทุกข์ที่เกิดขึ้นและดับไป จิตใจเบิกบานรื่นรมย์ จัดการกับเรื่องราวในชีวิตอย่างเหมาะสม ซึ่งการเจริญสติ (Mindfulness) เป็นวิธีที่ได้รับการพิสูจน์ทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการลดความเครียด โดยเฉพาะในกลุ่มผู้ที่เผชิญกับความเครียดจากการทำงานและภาวะซึมเศร้า สามารถทำได้ในช่วงเวลาที่ว่างจากการทำงานหรือในเวลาที่เกิดความเครียดขึ้น

การได้ทำกิจกรรมต่าง ๆ อย่างงานอดิเรกที่ชื่นชอบเองก็เป็นหนึ่งในวิธีดูแลสุขภาพจิตที่ได้ผลดี เพราะการทำงานอดิเรกจะทำให้คุณหยุดคิดถึงเรื่องปัญหาในชีวิตที่กำลังกังวล และผ่อนคลายความเครียดได้ในช่วงเวลาหนึ่ง ซึ่งการได้ทำในสิ่งที่มีความสุขนั้น แม้จะเป็นเพียงช่วงเวลาสั้น ๆ แต่ก็ช่วยให้อารมณ์ความรู้สึกของคุณเปลี่ยนไปในทางที่ดีขึ้นได้ นอกจากนี้การทำงานอดิเรกยังเป็นกิจกรรมที่ช่วยให้คุณได้รู้ถึงจุดแข็งจุดอ่อนใหม่ ๆ ของตัวเองอีกด้วย

มีงานบทความมากมายกล่าวถึงการเล่นและความสนุกสนานแบบวัยเด็ก ช่วยกระตุ้นการหลั่งสารเอนดอร์ฟิน ซึ่งเป็นสารเคมีในสมองที่ช่วยลดความเครียดและส่งเสริมความรู้สึกดี ซึ่งการค้นคว้าพบว่า ความเป็นเด็ก การเล่นและความสนุกสนาน ช่วยกระตุ้นการหลั่งสารเอนดอร์ฟิน ซึ่งเป็นสารเคมีในสมองที่ช่วยลดความเครียดและส่งเสริมความรู้สึกดี ประกอบไปด้วย

1. ความรักอิสระ ไม่มีกฎเกณฑ์ในการใช้ชีวิต ไม่ถูกตีกรอบจากใคร ทุกอย่างเรียบง่ายและไม่ซับซ้อน
2. ชอบเล่นสนุก เด็กก่อนวัยเรียน (Preschoolers) ในวัย 3-5 ปีจะสนใจในการเรียนรู้และลองทำสิ่งใหม่ ๆ
3. ภูมิใจในตัวเอง เด็กมีความภูมิใจในตัวเองตั้งแต่เป็นทารก เด็กเรียนรู้ที่จะพลิกคว่ำพลิกหงายลองแล้วลองอีกจนนั่ง ตั้งไข่และเดินได้ในที่สุด ในขณะนั้นเองเด็กก็หล่อหลอมความเชื่อที่ว่า ‘หนูทำได้’ ‘หนูเป็นคนเก่ง’ รับรู้ว่าตัวเองก็มีความสามารถ
4. เด็กไม่ฝืนตัวเอง เด็กทุกคนโดยธรรมชาติแล้วเขาจะรักอิสระและไม่ชอบเวลาถูกบังคับให้ทำในสิ่งที่เขาไม่อยากทำ
5. ให้อภัยและขอโทษ เด็กที่เริ่มเข้าโรงเรียนและเริ่มเล่นกับเพื่อนพวกเขามักจะชอบเอาชนะและเอาแต่ใจแต่เมื่อเขาได้รับเหตุผลที่ดีพอก็จะเข้าใจ ขอโทษและให้อภัยทันที เด็กจะเรียนรู้อารมณ์ที่เกิดขึ้นอย่างตรงไปตรงมา

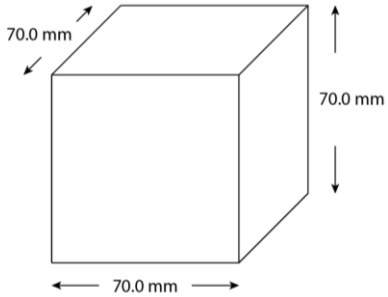
ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์ข้อมูล นักวิจัยจึงได้สังเคราะห์รูปแบบการเจริญสติ และการสร้างความสนุกสนานแบบวัยเด็ก มาออกแบบผลิตภัณฑ์ที่สร้างกิจกรรมบรรเทาความเครียด และพบงานวิจัยเรื่องของเล่นชุดตัวต่อ พบว่าข้อดีของการเล่นชุดตัวต่อมีดังนี้

1. ฝึกสมาธิ (Mindfulness): การต่อเลโก้ช่วยให้โฟกัสอยู่กับปัจจุบัน ช่วยลดความเครียดและความฟุ้งซ่าน
2. กระตุ้นความสุข: การประกอบสำเร็จจะกระตุ้นโดปามีน ทำให้รู้สึกดีและมีพลังบวก
3. เสริมสร้างความภูมิใจในตนเอง: การเห็นผลงานที่สร้างขึ้นช่วยเพิ่มความมั่นใจ
4. ลดความวิตกกังวล: กิจกรรมการต่อเลโก้ช่วยเบี่ยงเบนความคิดจากความเครียด
5. ส่งเสริมการสร้างสรรค์: กระตุ้นความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการ

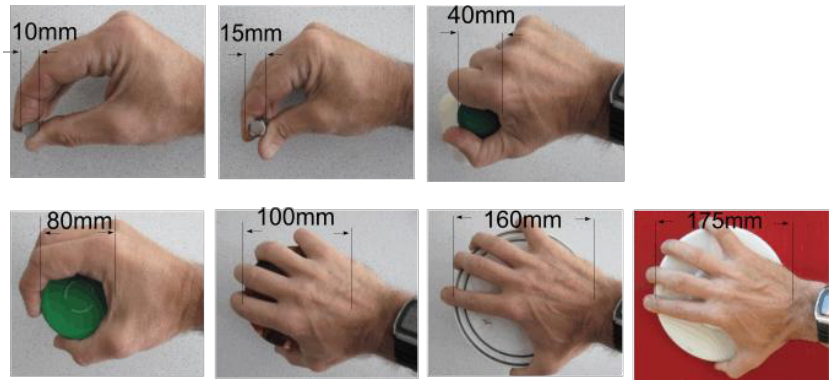
สรุปกิจกรรมการเล่นชุดตัวต่อ สามารถใช้ในการฝึกสมาธิตามแนวทางการเจริญสติ โดยจดจ่ออยู่กับช่วงปัจจุบัน ด้วยกิจกรรมที่ใช้เวลาและการทำซ้ำ ซึ่งการฝึกสติเป็นรูปแบบหนึ่งของการทำสมาธิ โดยให้คุณมีสติรู้ตัวอย่างเต็มที่ถึงสิ่งที่คุณรู้สึกและสัมผัสได้ในขณะนั้น โดยไม่ตีความหรือตัดสิน การฝึกสติเกี่ยวข้องกับวิธีการหายใจ การจินตนาการ และการฝึกฝนอื่น ๆ เพื่อผ่อนคลายร่างกายและจิตใจ และช่วยลดความเครียด

ขั้นตอนที่ 4 ขั้นตอนการออกแบบ

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้ กำหนดขอบเขตและเริ่มเขียนแบบร่าง จากการร่างแบบ พบว่ารูปทรงที่เหมาะสมในการสร้างชุดตัวต่ออย่างง่าย ไม่ต้องใช้ความคิดที่ซับซ้อน สามารถเป็นเครื่องมือในการบรรเทาความเครียด กล่าวถึงความงามในรูปทรงลูกบาศก์มีความสมมาตรในทุกมิติ ด้วยด้านทั้งหกที่มีขนาดเท่ากันและมุมฉาก 90 องศา ทำให้เกิดความรู้สึกมั่นคงและสมดุล ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่มนุษย์มักรู้สึกสบายตาและปลอดภัย สะท้อนถึงความงามและความสมดุลที่พบได้ทั้งในธรรมชาติและงานศิลปะ เกิดความสงบในจิตใจจากการมองรูปทรงเหล่านี้ ขั้นตอนต่อมาได้ค้นหาข้อมูลอ้างอิงเรื่องการใช้งาน จากขนาดทางการยศาสตร์ของมือมนุษย์ที่พอดีในการจับสิ่งของได้โดยที่ไม่บีบเค้นหรือใช้แรงในการจับให้แน่น ผลการวิเคราะห์ออกมาเป็นชิ้นงานสี่เหลี่ยมลูกบาท ขนาดกว้าง 7ซม. ยาว 7ซม. และสูง 7ซม. ตามภาพ



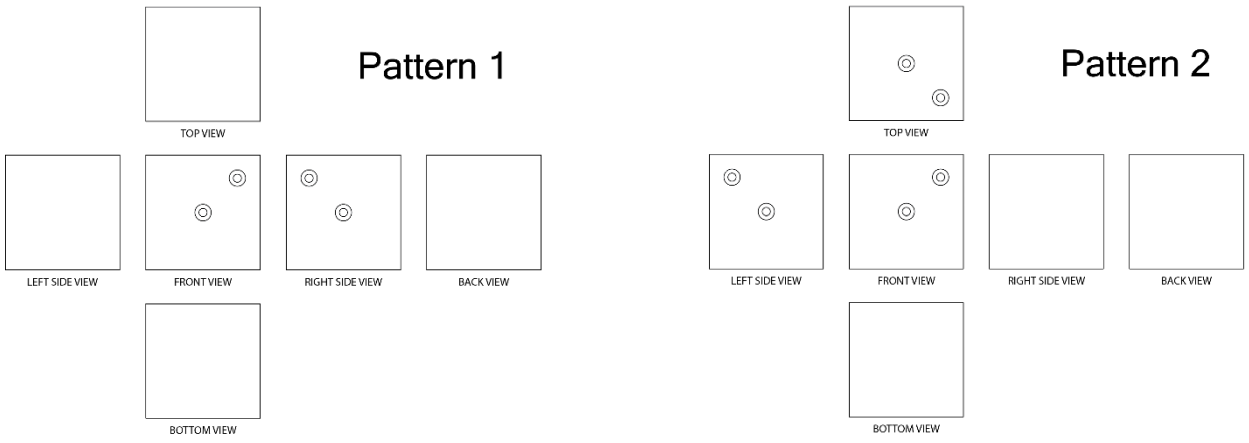
รูปที่ 1 ภาพแสดงขนาดและรูปทรงผลิตภัณฑ์ 1 ชิ้น



รูปที่ 2 ภาพแสดงการยศาสตร์บอกขนาดของที่ถือในมือแบบไม่ต้องการกำแน่น

เครดิตภาพ : https://www.roymech.co.uk/Useful_Tables/Human/Grasping_pictures.html

เมื่อได้รูปทรงและขนาดของผลิตภัณฑ์แล้ว ได้ทำการจัดรูปแบบการวางแม่เหล็กที่ถูกต่อกับสายไฟบนระนาบของผลิตภัณฑ์ จัดการวางรูปแบบเพื่อที่สามารถพลิกแพลงรูปแบบการต่อเป็นรูปทรงคือจะมีชิ้นที่มีแม่เหล็กในการต่อ 2 ด้าน กับ 3 ด้านดังภาพ

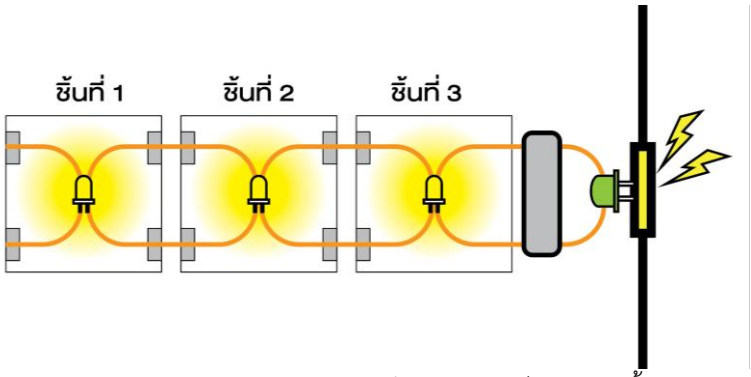


รูปที่ 3 ภาพแสดงรูปแบบการวางแม่เหล็กแบบที่ 1 และ 2

ขั้นตอนที่ 5 สร้างต้นแบบและทดลองการใช้งาน

เมื่อได้ขนาดและรูปทรงของผลิตภัณฑ์แล้ว ปัจจัยอีกอย่างที่จะช่วยเพิ่มการสัมผัสที่บรรเทาความเครียดได้คือวัสดุที่เหมาะสม พบว่า ซิลิโคน เป็นวัสดุที่มีผิวสัมผัสนุ่ม ยืดหยุ่น มีผลทางจิตวิทยาช่วยให้ระบบประสาทผ่อนคลาย ลดระดับฮอร์โมนความเครียดได้

จากนั้นผู้วิจัยได้ออกแบบปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้และผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มผลลัพธ์ในการบรรเทาความเครียดได้มากขึ้น ด้วยแนวคิด Modular Aesthetics เพื่อเพิ่มกระบวนการคิดสร้างสรรค์ ผู้ใช้งานได้เลือกหยิบชิ้นงานต่อติดเป็นรูปทรงตามต้องการ เพิ่มการต่อกระแสไฟในรูปแบบขนาน ที่เมื่อชิ้นใดชิ้นหนึ่งได้ต่อติดกับชิ้นหลักที่ต่อสายไฟเข้าเต้าเสียบไฟบ้านผ่านตัวแปลงไฟให้กระแสพอให้ไฟสว่างไม่สูงจนเกิดอันตรายได้ จะทำให้ไฟ LED ที่เชื่อมต่อสายไฟฝังในตัวซิลิโคนชิ้นนั้นสว่างขึ้น เกิดเป็นโคมไฟตามรูปทรงที่สร้างสรรค์ขึ้นเอง ได้แสงอบอุ่นสร้างบรรยากาศที่สงบผ่อนคลาย ที่สำคัญ สร้างความภูมิใจในความรู้สึกสำเร็จในการต่อไฟให้ติดสว่าง ผ่านกระบวนการความคิดที่ไม่ซับซ้อน มีเพียงความคิดอยากเล่นอยากลองที่อิสระ ทำให้รู้สึกผ่อนคลาย โดยพื้นผิวของรูปทรงลูกบาศก์จะมีทั้งมันเงาและขุ่นด้านเพื่อสร้างเอฟเฟกต์แสงที่หลากหลาย เกิดเป็นวัตถุส่องแสงที่มีมิติสร้างความงามที่ซับซ้อนขึ้นจากรูปทรงที่เรียบง่าย



รูปที่ 4 ภาพการต่อวงจรแบบขนานระหว่างหลอดไฟผ่านแม่เหล็กในแต่ละชิ้นงาน

การสร้างต้นแบบ ผู้วิจัยใช้แผ่นพลาสติกประเภทอะคริลิกตัดขนาดให้พอดีและต่อเป็นโมลทรงลูกบาศก์ขนาด 7x7x7 ซม. เพื่อวางหลอดไฟ LED ที่เชื่อมต่อสายไฟจากตัวหลอดไปแม่เหล็กทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มม. หนา 3 มม. ไว้ภายใน ก่อนจะผสมซิลิโคนเหลวเข้ากับน้ำยาที่ทำให้วัสดุแข็งตัว และเทลงในโมลพลาสติกรอจนวัสดุแข็งตัวแล้วถอดออกจากโมลดังภาพ

รูปที่ 5 ภาพกระบวนการผลิตต้นแบบเพื่อทดลองใช้งานจริง

ในการทดลองใช้งาน ผู้วิจัยได้หาข้อมูลที่พักอาศัยและที่พักใจของประชากรวัยทำงาน พบว่าพื้นที่ที่คนมักจะเดินเข้ามาและใช้เวลาเพื่อพักสมองจากความเครียดหลังเลิกงานคือห้องนั่งเล่น และห้องนอน ผลิตภัณฑ์โคมไฟปรับเปลี่ยนรูปแบบได้

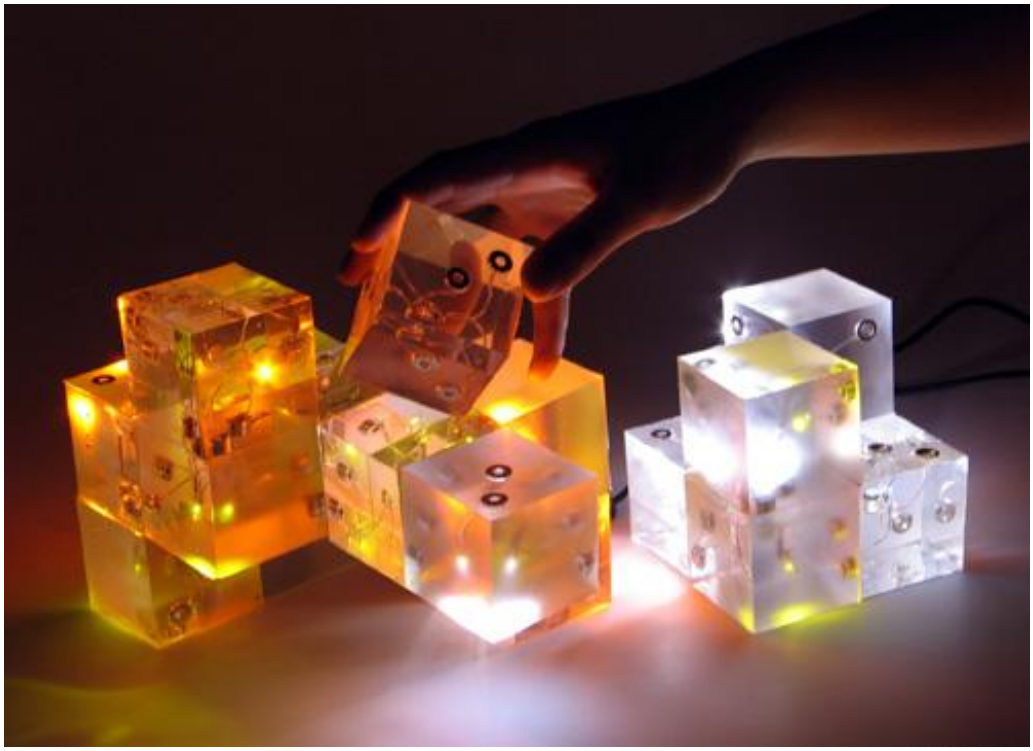
ชิ้นนี้จึงสามารถตั้งเพื่อตบแต่งสร้างบรรยากาศแสงสีไม่ว่าจะเป็นบนโต๊ะกลาง หน้าโซฟา หรือโต๊ะข้างเตียง พร้อมทั้งเปิดโอกาสให้ผู้ใช้ได้สัมผัสปรับเปลี่ยนรูปทรงตามต้องการอย่างอิสระ ลดความเครียดความกังวลจากงานได้

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัย หลังจากการค้นคว้า ออกแบบและทดสอบการใช้งาน ได้ผลลัพธ์เป็นเป็นโคมไฟตบแต่งที่สร้างกิจกรรมการปรับเปลี่ยนรูปทรงด้วยตนเองได้ ตามแนวทางการเจริญสติ (Mindfulness) ที่เป็นวิธีการลดความเครียด โดยจดจ่ออยู่กับช่วงปัจจุบัน ด้วยการทำกิจกรรมที่ใช้เวลาและต้องทำซ้ำ ประกอบกับการนำเสนอความงามที่ผสมผสานระหว่างงานออกแบบผลิตภัณฑ์ (Product Design) และศิลปะแสง (Light Art) สอดคล้องกับแนวคิด Modular Aesthetics ซึ่งเน้นการให้ผู้ใช้มีส่วนร่วมกับการสร้างสรรค์รูปทรงของแสงด้วยตัวเองผ่านวัสดุโปร่งใสและโปรงแสง ด้วยโทนสีอบอุ่นช่วยเสริมสร้างบรรยากาศที่สงบ น่าอยู่ โดยเฉดแสงสีอุ่นภายในแต่ละก้อนก่อให้เกิดเอฟเฟกต์การส่องประกายและเงาซ้อนหลายชั้น (Multi-layered Glow) ช่วยเพิ่มความงามที่มีมิติทางสายตาอีกด้วย ซึ่งจากการเก็บข้อมูลสอบถามจากผู้เข้าชมการแสดงผลงานและร่วมทดลองชุดตัวต่อโคมไฟแบบไร้ขีดจำกัดในการสร้างสรรค์นี้ ผู้ทดลองได้รับความพึงพอใจโดยรวมในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.55 โดยส่วนใหญ่มีความเห็นตรงกันว่าผลิตภัณฑ์นี้ไม่เพียงให้ความสนุก ความสุข ในการปรับแต่งรูปแบบได้ไม่จำกัดด้วยตัวเองแล้วยังมีแสงโทนอุ่นที่ช่วยให้รู้สึกสงบและผ่อนคลายได้จริง

รูปที่ 6 ภาพการออกแสดงเทศกาลงานสต็อคโฮล์มเฟอร์นิเจอร์แฟร์ ภาพที่ 1 และ 2

รูปที่ 7 ภาพการออกแสดงเทศกาลงานสต็อคโฮล์มเฟอร์นิเจอร์แฟร์ ภาพที่ 3



รูปที่ 8 ภาพเพื่อการโฆษณาเชิญชวนเข้าชมผลิตภัณฑ์

สรุปผลการวิจัย

สรุปผลจากการแสดงงาน ผู้เข้าชมทั้งกลุ่มเป้าหมายและกลุ่มนักออกแบบให้ความสนใจและตอบรับด้วยดี เนื่องจากผลที่ผู้ทดลองได้รับความพึงพอใจโดยรวมในระดับดีมาก และมีความเห็นตรงกันว่าการใช้(เล่น)ผลิตภัณฑ์นี้ช่วยให้รู้สึกสงบและผ่อนคลายได้ ทำให้มีการนำภาพและบทความกล่าวถึงในเรื่องของความคิดสร้างสรรค์ และการใช้งานที่จะช่วยบรรเทาความเครียด ผ่านสื่อในรูปแบบออนไลน์มากมายในชื่อ “Lego lamp”

อ้างอิง

[1] Lee, S., & Yoon, J. (2020). The effect of soft tactile materials on stress relief in office workers. Journal of Ergonomics and Psychology, 15(2), 55-62.

[2] **กฤตพล สุธีภัทรกุล. (2565, 27 ธันวาคม).** งานวิจัยชี้ ของเล่นบำบัดช่วยลดความเครียดในวัยทำงานได้จริง. *กรุงเทพธุรกิจ.* สืบค้นจาก https://www.bangkokbiznews.com/lifestyle/1044925

[3] **ศิริกร โพธิจัทร. (2565).** ลดเครียดได้ด้วยวิธีง่ายๆ ที่คุณอาจมองข้าม. *นิตยสารชีวจิต*, 24(563), 16 มีนาคม 2565. https://dmh.go.th/news/view.asp?id=2531

[4] Happiful. (n.d.). What are the wonderful wellbeing benefits of LEGO play as an adult? Retrieved April 27, 2025, from https://happiful.com/what-are-the-wonderful-wellbeing-benefits-of-lego-play-as-an-adult

[5] กรมสุขภาพจิต. (n.d.). *วิจัย 'เจริญสติหลวงปู่เทียน' หมอพบช่วยแก้ซึมเศร้าได้.* สืบค้นเมื่อ 27 เมษายน 2025, จาก https://dmh.go.th/news-dmh/view.asp?id=29781

[6] มูลนิธิโครงการสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน โดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว. (2554). *รูปทรงเรขาคณิต*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์อักษรสัมพันธ์.

Session

นวัตกรรมสังคม

O 33

ระบบให้อาหารสัตว์ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT)

Animal Food Feeding Automation - based Internet of Things

พิฆนนท์ สุทธิพันธุ์[1]* นครินทร์ สารินทร์[2] อารีย์รัตน์ ส่งสกุลวัฒนา[3] และสุพานิช อังศิริกุล[4]

บทคัดย่อ

ฟาร์มปศุสัตว์เป็นธุรกิจสำคัญสำหรับเกษตรกรในหลาย ๆ ประเทศรวมถึงประเทศไทย ความท้าทายสำคัญของเจ้าของฟาร์มคือการลดต้นทุนและเพิ่มกำไรให้ได้มากที่สุด งานวิจัยนี้นำเสนอระบบ ควบคุมเครื่องให้อาหารโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้อาหารสัตว์ปริมาณที่เหมาะสมในเวลาที่สมควร เราเสนอระบบของ Internet of Things (IoT) ที่นำอุปกรณ์ต่าง ๆ มาใช้ผ่านการควบคุม ของบอร์ด ESP8266 โดยผสานการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ได้แก่ แอปพลิเคชัน Flutter เพื่อควบคุมและสั่งการจากระยะไกลผ่านโทรศัพท์มือถือ ระบบติดตั้ง Load Cell เพื่อคำนวณปริมาณอาหารที่จ่าย และส่งสัญญาณไปยัง Servo Motor เพื่อจ่ายอาหารสัตว์ พร้อมเชื่อมต่อกับโมดูลการสื่อสารไร้สายสำหรับการติดตามสถานะแบบเรียลไทม์ จุดเด่นของระบบนี้คือความสามารถในการคำนวณปริมาณอาหารที่เหมาะสมตามน้ำหนัก ช่วงอายุ และความต้องการพลังงานของสัตว์โดยอ้างอิงตามการคำนวณพลังงานแคลอรี สุดท้าย ระบบนี้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการให้อาหาร ป้องกันการให้อาหารมากหรือน้อยเกินไป ส่งเสริมสุขภาพสัตว์ ลดภาระของเกษตรกร และช่วยลดต้นทุนการดำเนินงานพร้อมทั้งยกระดับคุณภาพชีวิตของเกษตรกรให้ดีขึ้น

คำสำคัญ: Internet of Things (IoT) Load Cell Flutter ESP8266

[1] นักศึกษา, มหาวิทยาลัยรังสิต ปทุมธานี 12000 ประเทศไทย

[2] นักศึกษา, มหาวิทยาลัยรังสิต ปทุมธานี 12000 ประเทศไทย

[3] อาจารย์ที่ปรึกษา, มหาวิทยาลัยรังสิต ปทุมธานี 12000 ประเทศไทย

[4] อาจารย์ที่ปรึกษา, มหาวิทยาลัยรังสิต ปทุมธานี 12000 ประเทศไทย

[1] Student, Rangsit University, Pathum Thani 12000, Thailand

[2] Student, Rangsit University, Pathum Thani 12000, Thailand

[3] Position, Rangsit University Pathum Thani 12000, Thailand

[4] Position, Rangsit University Pathum Thani 12000, Thailand

* Pikanon Sutthipant : E-mail: pikanon.s65@rsu.ac.th, Tel: 064-123-0236

* Nakarin Sarin: E-mail : nakarin.sa65@rsu.ac.th, Tel: 061-565-0089

* Areerat Songsakulwattana : E-mail: areerat@rangsit.rsu.ac.th, Tel: 081-354-7311

* Supanit Angsirikul: E-mail: supanit.a@rsu.ac.th, Tel: 085-8101-777

Animal Feed Quantity Control Device

Pikanon Sutthipant[1]*, Nakarin Sarin[2], Areerat Songsakulwattana[3], and Supanit Angsirikul[4]

Abstract

Animal Farm is one of the crucial businesses in the agricultural economy for several countries, including Thailand. The task of how to minimize the cost and maximize the profit is the most challenging task for the farm owner. Reducing costs for farmers is a traditional task for them. This research presents the building of an automatic animal feed control system. The objective of this proposed system is to provide the feeding food for animals with an appropriate amount of food at the right time. The proposed system employs the Internet of Things (IoT) technology concept and applies the set of electronic devices including the ESP8266 board, Servo motor and Flutter to enable automation and remote control through a mobile application. The devices are equipped with a Load Cell sensor to calculate amount of food being dispensed then it pass signal to Servo Motor to distribute the food for animal. This system integrates to wireless communication module to facilitate real-time monitoring. The key feature function is its ability to calculate the appropriate food amount based on the animal's weight, age range, and energy requirements using calorie-based calculations. In conclusion, this system results in enhanced feeding efficiency and prevent overfeeding or underfeeding food, promotes healthier eating habits, and reduces the workload of farm owners. Eventually, the outcome of this approach can help to reduce the operating cost and improve the overall quality of life of the farmer.

Keywords: Internet of Things (IoT); Automatic Feeding System; Load Cell; Flutter; ESP8266

บทนำ

ในปัจจุบัน การเลี้ยงสัตว์ในฟาร์มขนาดเล็ก เช่น ไก่ หมู หรือสัตว์เลี้ยงอื่น ๆ ได้กลายเป็นส่วนสำคัญของการดำรงชีวิตและเศรษฐกิจของเกษตรกรรายย่อย อย่างไรก็ตาม หนึ่งในปัญหาที่เกษตรกรต้องเผชิญคือการให้อาหารสัตว์อย่างสม่ำเสมอและในปริมาณที่เหมาะสม ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตและสุขภาพของสัตว์ในฟาร์ม

พฤติกรรมการกินอาหารของสัตว์จะส่งผลกระทบต่อการวางแผนและบริหารจัดการฟาร์มโดยรวม ขาดความชัดเจนในกระบวนการผลิต และอาจเพิ่มต้นทุนอย่างไม่จำเป็น (Tantalaki, Souravlas, & Roumeliotis, 2019) การให้อาหารที่ไม่สม่ำเสมอหรือในปริมาณที่ไม่เหมาะสมอาจนำไปสู่ปัญหาสุขภาพของสัตว์ เช่น การขาดสารอาหาร การเจริญเติบโตที่ช้ากว่าปกติ หรือแม้กระทั่งการเกิดโรคอ้วนในสัตว์บางชนิด (Lebret, 2008) นอกจากนี้ เกษตรกรจำนวนมากยังประสบปัญหาขาดแคลนเวลาเนื่องจากต้องจัดการหลายภารกิจในฟาร์ม เช่น การดูแลสัตว์ การทำความสะอาด และการจัดการเรื่องการเกษตรอื่น ๆ ซึ่งอาจทำให้การให้อาหารสัตว์ไม่เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

ด้วยเหตุนี้ จึงเกิดแนวคิดในการพัฒนาเครื่องควบคุมปริมาณอาหารสัตว์ในฟาร์มที่สามารถผสมและจ่ายอาหารสัตว์ได้อัตโนมัติ เครื่องให้อาหารนี้ได้รับการออกแบบมาเพื่อตอบสนองความต้องการของฟาร์มขนาดเล็ก โดยมีฟังก์ชันในการผสมอาหารสัตว์หลากหลายชนิดในอัตราส่วนที่เหมาะสม และให้อาหารในปริมาณที่สอดคล้องกับความต้องการของสัตว์แต่ละประเภท พร้อมทั้งออกแบบและพัฒนาเครื่องให้อาหารสัตว์ที่สามารถควบคุมและตั้งค่าได้ผ่านแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ ทำให้เกษตรกรสามารถจัดการการให้อาหารสัตว์ได้สะดวกยิ่งขึ้น แม้จะไม่ได้อยู่ในฟาร์มก็ตาม นอกจากนี้ เครื่องยังมีฟังก์ชันติดตามข้อมูล เช่น การบันทึกปริมาณอาหารที่ใช้ เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเลี้ยงสัตว์ เครื่องให้อาหารสัตว์อัจฉริยะสำหรับฟาร์มขนาดเล็กนี้จะเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยเพิ่มความสะดวกสบายและประสิทธิภาพให้กับเกษตรกร พร้อมทั้งสนับสนุนการเลี้ยงสัตว์ที่มีคุณภาพและยั่งยืนในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนาเครื่องให้อาหารสัตว์ในฟาร์มอัตโนมัติ มีขั้นตอนและวิธีดำเนินงานดังต่อไปนี้

1) ศึกษารวบรวมข้อมูล

2) กำหนดกลุ่มเป้าหมาย

3) การออกแบบและการพัฒนาระบบ

4) การเก็บรวบรวมข้อมูล

1) ศึกษารวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ในการดำเนินการวิจัย และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

1.1 ศึกษารวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับหลักการคำนวณปริมาณอาหารสัตว์ที่เหมาะสมกับพฤติกรรมการบริโภคอาหารของสัตว์ในฟาร์ม

1.1.1 ศึกษาประเภทของสัตว์ที่พบในฟาร์มขนาดเล็ก เช่น ไก่

1.1.2 ศึกษาความต้องการพลังงาน (แคลอรี) ของสัตว์ในแต่ละช่วงอายุ น้ำหนัก และช่วงเวลา

1.1.3ศึกษาผลกระทบของการให้อาหารมากหรือน้อยเกินไปต่อสุขภาพสัตว์ เช่น โรคอ้วนหรือการขาดสารอาหาร

1.2 ศึกษาเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) และ อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์/ซอฟต์แวร์ ที่ใช้ในระบบ

1.2.1 ศึกษาหลักการทำงานของเทคโนโลยี IoT ที่ใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ระยะไกล การประยุกต์ใช้ IoT กับระบบให้อาหารอัตโนมัติ และ การสื่อสารแบบไร้สาย เช่น Wi-Fi และ MQTT ในการเชื่อมต่อข้อมูลระหว่างอุปกรณ์

1.2.2 ESP8266: บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่รองรับ Wi-Fi ใช้ควบคุมและรับส่งข้อมูล Load Cell: เซ็นเซอร์วัดน้ำหนักที่ใช้ตรวจสอบปริมาณอาหารที่จ่าย HX711: โมดูลขยายสัญญาณจาก Load Cell ให้ ESP8266 อ่านค่าได้อย่างแม่นยำ Servo Motor: ใช้ควบคุมกลไกในการเปิด/ปิดถังอาหาร ปกรณ์เสริม เช่น สายไฟ, แหล่งจ่ายไฟ, กล่องควบคุม

1.2.3 ศึกษา Flutter ซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับพัฒนาแอปบน iOS และ Android และ ศึกษา Arduino IDE ในการใช้สำหรับการพัฒนาโปรแกรมที่ควบคุมการทำงานของระบบทั้งหมด

1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การเลี้ยงสัตว์ยังคงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อระบบอาหารของโลก โดยเฉพาะในพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมกับการปลูกพืช สัตว์ช่วยเพิ่มความหลากหลายของอาหารและความมั่นคงของระบบอาหารในระยะยาว ทั้งยังสามารถใช้ทรัพยากรเหลือใช้มาผลิตเป็นโปรตีนและปุ๋ยธรรมชาติ ซึ่งส่งผลต่อความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อมและระบบเกษตรกรรมโดยรวม (Torpman & Röös, 2024; Van Zanten et al., 2019)

อย่างไรก็ตาม การเลี้ยงสัตว์โดยไม่มีระบบการจัดการที่ดี โดยเฉพาะด้านการให้อาหาร อาจนำไปสู่ปัญหาหลายด้าน เช่น สุขภาพของสัตว์ที่แย่ลง ประสิทธิภาพในการเจริญเติบโตลดลง และคุณภาพเนื้อสัตว์ที่ต่ำลง ตัวอย่างเช่น Zhang et al. (2021) พบว่าการให้อาหารโดยไม่ควบคุมปริมาณในฟาร์มสุกรส่งผลให้สัตว์กินไม่สม่ำเสมอ ทำให้คุณภาพเนื้อสัตว์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ Lopez et al. (2019) ชี้ว่าการไม่มีข้อมูลที่แม่นยำเกี่ยวกับพฤติกรรมการกินอาหารของสัตว์จะส่งผลกระทบต่อการวางแผนและบริหารจัดการฟาร์มโดยรวม ขาดความชัดเจนในกระบวนการผลิต และอาจเพิ่มต้นทุนอย่างไม่จำเป็น

ในด้านพฤติกรรมสัตว์ Rushen et al. (2019) พบว่าการจัดตารางการให้อาหารอย่างเป็นระบบมีผลช่วยลดความเครียดและปัญหาพฤติกรรมก้าวร้าวของสัตว์ ซึ่งสะท้อนว่าการให้อาหารที่แม่นยำไม่ใช่เพียงแค่ด้านโภชนาการ แต่ยังเกี่ยวข้องกับคุณภาพชีวิตของสัตว์อย่างลึกซึ้ง

เพื่อลดปัญหาดังกล่าว งานวิจัยหลายชิ้นจึงมุ่งเน้นการพัฒนาระบบให้อาหารสัตว์แบบอัตโนมัติ Rajput et al. (2021) ได้พัฒนาระบบที่ใช้เซนเซอร์เพื่อตรวจวัดปริมาณและตั้งเวลาให้อาหารได้อย่างแม่นยำ ทำให้สามารถให้อาหารโดยไม่ต้องพึ่งผู้ดูแลตลอดเวลา ช่วยลดปัญหาการลืมให้อาหารหรือให้อาหารเกินความจำเป็น

ในระดับครัวเรือน Akila et al. (2018) เสนอการใช้เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) ในระบบให้อาหารปลา ผู้ใช้สามารถควบคุมการให้อาหารผ่านสมาร์ตโฟนได้แบบเรียลไทม์ ระบบนี้ช่วยเพิ่มความสะดวกและแม่นยำในการดูแลสัตว์แม้ไม่อยู่บ้าน

1) กลุ่มเป้าหมาย

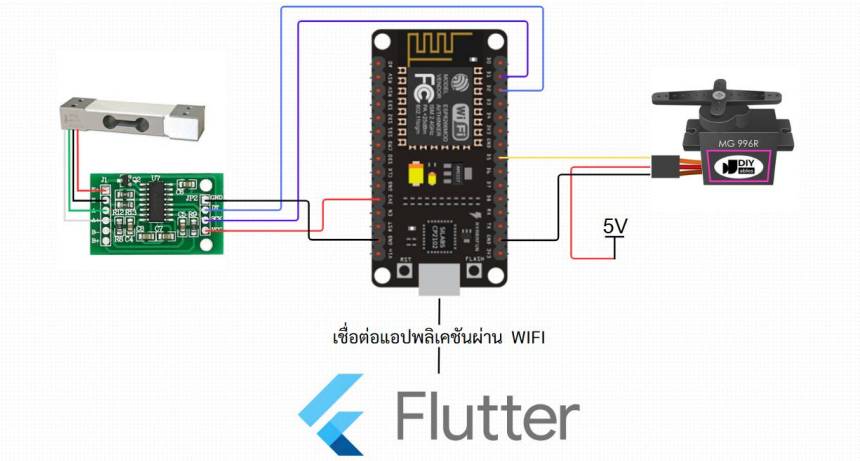
กลุ่มเป้าหมายคือ เกษตรกรหรือผู้เลี้ยงสัตว์ขนาดเล็ก ที่มีความพร้อมในการใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และแอปพลิเคชันมือถือ

2) การออกแบบและการพัฒนาระบบ

ผู้วิจัยได้ออกแบบระบบควบคุมการให้อาหารสัตว์อัตโนมัติโดยมีองค์ประกอบหลักของระบบดังต่อไปนี้:

3.1 ออกแบบระบบ

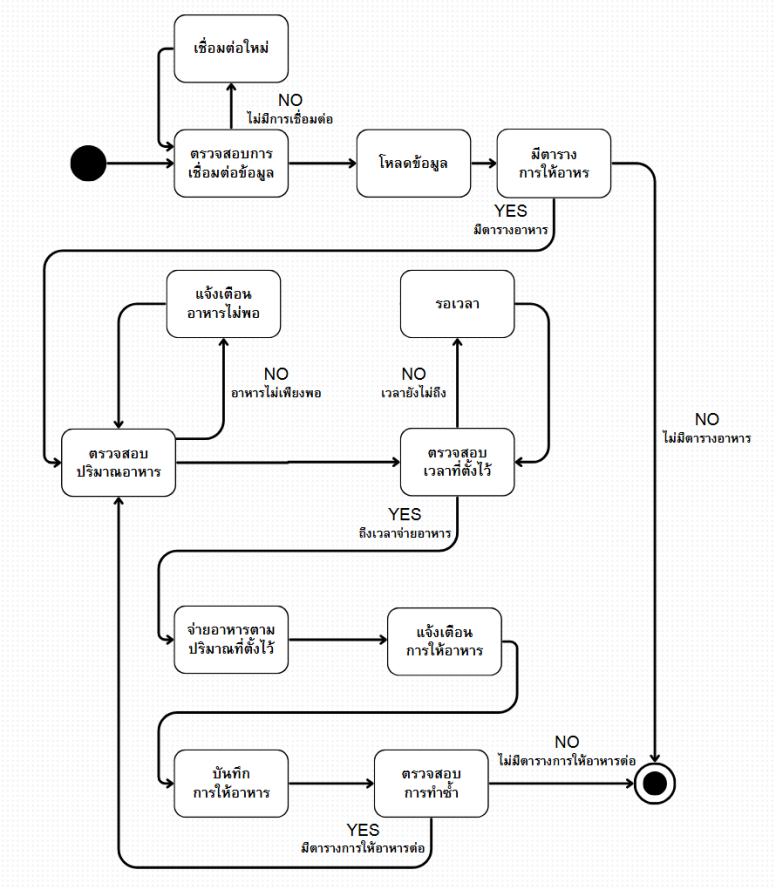
จากตัวอย่าง ภาพที่ 1 ผังต่ออุปกรณ์ แสดงการทำงานของระบบที่เชื่อมต่อกับแอปมือถือผ่าน Wi-Fi โดยใช้บอร์ด ESP8266 เป็นตัวควบคุมหลัก ซึ่งรับข้อมูลจาก Load cell ผ่านโมดูล HX711 เพื่อตรวจสอบน้ำหนักอาหาร และควบคุม Servo Motor สำหรับเปิด-ปิดช่องให้อาหาร ตัวโหลดเซลล์จะส่งสัญญาณไปยังบอร์ดผ่านสายสองเส้น (DT และ SCK) ส่วน Servo Motor จะเชื่อมต่อกับช่องส่งสัญญาณเพื่อสั่งงานการหมุน โดยทั้งระบบจะได้รับพลังงานจากแหล่งจ่าย 5V และสามารถควบคุมหรือดูสถานะทั้งหมดผ่านแอปที่พัฒนาโดยใช้ Flutter บนโทรศัพท์มือถือ ทำให้ผู้ใช้สามารถให้อาหารสัตว์ได้อย่างสะดวกสบายผ่านอินเทอร์เน็ต.



ภาพที่ 1 ผังต่ออุปกรณ์

3.2 หลักการทำงาน

จากตัวอย่าง ภาพที่ 2 แบบจำลองโปรแกรม ระบบให้อาหารสัตว์อัตโนมัติในงานวิจัยนี้เริ่มต้นจากผู้ใช้ตั้งเวลาและปริมาณอาหารผ่านแอปพลิเคชันมือถือที่พัฒนาด้วย Flutter ซึ่งสามารถทำงานได้ทั้งบน Android และ iOS จากนั้นข้อมูลจะถูกส่งผ่าน Wi-Fi ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 ที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของระบบ เมื่อถึงเวลาที่ตั้งไว้ ESP8266 จะสั่งการให้ Servo Motor หมุนเพื่อแจกจ่ายอาหาร และในขณะเดียวกัน Load Cell จะตรวจวัดปริมาณอาหารที่แจกจ่ายออกมาแบบเรียลไทม์ เมื่อปริมาณอาหารถึงค่าที่กำหนด ESP8266 จะสั่งให้ Servo Motor หยุดการทำงาน จากนั้นข้อมูลการให้อาหาร เช่น เวลาและสถานะ จะถูกส่งกลับไปยังแอปเพื่อแสดงในประวัติการให้อาหาร โดยทั้งหมดนี้ควบคุมผ่านโปรแกรมที่พัฒนาใน Arduino IDE เพื่อให้ ESP8266 สามารถทำงานร่วมกับเซ็นเซอร์และมอเตอร์ได้อย่างแม่นยำและเสถียร.



ภาพที่ 2 แบบจำลองโปรแกรม (Statechart) ของ Food Feeding Automation base Internet of Things

3) การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยอยู่ในระหว่างการพัฒนาและทดสอบต้นแบบของระบบเครื่องให้อาหารสัตว์อัตโนมัติ โดยในขั้นตอนนี้จะเน้นการตรวจสอบความถูกต้องของการทำงานของระบบจากการทดสอบภายใน และวางแผนการเก็บข้อมูลในอนาคต ดังนี้:

4.1 การทดสอบระบบภายใน (Internal Testing)

4.1.1 ผู้วิจัยทำการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์แต่ละชิ้น เช่น Load Cell, Servo Motor, และการเชื่อมต่อกับแอปพลิเคชันผ่าน ESP8266

4.1.2 ทดสอบความแม่นยำในการจ่ายอาหารเทียบกับค่าที่กำหนดในระบบ

4.1.3 บันทึกปริมาณการจ่ายอาหาร และตรวจสอบการแสดงผลผ่านแอปพลิเคชัน

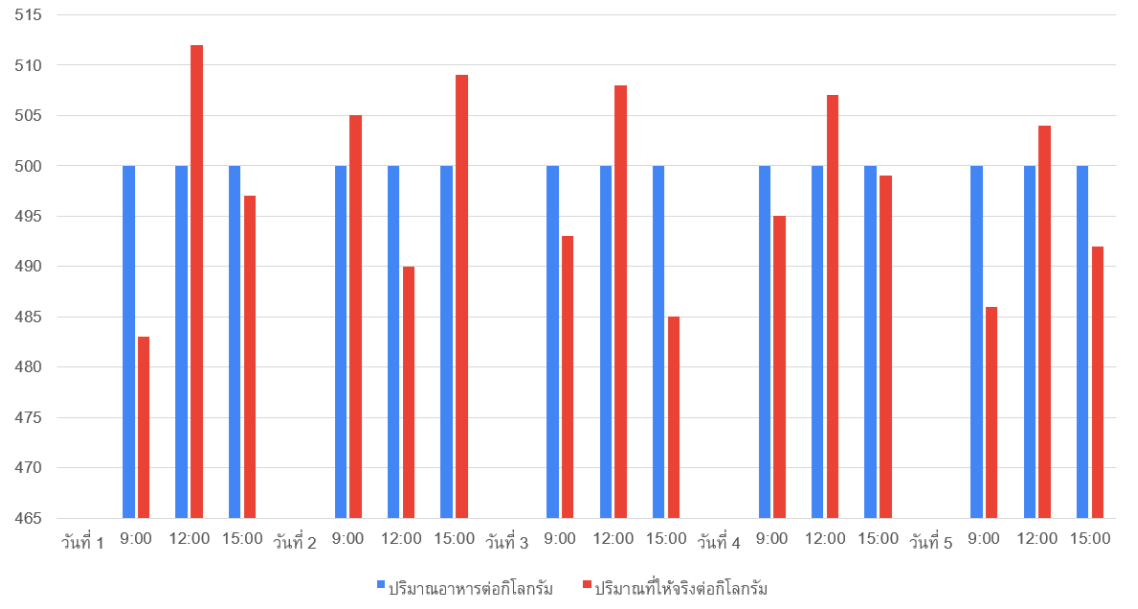
4.2 การเก็บข้อมูลจากระบบต้นแบบ

4.2.1 จัดเก็บข้อมูลจาก ESP8266 และแอปพลิเคชันเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพเบื้องต้น

4.2.2 ประเมินความเสถียรของระบบเมื่อทำงานต่อเนื่องในระยะเวลาหนึ่ง

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

วิจัยนี้มีเป้าหมายในการพัฒนาอุปกรณ์ให้อาหารสัตว์อัตโนมัติที่เชื่อมต่อกับเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถควบคุมและตรวจสอบการให้อาหารสัตว์ได้จากระยะไกลผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน ระบบที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยบอร์ด ESP8266 สำหรับการเชื่อมต่อเครือข่าย เซ็นเซอร์ Load Cell สำหรับตรวจวัดน้ำหนักอาหาร Servo Motor สำหรับควบคุมการจ่ายอาหาร และแอปพลิเคชัน Flutter ที่ทำหน้าที่กำหนดเวลาและปริมาณอาหารอย่างแม่นยำ



ภาพที่ 3 กราฟแสดงความเสถียรของผลการทำงาน

ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าระบบมีความเสถียรมีความห่างจากปริมาณอาหารที่ตั้งไว้ไม่เกิน 10 กรัม ใช้งานง่าย และตอบสนองคำสั่งจากแอปพลิเคชันได้อย่างรวดเร็ว อีกทั้งสามารถปรับปริมาณอาหารให้เหมาะสมกับช่วงอายุของสัตว์ได้อย่างยืดหยุ่น ส่งผลให้ลดการสูญเสียอาหารและส่งเสริมสุขภาพสัตว์ได้เป็นอย่างดี

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ พบว่าระบบให้อาหารสัตว์อัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบโจทย์การจัดการฟาร์มได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในด้านความแม่นยำ ความสะดวกในการควบคุม และการจัดเก็บข้อมูลย้อนหลัง โดยใช้บอร์ด ESP8266 ร่วมกับเซ็นเซอร์วัดน้ำหนักและเซอร์โวมอเตอร์ ทำให้สามารถจ่ายอาหารได้อย่างแม่นยำตามปริมาณที่กำหนดและตรวจสอบได้แบบเรียลไทม์ นอกจากนี้ ระบบยังออกแบบให้ปรับปริมาณอาหารให้เหมาะสมกับช่วงอายุของสัตว์เพื่อส่งเสริมสุขภาพที่ดีขึ้นในระยะยาว และสามารถควบคุมตรวจสอบผ่านแอปพลิเคชันมือถือ ช่วยให้เกษตรกร โดยเฉพาะฟาร์มขนาดเล็ก ลดภาระด้านแรงงาน พร้อมทั้งใช้ข้อมูลย้อนหลังวิเคราะห์และปรับปรุงการเลี้ยงในอนาคต อีกทั้งระบบยังมีศักยภาพในการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าและลดของเสียจากอาหารที่เหลือ ซึ่งส่งผลดีต่อความยั่งยืนในการจัดการฟาร์มสัตว์โดยรวม

เอกสารอ้างอิง

Akila, I. S., Karthikeyan, P., Hari, M. V., & Hari, J. (2018). IoT based domestic fish feeder. *IEEE*, 8474829. https://doi.org/10.1109/ICECA.2018.8474829

Johannesson, T., & Ladewig, J. (2000). The effect of irregular feeding times on the behaviour and growth of dairy calves. Applied Animal Behaviour Science, 69(2), 103–111. https://doi.org/10.1016/S0168-1591(00)00127-1

Lebret, B. (2008). Effects of feeding and rearing systems on growth, carcass composition and meat quality in pigs. Animal: An International Journal of Animal Bioscience, 2(10), 1548–1558. https://doi.org/10.1017/S1751731108002796

R. Rajput, A., Magdum, P., B. Kumbhar, D., Suresh Patil, S., J. Rajput, A., & Dhawale, N. (2021). Automatic animal food feeding system. International Journal of Advances in Engineering and Management (IJAEM), 3(10), 69–76. https://doi.org/10.35629/5252-03106976

Torpman, O., & Röös, E. (2024). Are animals needed for food supply, efficient resource use, and sustainable cropping systems? An argumentation analysis regarding livestock farming. *Food Ethics*, *9*(15). https://doi.org/10.1007/s41055-024-00147-9

Tantalaki, N., Souravlas, S., & Roumeliotis, M. (2019). Data-driven decision making in precision agriculture: The rise of big data in agricultural systems. Journal of Agricultural & Food Information, 20(4), 344–380. https://doi.org/10.1080/10496505.2019.1638264

H.E. Van Zanten, H., K. Van Ittersum, M., & J.M. De Boer, I. (2019). The role of farm animals in a circular food system. *Global Food Security*, *21*, 18–22. https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.06.003

O 34

แนวทางการออกแบบอุปกรณ์ปอกเปลือกมังคุด

ศศินันท์ คิรินทร์รัตนะ[1*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการออกแบบอุปกรณ์ลดปัญหาการรับประทานมังคุดในครัวที่เรียบง่ายไม่ใช้ไฟฟ้า เพื่อเพิ่มปริมาณตลาดส่งออก เนื่องจากมังคุดเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจการเกษตรของไทย โดยพบว่าจากรายงานช่วง 8 เดือนแรกของปี 2567 ไทยส่งออกมังคุดเพิ่มขึ้นร้อยละ 25.6 เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปีก่อน ขั้นตอนการศึกษาเริ่มต้นจากรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาการปอกเปลือกมังคุด เนื่องจากเปลือกที่แข็งและเหนียว ทำให้ชาวต่างชาติที่ไม่คุ้นเคยกับผลมังคุดจะไม่แน่ใจว่าควรแกะตรงไหน หรือกินส่วนใดได้บ้าง ที่สำคัญเนื้อมังคุดนุ่มและช้ำง่าย หากใช้มีดเจาะลึกเกินไปจะทำให้เนื้อในแตกหรือมีน้ำสีแดงจากเปลือกปนเปื้อนเกิดรสฝาดได้ ขั้นตอนต่อมาได้ค้นหาขนาดของมังคุดที่ปลูกและส่งออก พบว่าผลมังคุดมีขนาด 4–7ซม. ความหนาเปลือก 0.6-1ซม. ดังนั้นตำแหน่งใบมีดและขนาดอุปกรณ์โดยรวมที่เหมาะกับการใช้งานจะเริ่มต้นที่ 7.0ซม. และลดลงเหลือ 5.5ซม.เมื่อใช้งาน จากข้อมูลผลมังคุดสรุปแนวทางการออกแบบอุปกรณ์ใบมีดโค้งที่สามารถกรีดเปลือกโดยรอบได้สม่ำเสมอ คัดเลือกแบบและค้นหาวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิมที่ยืดหยุ่นดัดงอเด้งกลับได้ และเกรดที่แข็งและเหนียวเพื่อส่วนใบมีด เมื่อผลิตต้นแบบทดลองใช้งานจริง ผู้ทดลองมีความพึงพอใจโดยรวมในระดับดีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.45

คำสำคัญ : ปอกเปลือก ตลาดบน เหล็กกล้าไร้สนิม

---

[1] อาจารย์, หลักสูตรศิลปอุตสาหกรรม คณะสถาปัตยกรรม ศิลปะและการออกแบบ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[1] Sasinan Kirinrattana, Department of Industrial Design, School of Architecture, Art, and Design, KMITL.

Design and Development of a Manual Device for Peeling Mangosteens

Sasinan Kirinrattana[1*]

Abstract

This research aims to design a simple, non-electric kitchen tool to facilitate the consumption of mangosteen, thereby expanding its market potential. Mangosteen is a significant agricultural export for Thailand. In the first eight months of 2024, Thailand exported 247,274.83 tons of mangosteen, valued at USD 427.28 million, marking a 25.6% increase compared to the same period in the previous year.

Challenges in peeling mangosteen, due to its hard and thick rind, deter consumers, especially foreigners unfamiliar with the fruit. Incorrect peeling methods can damage the soft flesh or cause contamination from the rind's red sap, leading to an astringent taste. A study of exported mangosteen sizes revealed diameters ranging from 4 to 7 cm, with rind thickness between 0.6 and 1 cm. Based on this, a tool was designed with a curved blade capable of uniformly scoring the rind around the fruit's circumference. Grade 301 stainless steel was selected for the flexible body due to its high elasticity, while grade 420 stainless steel was used for the cutting blade. A prototype was developed and tested, yielding favorable results from users, demonstrating the tool's efficiency and ease of use.

Keywords : mangosteen, unfamiliar, stainless steel,

บทนำ

มังคุด (Mangosteen) ถือเป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย โดยมีบทบาทเด่นในตลาดส่งออกโลก ในช่วง 8 เดือนแรกของปี 2567 (มกราคม–สิงหาคม) ประเทศไทยส่งออกมังคุดปริมาณ 247,274.83 ตัน คิดเป็นมูลค่า 427.28 ล้านเหรียญสหรัฐ เพิ่มขึ้นร้อยละ 25.6 เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปีก่อน เนื่องจากความยากลำบากในการปอกเปลือกมังคุดสำหรับผู้บริโภคชาวต่างชาติ เรียกได้ว่าเป็นอุปสรรคสำคัญในการขยายตลาดการส่งออก ผู้วิจัยจึงคิดออกแบบอุปกรณ์ช่วยเหลือเพื่อปรับปรุงทั้งการรับประทานที่สะดวกมากขึ้น และได้รสชาติของมังคุดไทยที่ไม่ถูกปนเปื้อนหรือเสียหายจากการปอกเปลือก ที่เชื่อว่าจะสร้างความต้องการมังคุดไทยในตลาดต่างประเทศมากขึ้นอย่างแน่นอน

วิธีดำเนินการ

ขั้นตอนที่ 1 ค้นหาปัญหา เริ่มจากการค้นคว้าข้อมูลเรื่องการปอกเปลือกมังคุดอันเป็นหนึ่งในอุปสรรคสำคัญที่ส่งผลต่อความนิยมของชาวต่างชาติในการบริโภคมังคุด และอาจส่งผลทางอ้อมต่อการขยายตลาดส่งออก ได้ไม่เต็มศักยภาพ โดยเฉพาะในกลุ่มผู้บริโภคที่ไม่คุ้นเคยกับผลไม้เมืองร้อน รายละเอียดดังนี้

1. เปลือกแข็งและเหนียว: เปลือกมังคุดมีความแข็งและเหนียว โดยเฉพาะเมื่อผลสุกจัด ทำให้การปอกเปลือกด้วยมือหรือมีดเป็นเรื่องยาก และเสี่ยงต่อการทำให้เนื้อในช้ำหรือเสียหาย .
2. ยางสีเหลืองจากเปลือก: เมื่อปอกเปลือกมังคุด อาจมีน้ำยางสีเหลืองไหลออกมา ซึ่งสามารถเปื้อนมือและเสื้อผ้าได้ง่าย และอาจทำให้เกิดรสขมเมื่อติดกับเนื้อผลไม้ .
3. ความไม่คุ้นเคยกับวิธีการปอก: ผู้บริโภคชาวต่างชาติที่ไม่คุ้นเคยกับมังคุดอาจไม่ทราบวิธีการปอกที่ถูกต้อง เช่น การดึงจุกและบีบเปลือกเพื่อเปิดผล ซึ่งอาจนำไปสู่การกัดเปลือกโดยตรงหรือการใช้มีดที่ไม่เหมาะสม ทำให้เนื้อเสียหายหรือเกิดความไม่พึงพอใจ .
4. การปอกที่ไม่ถูกวิธี: การปอกมังคุดโดยใช้มีดที่ไม่เหมาะสมหรือแรงกดที่มากเกินไป อาจทำให้เนื้อในช้ำหรือมีน้ำสีแดงจากเปลือกปนเปื้อน ซึ่งอาจทำให้รสชาติเปลี่ยนแปลงและไม่เป็นที่พึงพอใจของผู้บริโภค .

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาความต้องการและข้อมูลในการออกแบบ ความต้องการของทั้งเกษตรกรผู้ปลูกมังคุด ผู้ส่งออกและผู้บริโภคปลายทางชาวต่างชาติ คือการเพิ่มความนิยมในการบริโภคมังคุดให้มากขึ้น ต้องการวิธีการรับประทานที่ลดระยะเวลาและความซับซ้อนในการปอกเปลือกที่หนาและแข็ง ที่นับเป็นอุปสรรคใหญ่ในการขยายตลาดส่งออกอย่างมีนัยสำคัญ ผู้วิจัยเริ่มต้นหาข้อมูลเกี่ยวกับขนาดและรายละเอียดที่เชื่อมโยงกับการปอกเปลือกมังคุดดังนี้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของมังคุดที่นิยมปลูกเพื่อขายในเชิงพาณิชย์ โดยเฉพาะเพื่อการส่งออก มักอยู่ในช่วง 4.0 – 6.5 เซนติเมตร ซึ่งสามารถแบ่งเกรดได้ตามขนาด ดังนี้

เกรด A (ใหญ่พิเศษ): เส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 6.0 ซม.

เกรด B (ขนาดกลาง): ประมาณ 5.0 – 6.0 ซม.

เกรด C (ขนาดเล็ก): ประมาณ 4.0 – 5.0 ซม.

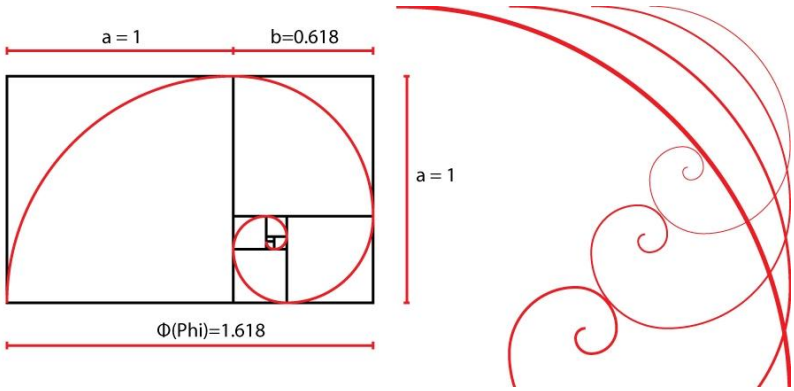
ซึ่งความต้องการของตลาดต่างประเทศ เช่น จีนหรือยุโรป ขนาดที่นิยมมากที่สุดมักอยู่ในช่วง 5.0 – 6.0 ซม. เพราะเหมาะสมทั้งเรื่องรสชาติและน้ำหนัก ต่อมาได้ศึกษากระบวนการบริโภคผลมังคุดสดเพื่อการวิเคราะห์เชิงพฤติกรรมผู้บริโภคมีดังนี้

1. การตรวจสอบลักษณะภายนอกของผลมังคุด
2. การจับถือและเตรียมปอก ซึ่งการจับถือควรอยู่ที่กลางผลเพื่อให้ควบคุมได้ดีในการใช้มีดหรืออุปกรณ์ช่วย เพื่อความปลอดภัยและลดความเสียหายของเนื้อใน
3. การเปิดผลมังคุด ใช้มีดกรีดเปลือกโดยรอบในแนวเส้นศูนย์กลางลึกเพียงเปลือก ไม่ทะลุถึงเนื้อ แล้วบิดให้เปลือกแยกจากกัน

ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์ข้อมูล นักวิจัยจึงได้วิเคราะห์ขนาดและกระบวนการบริโภคผลมังคุดสด ได้รูปแบบการใช้งานอุปกรณ์ปอกเปลือกมังคุด และเส้นผ่านศูนย์กลางที่เหมาะสมเพื่อออกแบบอุปกรณ์ที่สามารถ กรีดเปลือกมังคุดได้พอดีเมื่อใช้งานด้วยการบีบ โดยใช้ใบมีดโค้งด้านในในการกรีดผิวเปลือก และวงนอกเป็นที่มือจับ กำหนดให้ก่อนและหลังการบีบใช้งานดังนี้

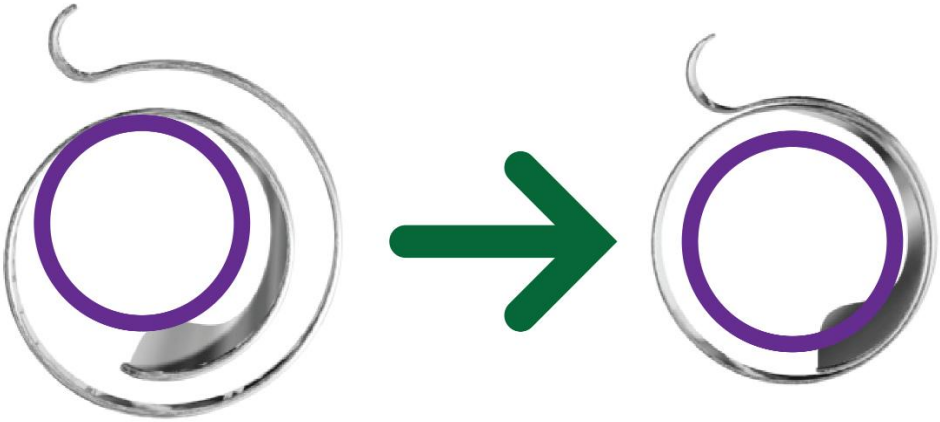
- ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของใบมีดโค้งด้านใน ก่อนบีบ เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 7.0 ซม. (ใกล้ขนาดผลมังคุดใหญ่สุด) และหลังบีบเพื่อกรีดเปลือก เส้นผ่านศูนย์กลางหดลงเหลือประมาณ 5.5 ซม. ตำแหน่งใบมีดจึงอยู่ที่รัศมีประมาณ 2.75 ซม. ซึ่งตรงกับขอบเปลือกพอดี ซึ่งใบมีดควรกรีดได้ลึก ประมาณ 0.8-1.0 ซม. เพื่อทะลุเปลือกโดยไม่โดนเนื้อ
- ขนาดวงนอกที่เป็นด้ามจับ ที่ใช้มือจับบีบ ควรมีขนาดใหญ่กว่าด้านในประมาณ 1 – 1.5 ซม. เพื่อให้จับถนัด และมีแรงงัดพอบีบเข้าหาใบมีด ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางก่อนบีบประมาณ 8.5 – 9.0 ซม. และหลังบีบหดลงเหลือประมาณ 7.0 – 7.5 ซม.

ขั้นตอนที่ 4 ขั้นตอนการออกแบบ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่วิเคราะห์ได้ กำหนดขอบเขตและร่างแบบ ผ่านการคัดเลือกรูปแบบที่เหมาะสมด้วยการใช้งานที่ง่าย การผลิตที่เป็นไปได้ในเชิงพานิชย์ มีความงามด้วยเส้นโค้งที่มีการคดวนจากกว้างไปแคบอย่างมีจังหวะ ซึ่งคล้ายกับ เกลียวทองคำ (Golden Spiral)



รูปที่ 1 ภาพแสดงทฤษฎีความงามเกลียวทองคำ (Golden Spiral)

ซึ่งเกิดจากการวาดเส้นโค้งผ่านช่องสี่เหลี่ยมที่มีอัตราส่วนทองคำ (ประมาณ 1:1.618) และการไล่ระดับจากโค้งกว้างไปสู่ปลายแหลมแสดงถึงการเคลื่อนไหวอย่างอ่อนโยนและเป็นธรรมชาติ สร้างความรู้สึก “สมดุล” และ “ไหลลื่น”



รูปที่ 2 ภาพแสดงแบบร่างและการใช้งานด้วยการบีบ

เนื่องด้วยรูปแบบและการใช้งานดังกล่าว ขนาดก่อนและช่วงขณะใช้งานจะแตกต่างกันมาก คือเริ่มต้นที่ 7.0ซม. และลดลงเหลือ 5.5ซม.เมื่อใช้งาน และต้องการใบมีดโค้งติดด้านในส่วนที่มือจับเพื่อกรีดเปลือกโดยรอบได้สม่ำเสมอ ซึ่งเมื่อค้นหาวัสดุที่เหมาะสมสำหรับโครงสร้างหลักที่ต้องโค้งและมีแรงคืนตัวเมื่อถูกบีบคือเหล็กกล้าไร้สนิมเกรดดังนี้

1. สเตนเลสเกรด 301 (AISI 301) คุณสมบัติเด่นมีความยืดหยุ่นสูง (high springback) เหมาะสำหรับงานที่ต้องการการดัดงอหรือเด้งกลับ เช่น สปริงหรือแหนบ สามารถรีดให้บางได้ (เหมาะกับแผ่นบางที่ม้วนได้ตามแบบร่าง) ซึ่งเหมาะสำหรับโครงสร้างหลักของอุปกรณ์ที่ต้องถูกบีบเพื่อให้ใบมีดโค้งเข้าหากัน

และวัสดุที่เหมาะสมกับการลับให้คมเป็นชิ้นส่วนมีดที่เฉือนลงเปลือกคือ

2. สเตนเลสเกรด 420 (AISI 420) คุณสมบัติเด่นคือเป็นสเตนเลสชนิดมีคาร์บอนสูง สามารถลับให้คมได้ดีมาก แข็งแรง และทนต่อการสึกหรอ มีการใช้งานทั่วไปเพื่อผลิตมีดหรือใบมีดเครื่องจักร ซึ่งเหมาะสำหรับส่วนที่ทำหน้าที่ใบมีด ด้านในอุปกรณ์

ดังนั้นความหนาของโครงสร้างหลักคือแผ่นโลหะ:ประมาณ 0.3 – 0.5 มม. เพื่อให้บางพอสำหรับการโค้ง แต่ยังคงแข็งแรงพอจะกรีดเปลือก

ขั้นตอนที่ 5 สร้างต้นแบบและทดลองการใช้งาน

เมื่อได้ขนาดและรูปทรงและวัสดุของผลิตภัณฑ์แล้ว จึงทดลองสร้างต้นแบบที่ใช้งานได้จริงเพื่อทดลองการใช้งานจริง

รูปที่ 3 ภาพต้นแบบเพื่อทดลองใช้งานจริง (Prototype)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัย จากการออกแบบได้ผลลัพธ์เป็นเป็นอุปกรณ์ปอกเปลือกมังคุด ที่เรียบง่าย ประหยัดพลังงาน รูปแบบงดงามตามทฤษฎีสัดส่วนทองคำ ที่เรียกได้ว่าเป็นทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ที่ใช้คำนวณหาสัดส่วนที่สวยที่สุด รวมไปถึงวัสดุเป็นไปได้ในการผลิตเพื่อการพานิชย์ หลังจากการทดลองจากต้นแบบจริงสำหรับชาวต่างชาติได้ผลดังภาพด้านล่าง พบว่ามีความสะดวก ลดเวลาในการปอกเปลือกมังคุด ช่วยสร้างความพึงพอใจในการรับประทานมากขึ้น อีกทั้งอุปกรณ์ยังมีขนาดกะทัดรัด สามารถจัดเก็บและพกพาได้

รูปที่ 4 ภาพผลการทดลองปอกเปลือกผลมังคุดด้วยมือเปล่า

รูปที่ 5 ภาพผลการทดลองปอกเปลือกผลมังคุดด้วยมีดทำครัวทั่วไป

รูปที่ 6 ภาพผลการทดลองปอกเปลือกผลมังคุดด้วยอุปกรณ์ออกแบบใหม่

นอกจากนี้ผู้ทดลองยังมีแนะนำแก้ไขด้านความปลอดภัยในการใช้งาน เนื่องจากผลมังคุดมีความกลมและลื่น เวลาจับเพื่อปอกด้วยอุปกรณ์ที่มีความคมจึงมีความเสี่ยงที่จะใช้งานพลาดบาดเจ็บได้ ซึ่งจุดนี้ผู้วิจัยจะดำเนินการแก้ไขเพื่ออุปกรณ์ที่ดียิ่งขึ้นต่อไป

สรุปผลการวิจัย

สรุปผลจากการทดลองใช้งานต้นแบบจริงพบว่าใช้ปอกมังคุดได้ สร้างความสะดวก เพิ่มรสชาติในการรับประทานมังคุด และผู้ทดลองให้ความเห็นตรงกันว่าการรับประทานที่ง่ายทำให้ต้องการรับประทานมากขึ้นจริง นอกจากนั้นผู้วิจัย ยังพบว่าอุปกรณ์นี้สามารถต่อยอดการใช้งานไปสู่ผลไม้เปลือกแข็งอื่นเช่น เงาะ ได้ดีอีกด้วย อาจเพียงปรับขนาดหรือวัสดุให้ยืดหยุ่นมากขึ้นรองรับผลไม้ที่ขนาดต่างกัน เพื่อขยายตลาดผลไม้เมืองร้อนของไทยอีกหลายชนิดให้เป็นที่นิยม สร้างเศรฐกิจที่มั่นคงเพื่อเกษตรกรและผู้เกี่ยวข้อง

อ้างอิง

[1] กรมวิชาการเกษตร.(2563).มาตรฐานสินค้าเกษตร มังคุดสดสำหรับการส่งออก (มกษ. 194/2563). สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ.URL:
https://www.acfs.go.th/standard/download/Thai_Agri_STD/194_2563_Mangosteen.pdf

[2] Gneeเหล็ก(Tianjin) Co.,จำกัด.(2023).สแตนเลสเกรด420. Gneeเหล็ก(Tianjin) Co.,จำกัด.URL:
https://th.marinesteels.com/info/grade-420-stainless-steel-88816895.html

เครดิตภาพ : https://newarta.com/product/golden-ratio-spiral-design-tool/

O 35

การพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม ร่วมกับบทเรียนสตอรี่ไลน์ เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง

ซัลไลลา แวมะยิ[1] โรสลีนา อนันตนุกูลวงศ์[2] และรูฮัยซา ดือราแม[3]*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาและทดสอบประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม ร่วมกับบทเรียนสตอรี่ไลน์ 2) เปรียบเทียบทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนและหลังเรียน 3) เปรียบเทียบทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 4) ศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียน และ 5) ศึกษาเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเวียงสุวรรณวิทยาคม จำนวน 27 คน เครื่องมือวิจัยที่ใช้ ได้แก่ ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และแบบสอบถามเจตคติที่มีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ สถิติที่ใช้ ได้แก่ ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ E_1/E_2 การทดสอบค่าทีของกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม ร่วมกับบทเรียนสตอรี่ไลน์มี ประสิทธิภาพ เท่ากับ 75.55/72.70 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและมีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความก้าวหน้าทางการเรียน <g> เท่ากับ 0.48 ซึ่งจัดเป็นการเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับปานกลาง และคะแนนเฉลี่ยระดับเจตคติของนักเรียนที่มีต่อวิชาวิทยาศาสตร์มีค่าเท่า 4.03 (S.D. = 0.74) อยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ: ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม บทเรียนสตอรี่ไลน์ ทักษะการคิดอย่างมีวิจาณญาณ โลกและการเปลี่ยนแปลง

[1] นักศึกษาระดับปริญญาโท, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 95000

[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร., สาขาฟิสิกส์อุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 95000

[3] ดร.สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 95000

[1] Master student, Teaching Science, Mathematics and Computer Program, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University.

[2] Assistant Professor Dr., Industrial Physics Program, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University.

[3] Dr., Teaching Science, Mathematics and Computer, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University.

* Corresponding Author: E-mail : ruhaisa.d@yru.ac.th Tel. 0894624420

The Development of Grade 8 Students' Critical Thinking Skills with Science Activities Learning Package Using Science Technology Society and Environment Learning Approach Combined with Learning Unit Storyline of the Changing in the Earth Topic

Sanlaila Waemayi[1], Roseleena Anantanukulwong [2] and Ruhaisa Dearamae [3]

Abstract

The purposes of this research were to 1) develop and test the effectiveness of a science learning activities package using the Science, Technology, Society, and Environment learning approach combined with storyline lessons, 2) compare critical thinking skills before and after learning, 3) compare critical thinking skills after learning with the 70 percent criterion, 4) assess students learning progress, and 5) study attitudes toward science subject. The sample consisted of 27 grade 8 students from Wiangsuwanwittayakom School. The research tools included a science learning activity package, lesson plans, critical thinking skills tests, and attitudes questionnaire toward the science subjects. The statistics used included efficiency based on the E_1/E_2 criterion, the t-test for dependent groups, the means and standard deviations. The research findings revealed that the effectiveness of science learning activities package using the Science, Technology, Society, and Environment approach combined with storyline lessons was 75.55/72.70; the students' average critical thinking skills score after learning was significantly higher than before learning, and their post-learning critical thinking skills score was significantly higher than the 70 percent criterion at the .05 significance level. The students demonstrated a learning progress score <g> of 0.48, indicating a moderate level of improvement. And the mean attitude score toward science was 4.03 (S.D. = 0.74), indicating a very high level of attitude.

.

Keywords: Science learning activities package, science technology society and environment learning approach, Critical thinking skills, Changing in the Earth

บทนำ

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคตเนื่องจากวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตของมนุษย์ในทุก ๆ ด้าน เช่น ด้านการคมนาคม ด้านการแพทย์ ด้านการเกษตร และด้านการศึกษา เป็นต้น โดยมนุษย์นำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์จนเกิดการพัฒนาเทคโนโลยีที่ทันสมัย นอกจากนี้วิทยาศาสตร์ทำให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิดที่เป็นเหตุเป็นผล คิดวิเคราะห์ คิดแก้ปัญหา คิดอย่างมีวิจารณญาณ และคิดสร้างสรรค์ ซึ่งเป็นทักษะการคิดที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) การสอนวิทยาศาสตร์จึงไม่ควรเน้นเนื้อหาเพียงอย่างเดียว ผู้สอนต้องจัดประสบการณ์ให้นักเรียนได้มีโอกาสแสวงหาความรู้ได้ด้วยตนเองและเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติ เพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนและให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์

อย่างแท้จริง ด้วยเหตุนี้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) จึงกำหนดเป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นการพัฒนาทักษะการคิด ทักษะการสื่อสาร ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และทักษะการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน ตลอดจนทักษะที่จำเป็นต่อการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยกำหนดแนวทางการศึกษาให้นักเรียนมีการพัฒนาตนเองและจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนเป็นศูนย์กลาง เพื่อพัฒนาศักยภาพทางการเรียนของนักเรียนให้ดีขึ้น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2564)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) การพัฒนานักเรียนควรมุ่งเน้นให้เกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ด้าน โดยเฉพาะความสามารถในการคิด รวมถึงทักษะการคิดเชิงวิเคราะห์ มโนทัศน์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดสร้างสรรค์ โดยทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณถือเป็นพื้นฐานสำคัญที่ช่วยให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์ปัญหา ตรวจสอบข้อมูล และตัดสินใจได้อย่างมีเหตุผล แม้หลักสูตรแกนกลางจะเน้นการพัฒนาทักษะเหล่านี้แต่ยังพบว่าผลสอบการประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตราฐาน (Programmed for International Student Assessment : PISA) ขององค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและพัฒนา (The Organization for Economic Cooperation and Development : OECD) ในปี พ.ศ. 2561 และ พ.ศ. 2565 พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 426 คะแนน และนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 409 คะแนนตามลำดับ ซึ่งคะแนนเฉลี่ยที่นักเรียนทำได้มีคะแนนต่ำกว่ามาตรฐานกำหนดไว้ที่ 500 คะแนน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2565) นอกจากนี้ผลการประเมินการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (Ordinary National Educational Test : O-NET) พบว่า ค่าสถิติของผลการทดสอบ O-NET ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ย้อนหลัง 3 ปี ได้แก่ ปีการศึกษา 2564 - 2566 นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย O-NET เท่ากับ 31.45, 33.32 และ 30.00 คะแนน ตามลำดับจากคะแนนเต็ม 100 คะแนน (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2565) ของนักเรียนไทยอยู่ในระดับต่ำ สะท้อนว่านักเรียนยังขาดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณในการเชื่อมโยงความรู้กับสถานการณ์จริง หนึ่งในสาเหตุสำคัญมาจากวิธีการสอนที่เน้นการบรรยายมากกว่ากระบวนการคิด และขาดบริบทที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริง การส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณจึงควรใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม (Science, Technology, Society and Environment; STSE) ซึ่งเน้นการบูรณาการความรู้วิทยาศาสตร์กับประเด็นสังคมและสิ่งแวดล้อม โดยผ่านขั้นตอนการสร้างความสนใจ การวางแผนเพื่อค้นหาคำตอบ การหาคำตอบโดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ การสะท้อนความคิดเห็น การนำเสนอผลลัพธ์และการลงมือปฏิบัติจริง และการประเมินผล (Pedretti & Nazir, 2011) อีกทั้งการใช้บทเรียนแบบสตอรี่ไลน์ (Storyline) ที่ถ่ายทอดเนื้อหาเป็นเรื่องราวจากบริบทจริงในชุมชน จะช่วยกระตุ้นความสนใจของนักเรียนและพัฒนาทักษะการคิดของนักเรียนได้ดียิ่งขึ้น (สมศักดิ์ ทองอ่อน, 2565) ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงมีความสนใจพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม ร่วมกับบทเรียนสตอรี่ไลน์ เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเวียงสุวรรณวิทยาคม อำเภอแว้ง จังหวัดนราธิวาสสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษานราธิวาส จำนวน 3 ห้อง ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 ซึ่งเป็นนักเรียนห้องเรียนปกติคละความสามารถ และนักเรียนทั้งหมดมีความสามารถใกล้เคียงกัน รวมทั้งสิ้น 88 คน และกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/5 โรงเรียนเวียงสุวรรณวิทยาคม จำนวน 27 คน ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 เป็นนักเรียนห้องเรียนปกติคละความสามารถ ซึ่งได้มาจากการเลือกวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม ร่วมกับบทเรียนสตอรี่ไลน์ โดยมีทั้งหมด 6 กิจกรรม ประกอบด้วย กิจกรรมท่องใต้เปลือกโลก กิจกรรมการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยาบนผิวโลก กิจกรรมการสำรวจดินและชั้นดิน กิจกรรมการศึกษาโครงสร้างของชั้นดิน กิจกรรมการสำรวจแหล่งน้ำผิวดิน และกิจกรรมการสำรวจแหล่งน้ำใต้ดิน 2) แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง จำนวน 6 แผน รวม 16 ชั่วโมง มีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.71, S.D. = 0.39) 3) แบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นแบบทดสอบปรนัย จำนวน 30 ข้อ โดยมีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.39 - 0.89 มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.22 - 0.56 และมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.81 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ 4) แบบสอบถามเจตคติที่มีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 15 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามทั้งฉบับเท่ากับ 0.90

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการปฐมนิเทศและให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียน จากนั้นดำเนินการจัดการเรียนการสอนโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม ร่วมกับบทเรียนสตอรี่ไลน์ จำนวน 16 ชั่วโมง เมื่อเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยให้นักเรียนดำเนินการทำแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และให้นักเรียนตอบแบบสอบถามเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 วิเคราะห์ประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม ร่วมกับบทเรียนสตอรี่ไลน์ โดยกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 70/70

4.2 วิเคราะห์ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้สถิติเชิงอนุมาน Paired sample t-Test เพื่อเปรียบเทียบคะแนนทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียนและหลังเรียน และใช้สถิติเชิงอนุมาน One sample t-Test เพื่อเปรียบเทียบคะแนนทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

4.3 วิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม ร่วมกับบทเรียนสตอรี่ไลน์ โดยใช้วิธี Normalized Gain

4.4 วิเคราะห์เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ โดยใช้สถิติเชิงพรรณนาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม ร่วมกับบทเรียนสตอรี่ไลน์ เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง

ผลการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม ร่วมกับบทเรียนสตอรี่ไลน์ เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผู้วิจัยได้ออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ทั้งหมด 6 กิจกรรม ดังแสดงในภาพที่ 1 (ก) - (ฉ)

(ก) กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1
เรื่อง ท่องใต้เปลือกโลก

(ข) กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2
เรื่อง เปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา

(ค) กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3
เรื่อง การสำรวจดินและชั้นดิน

(ง) กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4
เรื่อง การศึกษาโครงสร้างของชั้นดิน

(จ) กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 5
เรื่อง แหล่งน้ำผิวดิน

(ฉ) กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3
เรื่อง แหล่งน้ำใต้ดิน

ภาพที่ 1 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม ร่วมกับบทเรียนสตอรี่ไลน์ เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง

จากภาพที่ 1 เป็นชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่ผู้วิจัยได้ออกแบบโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม ร่วมกับบทเรียนสตอรี่ไลน์ เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งในแต่ละกิจกรรมการเรียนรู้ผู้วิจัยได้ออกแบบบทเรียนสตอรี่ไลน์สำหรับเนื้อหาแต่ละเรื่องเพื่อใช้ประกอบกับการศึกษาค้นคว้าในเนื้อหานั้น ๆ และง่ายต่อการทำความเข้าใจเนื้อหา เนื่องจากเป็นบทเรียนที่มีลักษณะเล่าเรื่องราวของเหตุการณ์ โดยมีรายละเอียดของบทเรียนสตอรี่ไลน์ที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมการเรียนรู้ ดังแสดงในภาพที่ 2 (ก)-(ฉ)

(ก) บทเรียนสตอรี่ไลน์ชุดที่ 1
เรื่อง ท่องใต้เปลือกโลก

(ข) บทเรียนสตอรี่ไลน์ชุดที่ 2
เรื่อง เปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา

(ค) บทเรียนสตอรี่ไลน์ชุดที่ 3
เรื่อง การสำรวจดินและชั้นดิน

(ง) บทเรียนสตอรี่ไลน์ชุดที่ 4
เรื่อง การศึกษาโครงสร้างของชั้นดิน

(จ) บทเรียนสตอรี่ไลน์ชุดที่ 5
เรื่อง แหล่งน้ำผิวดิน

(จ) บทเรียนสตอรี่ไลน์ชุดที่ 6
เรื่อง แหล่งน้ำใต้ดิน

ภาพที่ 2 บทเรียนสตอรี่ไลน์ เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง จำนวน 6 บทเรียน

ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม ร่วมกับบทเรียนสตอรี่ไลน์ เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง เพื่อพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า มีค่าประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 75.55/72.70 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 70/70 โดยมีรายละเอียดค่าประสิทธิภาพของแต่ละกิจกรรมแสดงดังตารางที่ 1 โดยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของวีนัส อยู่แย้ม และคณะ (2560) ที่พบว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีการสอนแบบสตอรี่ไลน์ เรื่อง สารและการเปลี่ยนแปลง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สามารถส่งเสริมให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้ผ่านการตั้งคำถาม การสำรวจ การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม ร่วมกับบทเรียนสตอรี่ไลน์

	คะแนนกระบวนการจากการทำกิจกรรมและใบงานแต่ละกิจกรรม							
	กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 (15 คะแนน)	กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 (10 คะแนน)	กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 (15 คะแนน)	กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4 (10 คะแนน)	กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 5 (10 คะแนน)	กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 6 (10 คะแนน)	รวม (70 คะแนน)	คะแนนสอบหลังเรียน (30 คะแนน)
ค่าเฉลี่ย	11.85	7.22	11.70	7.11	7.52	7.48	52.89	21.81
ร้อยละ	79.00	72.20	78.00	71.10	75.20	74.80	75.55	72.70
ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ E_1 / E_2 = 75.55/72.70								

2. ผลการเปรียบเทียบทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนเรียนและหลังเรียน

ผู้วิจัยได้ศึกษาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณแต่ละด้านโดยเปรียบเทียบคะแนนทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม ร่วมกับบทเรียนสตอรี่ไลน์ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียนและหลังเรียนรายด้าน

ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	คะแนนเต็ม	การทดสอบ	$\bar{x}$	S.D.	t	Sig.
การนิยามปัญหา	5	ก่อนเรียน	2.48	0.58	11.18*	0.00
		หลังเรียน	3.63	0.49		
การรวบรวมข้อมูล	5	ก่อนเรียน	2.52	0.58	9.04*	0.00
		หลังเรียน	3.70	0.67		
การจัดระบบข้อมูล	8	ก่อนเรียน	3.63	0.69	9.70*	0.00
		หลังเรียน	5.67	1.18		
การเลือกสมมติฐาน	7	ก่อนเรียน	3.30	0.54	9.89*	0.00
		หลังเรียน	5.07	0.92		
การสรุปและตัดสินใจ	5	ก่อนเรียน	2.26	0.53	11.00*	0.00
		หลังเรียน	3.74	0.66		
รวมทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้ง 5 ด้าน	30	ก่อนเรียน	14.14	1.59	17.55*	0.00
		หลังเรียน	21.81	3.08		

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3 ผลการเปรียบเทียบทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กับเกณฑ์ร้อยละ 70

ผู้วิจัยได้ศึกษาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณแต่ละด้านโดยเปรียบเทียบคะแนนทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม ร่วมกับบทเรียนสตอรี่ไลน์กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนรายด้านกับเกณฑ์ร้อยละ 70

ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	คะแนนเต็ม	ร้อยละของคะแนน	$\bar{x}$	S.D.	t	Sig.
การนิยามปัญหา	5	72.59	3.63	0.49	1.37*	0.09
การรวบรวมข้อมูล	5	74.07	3.70	0.67	1.58*	0.06
การจัดระบบข้อมูล	8	70.83	5.64	1.18	0.29*	0.38
การเลือกสมมติฐาน	7	72.49	5.07	0.92	0.99*	0.17
การสรุปและการตัดสินใจ	5	74.81	3.74	0.66	1.91*	0.03
รวมทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้ง 5 ด้าน	30	72.72	21.81	3.08	1.38*	0.09

4 ผลการศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ผลการศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม ร่วมกับบทเรียนสตอรี่ไลน์ โดยการวิเคราะห์ด้วย Normalized Gain <g> แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

การทดสอบ	ค่าเฉลี่ยคะแนนสอบ (ร้อยละ)	ผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริง (ร้อยละ)	ผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ (ร้อยละ)	ความก้าวหน้าด้านการเรียน <g>
ก่อนเรียน	47.16	25.56	74.44	0.48
หลังเรียน	72.72			

5 วิเคราะห์เจตคติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีต่อวิชาวิทยาศาสตร์

นักเรียนมีระดับเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม ร่วมกับบทเรียนสตอรี่ไลน์ อยู่ในระดับมากคิดเป็นค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.03 (S.D. = 0.74) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า นักเรียนมีเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น 3 ลำดับแรก ได้แก่ 1) รายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง ช่วยให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิด การวิพากษ์และทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณคิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.26 (S.D.= 0.76) 2) นักเรียนคิดว่าเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง มีความเข้าใจมากกว่าวิชาอื่น ๆ คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.26 (S.D.= 0.76) 3) นักเรียนสามารถนำหลักการทางวิทยาศาสตร์มาปรับใช้ในการค้นคว้าหาความรู้ในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.26 (S.D.= 0.71)

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยพบว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม ร่วมกับบทเรียนสตอรี่ไลน์ มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 75.55/72.7 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 70/70 แสดงให้เห็นว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม ร่วมกับบทเรียนสตอรี่ไลน์มีประสิทธิภาพในการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน เมื่อนักเรียนเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พบว่า คะแนนเฉลี่ยของทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนอยู่ในระดับปานกลางมีค่าความก้าวหน้า <g> = 0.48 และคะแนนเฉลี่ยระดับเจตคติของนักเรียนที่มีต่อวิชาวิทยาศาสตร์มีค่าเท่ากับ 4.03 (S.D. = 0.74) อยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า นักเรียนมีเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น 3 ลำดับแรก ได้แก่ 1) รายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง ช่วยให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิด การวิพากษ์และทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณคิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.26 (S.D.= 0.76) 2) นักเรียนคิดว่าเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง มีความเข้าใจมากกว่าวิชาอื่น ๆ คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.26 (S.D.= 0.76) 3) และนักเรียนสามารถนำหลักการทางวิทยาศาสตร์มาปรับใช้ในการค้นคว้าหาความรู้ในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลงคิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.26 (S.D.= 0.71)

อ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและหลักสูตรแกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรูวิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*.กระทรวงศึกษาธิการ.

วีนัส อยู่แย้ม. (2560). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยวิธีการสอนสตอรี่ไลน์ เรื่อง สารและการเปลี่ยนแปลง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.*วารสารวิชาการเครือข่ายบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ, 7*(13), 125-138.

สมศักดิ์ ทองอ่อน. (2565). การจัดการเรียนรู้แบบสตอรี่ไลน์ในการสอนวิทยาศาสตร์การพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิจารณญาณผ่านการเล่านิทาน. *วารสารการศึกษา, 32*(2), 45-58.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2565). *รายงานผลการทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET). ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.* สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2564). *ผลการประเมิน PIZA 2018 การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์*. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

Pedretti, E., & Nazir, J. (2011). Currents in STSE Education: Mapping a Complex Field, 40 years on. *Science Education, 95*(4), 601-626.

การนำเสนอผลงานวิจัย

ภาคโปสเตอร์

Poster

Presentation

Session

วิทยาศาสตร์ชีวภาพ และเกษตรศาสตร์

P 1

การศึกษาการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลาย (*Hermetia illucens*) ด้วยวัตถุดิบอาหารต่างกัน

ภาสกร ศิริพิพัฒน์ [1]* และ เจนจิราภรณ์ หันตราฐิน[2]

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของสูตรอาหารที่แตกต่างกันต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและองค์ประกอบทางโภชนาการของตัวอ่อนแมลงวันลาย (*Hermetia illucens*) โดยใช้อาหารจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร จำนวนสูตรอาหารทั้งหมด 5 สูตร สูตรควบคุมประกอบด้วยกากกะทิและกากน้ำเต้าหู้ในอัตราส่วน 1:1 ส่วนอีก 4 สูตรทดลองได้จากการผสมสูตรควบคุม 3 ส่วนกับวัสดุเหลือใช้อื่น 1 ส่วน ได้แก่ กากปาล์ม ผำ (*Wolffia globosa*) น้ำหมักเศษปลา และใบดอกกะหล่ำ ผลการทดลองพบว่า ตัวอ่อนที่ได้รับอาหารผสมกากปาล์มมีการเจริญเติบโตที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ น้ำหนักสุดท้ายสูงขึ้น ร้อยละน้ำหนักเพิ่มมากขึ้น รวมถึงมีปริมาณโปรตีนและไขมันที่สูงกว่าอาหารชุดอื่น ในทางตรงกันข้าม อาหารที่มีใบดอกกะหล่ำช่วยเพิ่มปริมาณกรดไขมันโอเมก้า 3 และกรดอะมิโนที่หลากหลาย แต่กลับให้ค่าการเจริญเติบโตต่ำที่สุด สรุปได้ว่า สูตรอาหารที่ประกอบด้วยกากกะทิและกากน้ำเต้าหู้ 3 ส่วน ผสมกากปาล์ม 1 ส่วน ให้ผลดีที่สุดทั้งในด้านการพัฒนาและคุณค่าทางโภชนาการของตัวอ่อน แสดงถึงศักยภาพของกากปาล์มในการใช้เป็นวัตถุดิบซึ่งจะช่วยการเปลี่ยนแปลงวัสดุเหลือใช้ให้เกิดมูลค่ามากขึ้นและส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากของเหลือทางการเกษตรเพื่อการผลิตโปรตีนทางเลือก

คำสำคัญ: แมลงวันลาย วัสดุเหลือใช้ วัตถุดิบอาหาร การเลี้ยง

[1] นักวิชาการประมง, กองวิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์น้ำ กรมประมง กทม. 10900

[2] นักวิชาการประมง, กองวิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์น้ำ กรมประมง กทม. 10900

Study of Black Soldier Fry (*Hermetia illucens*) Prepupae Reared on difference raw material

Passakorn Siripipat[1]* and Jenjiraporn Hantrathin [2]

Abstract

This study evaluates the effects of different feed formulations on the growth performance and nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae using agricultural by-products. Five feed formulas were tested. The control diet comprised a 1:1 mixture of coconut milk residue and soybean residue. The remaining four experimental diets were prepared by combining three parts of the control mixture with one part of an alternative by-product: palm kernel meal, watermeal (*Wolffia globosa*), fermented fish waste, and cauliflower leaves . The results showed that larvae fed with the palm kernel meal-supplemented diet exhibited improved growth performance, including higher final body weight and greater percentage weight gain, along with elevated protein and fat content. In contrast, larvae reared on the cauliflower leaf diet accumulated higher levels of omega-3 fatty acids and diverse amino acids but displayed the lowest growth parameters. In summary, the most favorable outcomes in terms of larval development and nutritional value were obtained from the diet composed of three parts coconut-soybean residue and one part palm kernel meal. These findings highlight the potential of palm kernel meal as an effective raw material in diets for black soldier fly farming. The approach also promotes transforming agricultural by-products into value and offers a promising strategy for alternative protein production.

Keywords: Black soldier fry, By-product, Raw materials, Rearing

บทนำ

แมลงวันลาย Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) เป็นแมลงวันสายพันธุ์ที่มีต้นกำเนิดมาจากอเมริกาใต้ แต่ปัจจุบันพบได้ในสภาพอากาศอบอุ่นทั่วโลก อยู่ในวงศ์ Stratiomyidae และมีลักษณะคล้ายตัวต่อแต่ไม่ต่อย (Diclaro *et al*., 2021) สามารถพบในยุโรป USA แอฟริกา และในเอเชียรวมถึงไทย มีการเพาะพันธุ์ในไทยหลายภูมิภาค มีการพัฒนาสายพันธุ์โดยมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ใช้หนอนของแมลงวันลายเป็นอาหารสัตว์ เรียกชื่อว่า หนอนแม่โจ้ และเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า โมโมทาโร่ มีการนำไปใช้เป็นอาหารเลี้ยงปลาสวยงาม ปลาหมอไทย ฯลฯ หนอนของแมลงวันลายกินและย่อยขยะอินทรีย์ได้หลากหลาย เช่น มูลสัตว์ และเศษอาหาร ทำให้มีประโยชน์ในการจัดการของเสียประเภทขยะอินทรีย์ จึงมีการนำหนอนแมลงวันลายมาช่วยกำจัดขยะอินทรีย์ (Miranda *et al*., 2019) และใช้ประโยชน์จากหนอนแมลงวันลายโดยการนำมาเป็นอาหารสัตว์ เพราะหนอนแมลงวันลายมีโปรตีนสูง สามารถนำมาเป็นทางเลือกในการลดต้นทุนการทำอาหารสัตว์ได้ รวมถึงตัวเต็มวัยไม่ก่อให้เกิดโรคทั้งในคน สัตว์ และไม่สร้างความเสียหายแก่ภาคเกษตรกรรม (สมควร และคณะ, 2563) หนอนแมลงวันลายสามารถเปลี่ยนอาหารที่กินเข้าไปเป็นไขมันประมาณ 30% โปรตีนประมาณ 40% มีโอเมก้า 3, 6, 9 และกรดลอริกที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อก่อโรคต่างๆ (อานัฐ, 2560) โดยแมลงวันลายมีวงจรชีวิตประมาณ 44 วัน มี 4 ระยะ คือ ระยะไข่ ระยะตัวหนอน ระยะดักแด้ และระยะตัวเต็มวัย ใช้เวลาประมาณ 4 – 5 วัน ในการผสมพันธุ์หลังจากโตเต็มวัย โดยตัวผู้จะตายหลังจากผสมพันธุ์ เมื่อตัวเมียวางไข่จากระยะไข่ไปเป็นตัวหนอนใช้เวลา 4 วัน จากตัวหนอนเป็นดักแด้ใช้เวลา 22 – 24 วัน และพัฒนาจากดักแด้เป็นแมลงตัวเต็มวัยใช้เวลา 14 วัน (ธีรพงศ์ และคณะ 2563; Win *et al*., 2018) สำหรับคุณค่าทางโภชนาการของหนอนแมลงวันลาย พบว่ามีโปรตีน 42 - 50% ไขมัน 35% พลังงาน 2,900 กิโลแคลลอรี่ต่อกิโลกรัม (สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ (องค์การมหาชน), 2561; Sheppard *et al*. , 2002) มีรูปแบบกรดอะมิโนคล้ายคลึงปลาป่น (Shumo *et al*., 2019) ไม่เป็นศัตรูพืชและพาหะนำโรค (สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ (องค์การมหาชน), 2561) หนอนแมลงวันลายอายุ 1- 14 วันมีโปรตีน 38 - 56% ไขมัน 4 - 28% ซึ่งระยะที่ยังเป็นตัวหนอนนี้เป็นระยะที่เหมาะสมในการเอาไปใช้เป็นอาหารสัตว์ นำไปใช้เป็นแหล่งโปรตีนเนื่องจากให้พลังงานและโปรตีนสูง (สมควร และคณะ, 2563) เป็นแมลงที่มีการรับรองตามข้อกำหนด EU อนุญาตให้มีการใช้ในอาหารสัตว์น้ำ ตามมาตรฐาน EU Regulation No. 2017/893 เกษตรกรไทยมีการใช้หนอนแมลงวันลายเป็นอาหารสัตว์น้ำโดยตรง เช่น ปลาคาร์ฟ ปลาเก๋า ปลาหมอไทย และ กุ้งก้ามกราม (อานัฐ, 2560) โดยมีงานวิจัยการใช้หนอนแมลงวันลายป่น 8% ผสมในสูตรอาหารที่มีปลาป่น 3% เลี้ยงลูกปลานิล พบว่าปลามีอัตรารอดสูงกว่าสูตรปกติที่ไม่ผสมหนอนแมลงวันลายอย่างเห็นได้ชัด และยังมีอัตราการเจริญ รวมถึง FCR และ PER ไม่แตกต่างกัน (Devic, 2017) ส่วนในต่างประเทศมีการทดลองใช้หนอนแมลงวันลายทดแทนการใช้ปลาป่นในการเลี้ยงปลากะพงขาว พบว่าระดับที่เหมาะสมในการใช้ทดแทนอยู่ที่ 28.4 – 50% (Katya *et al*., 2017) นอกจากนี้มีการทดสอบทางประสาทสัมผัส (Sensory) ในเนื้อปลา trout ที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรปกติ สูตรผสมหนอนแมลงวันลายป่นและสูตรที่มีการใช้หนอนแมลงวันลายเป็นอาหารโดยตรง ซึ่งไม่พบความแตกต่างทางประสาทสัมผัสจากเนื้อปลาที่กินอาหารทั้ง 3 สูตรดังกล่าว (Sealey *et al*., 2011) สรุปได้ว่า หนอนแมลงวันลายมีความเหมาะสมในการเลี้ยงสัตว์น้ำทั้งยัง EU อนุญาตให้มีการใช้ในอาหารสัตว์น้ำ ดังนั้น การศึกษาการเลี้ยงหนอนแมลงวันลายด้วยวัตถุดิบอาหารต่างกัน จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารที่ใช้ในการทดลอง และองค์ประกอบทางเคมีของอาหารที่ใช้เลี้ยงหนอนแมลงวันลาย จากนั้นศึกษาการเจริญเติบโตของหนอนแมลงวันลายในวัตถุดิบอาหารที่ต่างกัน และศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของหนอนแมลงวันลาย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การวางแผนการศึกษา

1.1 การวางแผนทดลอง ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอดสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) โดยใช้กากมะพร้าวคั้นกะทิผสมกากน้ำเต้าหู้ผสมกันในอัตราส่วน 1 : 1 (w/w) (Nichaphon *et al*., 2021) เป็นสูตรพื้นฐานในการเลี้ยงหนอนแมลงวันลายร่วมกับการใช้วัตถุดิบอื่นๆ รวมจำนวน 5 ชุดการทดลอง การทดลองละ 10 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 กากมะพร้าวคั้นกะทิผสมกากน้ำเต้าหู้ผสมกันในอัตราส่วน 1 : 1 (สูตรพื้นฐาน)

ชุดการทดลองที่ 2 สูตรพื้นฐานผสมกับกากปาล์มอัตราส่วน 3 : 1

ชุดการทดลองที่ 3 สูตรพื้นฐานผสมกับสาหร่ายผำอัตราส่วน 3 : 1

ชุดการทดลองที่ 4 สูตรพื้นฐานผสมกับน้ำหมักเศษปลา อัตราส่วน 3 : 1

ชุดการทดลองที่ 5 สูตรพื้นฐานผสมกับใบดอกกะหล่ำปลี อัตราส่วน 3 : 1

1.2 สถานที่และระยะเวลาดำเนินการ ดำเนินการทดลองที่กองวิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์น้ำ อ.บางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา กรมประมง

2. การเตรียมการทดลอง

2.1 การเตรียมวัสดุ สถานที่

2.1.1 การเตรียมโรงเลี้ยงหนอนแมลงวันลาย: ลักษณะของโรงเลี้ยงแมลงวันลายมีขนาด ความกว้างxความยาวxความสูง เท่ากับ 3x3x2 เมตร ผนังทุกด้านกรุ 2 ชั้น เพื่อป้องกันแมลงวันลายบินออกสู่ภายนอก และมีชั้นสำหรับวางภาชนะเลี้ยงหนอนแมลงวันลายอยู่ภายในโรงที่เลี้ยงแมลงวันลาย มีขนาด 0.6X1.5X1.5 เมตร แต่ละชั้นห่างกันประมาณ 35 เซนติเมตร มีถ้วยหล่อน้ำกันมดที่ฐานทั้ง 4 ด้าน ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 55-80% อุณหภูมิอยู่ในช่วง 29-38 องศาเซลเซียส โดยพื้นที่เลี้ยงหนอนอยู่ภายในอาคารสูงหลังคาทึบแสง อากาศสามารถถ่ายเทได้ตลอดผ่านช่องลมรอบอาคาร ช่วงกลางวันมีแสงลอดผ่านช่องลมและประตูของอาคาร

2.1.2 การเตรียมหนอนแมลงวันลาย:หนอนแมลงวันลายได้รับความอนุเคราะห์จาก รศ.ดร.อุทัยวรรณ โกวิทวที คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นำหนอนแมลงวันลายอายุประมาณ 8-9 วัน ที่ผ่านการเลี้ยงด้วยกากมะพร้าวผสมกากน้ำเต้าหู้ในอัตราส่วน 50% : 50% มาเลี้ยงในภาชนะเลี้ยงหนอนแมลงวันลาย นำหนอนมาใส่ในถาดพลาสติกหรือถาดเลี้ยงขนาด 11x16X6 เซนติเมตร จำนวน 50 ถาด วางซ้อนในถาดขนาด 13.5X21X7.5 เซนติเมตรอีกชั้นเพื่อป้องกันตัวหนอนหลุดรอดออกจากถาดเลี้ยง เมื่อพบหนอนแมลงวันลายเข้าสู่ระยะก่อนเข้าดักแด้อย่างน้อย 1 ตัว โดยสังเกตจากตัวหนอนเริ่มเป็นสีดำ ถือว่าเป็นระยะเวลาสิ้นสุดการเลี้ยงหนอนแมลงวันลาย บันทึกวันที่ และยุติการเลี้ยง นำหนอนแยกออกจากอาหารมาชั่งน้ำหนักตัวหนอน และชั่งน้ำหนักอาหารเลี้ยงที่เหลือ รักษาตัวหนอนไว้ในถุงพลาสติกแล้วนำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

2.1.3 การเตรียมอาหารทดลอง: นำวัตถุดิบต่างๆ เตรียมอาหารในแต่ละชุดการทดลองชั่งน้ำหนักโดยใช้เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง จากนั้นใช้ทัพพีผสมให้เข้ากันโดยใช้ภาชนะทรงกลมเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 30 เซ็นติเมตร ตามชุดการทดลองที่ได้วางแผนไว้ โดยใส่กล่องพลาสติก กล่องละ 500 กรัม เก็บไว้ที่ -20 องศาเซลเซียส โดยก่อนนำมาใช้ให้วางทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้อง เก็บวัตถุดิบและอาหารที่ผสมแล้วประมาณ 200 กรัม วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร ได้แก่ ความชื้น (Moisture) เถ้า (Ash) โปรตีนรวม (Crude protein: CP) ไขมันรวม (Ether extract: EE) เยื่อใยรวม (Crude fiber: CF) ตามวิธี AOAC International method (2023) คำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรต (Nitrogen free extract: NFE) ตามวิธีของ FAO (1994) และคำนวณพลังงานรวมของอาหาร (Gross energy: GE) ตามวิธีของ (NRC, 1993) คาร์โบไฮเดรต (NFE) = 100 - (%โปรตีน + %ไขมัน + %เยื่อใย + %เถ้า + %ความชื้น) พลังงานรวม (GE) = (%โปรตีน x 5.64) + (%ไขมัน x 9.44) + (%NFE x 4.11) มีหน่วยเป็นกิโลแคลอรี่ต่ออาหาร 100 กรัมวิเคราะห์ amino acid profile และ Fatty acid profile โดยการส่งวิเคราะห์ห้องปฏิบัติการของสถาบันค้นคว้าวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตามวิธี In-house method WI-TMC-100 based on AOAC International method (2023) 2003.05 และ In-house method WI-TMC-05 based on AOAC International method (2023) 996.06, 969.33 ตามลำดับ

2.2 การดำเนินการทดลอง

2.2.1 หนอนแมลงวันลายที่ใช้ทดลอง: สุ่มหนอนหนอนแมลงวันลายที่เลี้ยงไว้จากข้อ 2.1.2 มาเตรียมใส่ในถาดของแต่ละชุดการทดลอง โดยหนอนแมลงวันลายในแต่ละถาดมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 0.463 กรัม ปริมาณหนอนอยู่ประมาณ 74 ตัว แบ่งใส่ถาดเลี้ยงตามชุดอาหารที่เตรียมไว้แล้ว จำนวนชุดการทดลองละ 10 ถาด แต่ละถาดเตรียมใส่อาหารตามชุดการทดลองไว้เรียบร้อยแล้ว

2.2.2 การให้อาหารและการเก็บตัวอย่างวิเคราะห์: ให้อาหารหนอนหนอนแมลงวันลายด้วยอาหารที่มีส่วนประกอบของน้ำหนักตามชุดทดลอง โดยเติมอาหารลงในถาดเลี้ยงเป็นปริมาณ 3-5 เท่าของน้ำหนักหนอน หมั่นสังเกตปริมาณอาหารที่ให้ว่าปริมาณลดลงหรือไม่ หากมีปริมาณลดลงให้มีการเติมอาหารใหม่ โดยอัตราการเติมอาหารอยู่ในช่วง 2-4 วัน โดยตัวหนอนแมลงวันลายสามารถกินอาหารได้ตลอดเวลาเก็บตัวอย่างหนอนแมลงวันลายเพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น (Moisture) เถ้า (Ash) โปรตีนรวม (Crude protein: CP) ไขมันรวม (Ether extract: EE) เยื่อใยรวม (Crude fiber: CF) ตามวิธี AOAC International method (2023) คำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรต (Nitrogen free extract: NFE) ตามวิธีของ FAO (1994) และคำนวณพลังงานรวมของอาหาร (Gross energy: GE) ตามวิธีของ (NRC, 1993) คาร์โบไฮเดรต (NFE) = 100 - (%โปรตีน + %ไขมัน + %เยื่อใย + %เถ้า + %ความชื้น) พลังงานรวม (GE) = (%โปรตีน x 5.64) + (%ไขมัน x 9.44) + (%NFE x 4.11) มีหน่วยเป็นกิโลแคลอรี่ต่ออาหาร 100 กรัม วิเคราะห์ amino acid profile และ Fatty acid profile โดยการส่งวิเคราะห์ห้องปฏิบัติการของสถาบันค้นคว้าวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตามวิธี In-house method WI-TMC-100 based on AOAC International method (2023) 2003.05 และ In-house method WI-TMC-05 based on AOAC International method (2023) 996.06, 969.33 ตามลำดับ การคำนวณหาค่าเกี่ยวกับอัตราการเจริญเติบโต มีรายละเอียดดังนี้

1) อัตราการเจริญเติบโต (Growth rate)

= [น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนสุดท้าย (กรัม) - น้ำหนักหนอนเริ่มต้น (กรัม)] / จำนวนวันที่ใช้เลี้ยง (วัน)

2) เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่มขึ้น (Percentage weight gain: PWG)

= [(น้ำหนักหนอนเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – น้ำหนักหนอนเริ่มต้น) / น้ำหนักหนอนเริ่มต้น] x 100

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ความแตกต่างขององค์ประกอบทางเคมีของตัวอ่อนแมลงวันลายของแต่ละชุดการทดลอง ตามวิธี AOAC International method (2023) การวิเคราะห์อัตราการเจริญเติบโต วิเคราะห์ด้วย One-way analysis of variance (ANOVA) และวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่มด้วย Duncan's multiple range test และกำหนดค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อ $P < 0.05$

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารที่ใช้ในการทดลอง และองค์ประกอบทางเคมีของอาหารที่ใช้เลี้ยงตัวอ่อนแมลงวันลาย

1.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

ผลการวิเคราะห์ โปรตีน ไขมัน ความชื้น เถ้า กากใย ของวัตถุดิบที่ใช้ผสมในอาหารทดลอง ได้แก่ กากกะทิ กากน้ำเต้าหู้ กากกะทิผสมกากน้ำเต้าหู้ กากปาล์ม สาหร่ายไข่ผำ น้ำหมักเศษปลา ใบกะหล่ำดอกปั่นมีค่าเปอร์เซ็นต์ของ DM (กากใย) เท่ากับ 30.30, 8.31, 20.01, 94.24, 5.40, 4.16 และ 10.33 ตามลำดับ พบว่า กากปาล์มมีเปอร์เซ็นต์ของ DM สูงที่สุด เปอร์เซ็นต์ของความชื้น มีค่าเท่ากับ 69.70, 91.69, 79.99, 5.76, 94.60, 95.84 และ 89.67 ตามลำดับ พบว่า น้ำหมักเศษปลามีเปอร์เซ็นต์ของความชื้นสูงที่สุด เปอร์เซ็นต์ของเถ้า มีค่าเท่ากับ 0.38, 0.24, 0.36, 4.03, 0.47 และ 1.58 ตามลำดับ พบว่ากากปาล์มมีเปอร์เซ็นต์ของเถ้าสูงที่สุด ทั้งนี้ น้ำหมักเศษปลาไม่สามารถวิเคราะห์ได้ เปอร์เซ็นต์ของโปรตีน มีค่าเท่ากับ 1.61, 1.55, 1.71, 15.35, 1.78, 4.16 และ 4.30 ตามลำดับ พบว่ากากปาล์มมีเปอร์เซ็นต์ของโปรตีนสูงที่สุด เปอร์เซ็นต์ของไขมัน มีค่าเท่ากับ 4.42, 0.34, 1.95, 7.29, 0.25 และ 0 ตามลำดับ พบว่ากากปาล์มมีเปอร์เซ็นต์ของเถ้าสูงที่สุด ทั้งนี้ น้ำหมักเศษปลาไม่สามารถวิเคราะห์ได้ เปอร์เซ็นต์ของกาก

มีค่าเท่ากับ 4.94, 1.35, 3.31, 18.30, 1.32 และ 1.29 ตามลำดับ พบว่ากากปาล์มมีเปอร์เซ็นต์ของกากสูงที่สุด ทั้งนี้ น้ำหมักเศษปลาไม่สามารถวิเคราะห์ได้ เปอร์เซ็นต์ของคาร์โบไฮเดรต 18.95, 4.83, 12.68, 49.27, 1.58 และ 3.16 พบว่ากากปาล์มมีเปอร์เซ็นต์ของโปรตีนสูงที่สุด ตามตารางที่ 1 (ภาคผนวก)

ผลวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันและกรดอะมิโนของวัตถุดิบอาหารที่ใช้ผสมในอาหารทดลองพบว่า กรดไขมัน และกรดอะมิโนของวัตถุดิบอาหาร ได้แก่ กากน้ำเต้าหู้ กากมะพร้าว กากปาล์ม สาหร่ายไข่ผำ น้ำหมักเศษปลา และใบดอกกะหล่ำปลี มีปริมาณ Glutamic acid เท่ากับ 208.83, 214.24, 2,675, 12.42, 84.42 และ 326.25 กรัม/วัตถุดิบ 100 กรัม ตามลำดับ ปริมาณ Arginine เท่ากับ 71.69, 140.60, 1,408, 7.62, 22.19 และ 83.21กรัม/วัตถุดิบ 100 กรัม ตามลำดับ ปริมาณ Glycine 58.03, 58.24, 605.07, 5.55, 58.88 และ 109.13 กรัม/วัตถุดิบ100 กรัม ตามลำดับ ปริมาณ Valine 62.29, 63.88, 614.55, 8.72, 110.85 และ 109.23 กรัม/วัตถุดิบ 100 กรัม ตาม ลำดับ ปริมาณ Alanine 65.54, 63.89, 525.08, 19.73, 310.63 และ 146.1 กรัม/วัตถุดิบ 100 กรัม ตามลำดับ ปริมาณ Leucine 94.45, 79.68, 792.04, 8.23, 41.37 และ 152.10 กรัม/วัตถุดิบ 100 กรัม ตามลำดับ ซึ่งจากผลการวิเคราะห์พบว่ากากปาล์มมีคุณค่าทางเคมีดังกล่าว สูงกว่าวัตถุดิบอื่น ตามตารางที่ 2 (ภาคผนวก)

1.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง พบว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของชุดอาหารทดลอง ทั้ง 4 ชุด ได้แก่ ชุดการทดลองที่ 2 กากมะพร้าวคั้นกะทิผสมกากน้ำเต้าหู้ และกากปาล์ม ชุดการทดลองที่ 3 กากมะพร้าวคั้นกะทิผสมกากน้ำเต้าหู้ และสาหร่ายผำ ชุดการทดลองที่ 4 กากมะพร้าวคั้นกะทิผสมกากน้ำเต้าหู้ และน้ำหมักเศษปลา ชุดการทดลองที่ 5 กากมะพร้าวคั้นกะทิผสมกากน้ำเต้าหู้ และใบดอกกะหล่ำมีค่าเท่ากับ 58.22, 84.18, 75.7 และ76.78 ตามลำดับ พบว่า อาหารชุดทดลองที่ 3 ซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ผสมคือสาหร่ายผำ มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นสูงที่สุด เปอร์เซ็นต์เถ้ามีค่าเท่ากับ 5.15, 2.16, 2.9 และ 2.44 ตามลำดับ พบว่า อาหารชุดการทดลองที่ 2 ที่ผสมด้วยกากปาล์มมีเปอร์เซ็นต์เถ้าสูงที่สุด เปอร์เซ็นต์โปรตีนมีค่าเท่ากับ 6.25, 5.25, 5.77 และ2.44 ตามลำดับพบว่า อาหารชุดการทดลองที่ 2 ที่ผสมด้วยกากปาล์มมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงที่สุด เปอร์เซ็นต์ไขมันมีค่าเท่ากับ 5.89, 2.91, 3.47 และ2.88 ตามลำดับ พบว่าอาหารชุดการทดลองที่ 2 ที่ผสมด้วยกากปาล์มมีเปอร์เซ็นต์ไขมันสูงที่สุด เปอร์เซ็นต์กากใยมีค่าเท่ากับ 1.21, 0.38, 0.59 และ0.66 ตามลำดับ พบว่าอาหารชุดการทดลองที่ 2 ที่ผสมด้วยกากปาล์มมีเปอร์เซ็นต์กากใยสูงที่สุด เปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรตมีค่าเท่ากับ 23.28, 5.12,11.57 และ12.41 ตามลำดับ พบว่าอาหารชุดการทดลองที่ 2 ที่ผสมด้วยกากปาล์มมีเปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรตสูงที่สุด ค่าพลังงานรวมของชุดอาหารทดลอง ทั้ง 4 ชุด มีค่าพลังงานรวม เท่ากับ 183.73, 82.79, 118.38, และ 110.36 กิโลแคลอรี่ต่ออาหาร 100 กรัม ตามลำดับ พบว่าอาหารชุดที่ 2 ที่ผสมด้วยกากปาล์มมีค่าพลังงานรวมสูงที่สุด ตามตารางที่ 3 (ภาคผนวก)

ค่าเฉลี่ยกรดไขมัน และกรดอะมิโนในชุดอาหารทดลอง ทั้ง 4 ชุด มีปริมาณ Glutamic acid เท่ากับ 878.15, 312.93, 318.51 และ 351.90 กรัม/อาหาร 100 กรัม ตามลำดับ ปริมาณ Arginine เท่ากับ 473.75, 171.31, 167.76 และ 166.88 กรัม/อาหาร 100 กรัม ตามลำดับ ปริมาณ Glycine 213.26, 90.23, 95.56 และ 98.29 กรัม/อาหาร 100 กรัม ตามลำดับ ปริมาณ Valine 221.32, 93.83, 103.44 และ 99.70 กรัม/อาหาร 100 กรัม ตามลำดับ ปริมาณ Alanine 215.37, 133.75, 162.76 และ 124.74 ตามลำดับ ปริมาณ Leucine 297.68, 139.85, 131.01 และ 148.65 กรัม/อาหาร 100 กรัม ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์พบว่าอาหารชุดที่ 2 ที่ผสมด้วยกากปาล์มมีคุณค่าทางเคมีดังกล่าว สูงกว่าวัตถุดิบอื่น ตามตารางที่ 4

2. การเจริญเติบโตของหนอนแมลงวันลายในวัตถุดิบอาหารที่ต่างกัน

2.1 น้ำหนักสุดท้าย (Average final weight: AFW)

ผลการเลี้ยงหนอนแมลงวันลายด้วยวัตถุดิบอาหารต่างชนิดกัน โดยมีน้ำหนักเริ่มต้นการทดลองเฉลี่ย 0.4637 กรัม (74 ตัว) เฉลี่ยตัวละ 0.0063 กรัม และเก็บหนอนเมื่อสิ้นสุดการทดลองคือระยะก่อนเข้าดักแด้ ซึ่งสังเกตได้จากตัวหนอนเริ่มมีสีดำ จากนั้นปิดการทดลองโดยนำ

หนอนเมาชั่งมีน้ำหนักตามชุดการทดลอง ได้แก่ ชุดการทดลองที่ 1 กากมะพร้าวคั้นกะทิผสมกากน้ำเต้าหู้ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่ 2 กากมะพร้าวคั้นกะทิผสมกากน้ำเต้าหู้ และกากปาล์ม ชุดการทดลองที่ 3 กากมะพร้าวคั้นกะทิผสมกากน้ำเต้าหู้ และสาหร่ายผำ ชุดการทดลองที่ 4 กากมะพร้าวคั้นกะทิผสมกากน้ำเต้าหู้ และน้ำหมักเศษปลา ชุดการทดลองที่ 5 กากมะพร้าวคั้นกะทิผสมกากน้ำเต้าหู้ และใบดอกกะหล่ำ น้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 0.1562, 0.2084, 0.1524, 0.1902 และ 0.1411 กรัม ตามลำดับ พบว่า หนอนแมลงวันลายที่เลี้ยงด้วยอาหารชุดการทดลองที่ 2 ที่ผสมด้วยกากปาล์มมีน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้ายมากที่สุดเมื่อเทียบกับอาหารทดลองชุดที่ 1, 3, 4 และ 5 โดยความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)ตามตารางที่ 5

2.2 อัตราการเจริญเติบโตของหนอนแมลงวันลาย (Growth rate)

ผลการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของหนอนแมลงวันลายด้วยวัตถุดิบอาหารต่างชนิดกัน ได้แก่ อาหารชุดการทดลองที่ 1 – 5 มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยเท่ากับ 2.67, 3.46, 2.58, 2.93 และ 1.04 ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่าอาหารชุดที่ 2 ที่ผสมด้วยกากปาล์มมีอัตราการเจริญเติบโตของหนอนแมลงวันลายดีที่สุดเมื่อเทียบกับอาหารทดลองชุดที่ 1, 3, 4 และ 5 โดยความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ตามตารางที่ 5

2.3 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่มของหนอนแมลงวันลาย (Percentage weight gain, PWG)

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่มของหนอนแมลงวันลายเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ในแต่ละชุดการทดลองมีค่าเท่ากับ 2379.06, 3208.27, 2318.83, 2919.25 และ 2139.13 ในชุดการทดลองที่ 1 – 5 ตามลำดับ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงอาหารชุดที่ 2 ที่ผสมด้วยกากปาล์มมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่มของหนอนแมลงวันลายมากที่สุด เมื่อเทียบกับอาหารทดลองชุดที่ 1, 3, 4 และ 5 โดยความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ตามตารางที่ 5

2.4 ระยะเวลาในการพัฒนาจากหนอนแรกเกิดสู่ระยะก่อนดักแด้

อาหารที่ใช้สำหรับเลี้ยงหนอนแมลงวันลายที่แตกต่างกัน ได้แก่ ชุดการทดลองที่ 1 - 5 พบว่า หนอนแมลงวันลายมีระยะก่อนเข้าดักแด้ เท่ากับ 18.1, 14.8, 17.7, 14.8 และ 18.1 วัน ตามลำดับ ทั้งนี้ หนอนที่เลี้ยงด้วย กากมะพร้าวคั้นกะทิผสมกากน้ำเต้าหู้ และกากปาล์ม (T2) กากมะพร้าวคั้นกะทิผสมกากน้ำเต้าหู้ และน้ำหมักเศษปลา (T4) ทำให้หนอนมีระยะเวลาก่อนเข้าดักแด้สั้นที่สุด โดยหนอนแมลงวันลายจากชุดการทดลองที่ 2 และ 4 แตกต่างจากชุดอาหารการทดลองอื่นเมื่อเทียบกับอาหารทดลองชุดที่ 1, 3 และ 5 โดยความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ตามตารางที่ 6

3. องค์ประกอบทางเคมีของหนอนแมลงวันลาย

ค่าโปรตีนของหนอนแมลงวันลายในแต่ละชุดอาหารทดลอง ทั้ง 5 ชุด ได้แก่ ชุดการทดลองที่ 1 กากมะพร้าวคั้นกะทิผสมกากน้ำเต้าหู้ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่ 2 กากมะพร้าวคั้นกะทิผสมกากน้ำเต้าหู้ และกากปาล์ม ชุดการทดลองที่ 3 กากมะพร้าวคั้นกะทิผสมกากน้ำเต้าหู้ และสาหร่ายผำ ชุดการทดลองที่ 4 กากมะพร้าวคั้นกะทิผสมกากน้ำเต้าหู้ และน้ำหมักเศษปลา ชุดการทดลองที่ 5 กากมะพร้าวคั้นกะทิผสมกากน้ำเต้าหู้ และใบดอกกะหล่ำ เท่ากับ 12.72, 14.22, 13.92, 14.74 และ14.11 ตามลำดับ พบว่า อาหารชุดการทดลองที่ 4 กากมะพร้าวคั้นกะทิผสมกากน้ำเต้าหู้ และน้ำหมักเศษปลา มีค่าโปรตีนสูงที่สุดอาหารรองลงมาคือชุดการทดลองที่ 2 กากมะพร้าวคั้นกะทิผสมกากน้ำเต้าหู้ และกากปาล์ม ตามตารางที่ 7

ค่าไขมันของหนอนแมลงวันลายในแต่ละชุดอาหารทดลอง ทั้ง 5 ชุด ได้แก่ ชุดการทดลองที่ 1 กากมะพร้าวคั้นกะทิผสมกากน้ำเต้าหู้ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่ 2 กากมะพร้าวคั้นกะทิผสมกากน้ำเต้าหู้ และกากปาล์ม ชุดการทดลองที่ 3 กากมะพร้าวคั้นกะทิผสมกากน้ำเต้าหู้ และสาหร่ายผำ ชุดการทดลองที่ 4 กากมะพร้าวคั้นกะทิผสมกากน้ำเต้าหู้ และน้ำหมักเศษปลา ชุดการทดลองที่ 5 กากมะพร้าวคั้นกะทิผสมกากน้ำเต้าหู้ และใบดอกกะหล่ำ เท่ากับ 8.65, 8.82, 10.64, 8.75 และ8.72 ตามลำดับ พบว่า อาหารชุดการทดลองที่ 3 กากมะพร้าวคั้นกะทิผสมกากน้ำเต้าหู้ และสาหร่ายผำ มีค่าไขมันสูงที่สุดอาหารรองลงมาคือชุดการทดลองที่ 2 กากมะพร้าวคั้นกะทิผสมกากน้ำเต้าหู้ และกากปาล์ม ตามตารางที่ 7

ผลของกรดไขมัน และกรดอะมิโนในหนอนแมลงวันลายในแต่ละชุดอาหารทดลอง ทั้ง 5 ชุด มีปริมาณไม่แตกต่างกัน โดยในหนอนแมลงวันลายมีปริมาณ Myristic acid เท่ากับ 1.27, 1.31, 1.29, 1.16 และ 6.16 ปริมาณ Glutamic acid เท่ากับ 1,218.50, 1,219.00, 1,170.00, 1,194.50 และ 1,325.00 ตามลำดับ ปริมาณ Arginine เท่ากับ 621.74, 652.79, 686.73, 681.19 และ736.85ตามลำดับ ปริมาณ Glycine 703.76, 769.64, 730.20, 767.69 และ 802.49 ตามลำดับ ปริมาณ Valine 955.85, 1,058.00, 1,001.54, 1,091.50 และ 1,072.50 ตามลำดับ ปริมาณ Alanine 935.63, 967.64, 980.98, 945.37, 911.99 ตามลำดับ ปริมาณ Leucine 882.80, 938.60, 502.58, 931.05 และ 976.93 ตามลำดับ โดยผลการวิเคราะห์พบว่าหนอนแมลงวันลายชุดที่ 5 ที่ให้กินอาหารสูตรผสมด้วยใบดอกกะหล่ำมีคุณค่าทางเคมี Myristic acid Glutamic Arginine Glycine Leucine สูงกว่าตัวอย่างแมลงวันลายที่ให้กินอาหารสูตรพื้นฐานวัตถุดิบอื่น ตามตารางที่ 8 และ 9

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง ทั้ง 4 ชุด พบว่าอาหารชุดการทดลองที่ 2 กากมะพร้าวคั้นกะทิผสมกากน้ำเต้าหู้ และกากปาล์ม มีเถ้า โปรตีน ไขมัน กากใย และคาร์โบไฮเดรต สูงที่สุด ซึ่งโปรตีนและไขมันเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการเจริญเติบโตและของสัตว์ โดยโปรตีนและไขมันเป็นองค์ประกอบวัตถุดิบที่สัตว์น้ำต้องการเพื่อการเจริญเติบโต เถ้าประกอบด้วยแร่ธาตุที่จำเป็นต่อสุขภาพสัตว์น้ำ และกากใยช่วยกระตุ้นระบบทางเดินอาหารโดยตรง (ปรีดา, 2555)

จากการวิเคราะห์กรดไขมัน และกรดอะมิโนของวัตถุดิบพบว่ากากปาล์มมีปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีสูงกว่าวัตถุดิบอื่นอย่างเห็นได้ชัด กรดไขมันที่พบปริมาณมากในกากปาล์มเช่น Myristic acid (C14:0), Palmitic acid (C16:0), Stearic acid (C18:0), Cis-9-Oleic acid (C18:1n9c), Linoleic acid (C18:2n6c) และ กรดอะมิโน เช่น Glutamic acid, Arginine, Leucine, Valine และ Glycine สูงกว่าวัตถุดิบอาหารชนิดอื่น โดยกรดอะมิโน และกรดไขมันเป็นสารอาหารจำเป็นที่มีบทบาทสำคัญในการรักษาการทำงานของร่างกายและสุขภาพโดยรวมในมนุษย์ มีความสำคัญต่อสุขภาพโดยมีส่วนช่วยในการเจริญเติบโตของกล้ามเนื้อ การผลิตพลังงาน การทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน การควบคุมอารมณ์ สุขภาพหัวใจ (Desai *et al*., 2018; Kubala, 2023) ซึ่งกากปาล์มซึ่งมี Glutamic acid เป็นกรดอะมิโนที่ทำหน้าที่สำคัญในร่างกายมนุษย์ เช่นการเผาผลาญ กิจกรรมของสมอง สุขภาพของหัวใจ การทำงานของต่อมลูกหมาก และสนับสนุนการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน (Yoneda *et al*, 2001; https://byjus.com/chemistry/glutamic-acid/) และยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโตในสุกรหย่านม โดยการปรับย่อยสารอาหาร มีอิทธิพลต่อการตอบสนองภูมิคุ้มกันและจุลินทรีย์ในลำไส้ (Kyoung *et al*., 2021; Upadhaya *et al*., 2022)

เมื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในตัวหนอนจากการทดลองการเลี้ยงหนอนแมลงวันลายโดยใช้อาหารต่างชนิดกัน พบว่าการใช้กากปาล์มเป็นวัตถุดิบในอัตราส่วน 25% ผสมกับกากกากมะพร้าวคั้นกะทิผสมกับกากน้ำเต้าหู้ ที่มีองค์ประกอบทางเคมี เช่นโปรตีน ไขมัน สูง หนอนแมลงวันลายที่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของกากปาล์มมีอัตราการเจริญเติบโต น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่มของหนอนแมลงวันลายดีกว่าอาหารชุดการทดลองอื่น และเมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของหนอนแมลงวันลายแล้วพบว่า มีปริมาณโปรตีน ไขมัน สูงกว่าชุดการทดลองอื่น

กรดไขมันอิ่มตัวในหนอนแมลงวันลายไม่เพียงแต่เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับอาหารสัตว์ แต่ยังมีบทบาทสำคัญในการเสริมสร้างสุขภาพและประสิทธิภาพการผลิตของสัตว์ที่บริโภคหนอนอีกด้วย (ห้องสมุดเพื่อเกษตรกรไทย, 2567) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวในหนอนของแมลงวันลายมีความสำคัญต่อการเผาผลาญพลังงาน คุณภาพทางโภชนาการ และประโยชน์ที่อาจเกิดต่อสุขภาพสัตว์ โดยเฉพาะในการผลิตสัตว์ปีก การนำกรดไขมันไม่อิ่มตัวไปใช้ในอาหารสัตว์สามารถเพิ่มโปรไฟล์กรดไขมันของผลิตภัณฑ์ เช่น ไข่ ส่งผลให้คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ดีขึ้นกรดไขมันและกรดอะมิโนที่พบในหนอนแมลงวันลาย (สโรชา และคณะ, 2567; ธีรพงศ์ และคณะ, 2565)

ในการศึกษานี้กากปาล์มเป็นวัตถุดิบที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ส่งผลให้หนอนแมลงวันลายมีองค์ประกอบทางเคมี เช่น โปรตีน และค่าพลังงานสูง แต่จากผลการวิเคราะห์กรดไขมัน และกรดอะมิโนพบว่า อาหารชุดการทดลองที่ผสมด้วยใบดอกกะหล่ำทำให้หนอนแมลงวันลายมีปริมาณกรดไขมัน และกรดอะมิโนมากกว่าหนอนแมลงวันลายในชุดการทดลองอื่น สำหรับประโยชน์ของกากปาล์มคือ ใช้เป็นแหล่งโปรตีนสำหรับสัตว์

มีเส้นใยอาหาร และสามารถใช้เป็นอาหารเสริมในสัตว์ได้ ทั้งนี้ ในการนำมาใช้เป็นส่วนผสมในอาหารของหนอนแมลงวันลาย ใบดอกกะหล่ำมีคุณค่าทางอาหารที่หลากหลาย ขณะที่กากปาล์มมีความเหมาะสมในด้านของโปรตีน ดังนั้น อาหารที่มีคุณค่าสำหรับการศึกษาครั้งนี้ คือ ใบดอกกะหล่ำและกากปาล์ม อย่างไรก็ตาม พบว่าการใช้ใบดอกกะหล่ำมีอัตราการเจริญเติบโต น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้ายเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่มของหนอนแมลงวันลายต่ำกว่าการทดลองชุดอื่นจึงอาจไม่เหมาะสมกับการนำมาใช้ ซึ่งคาดว่ามีผลจากสารฆ่าแมลงตกค้าง (ในที่นี้ไม่ได้ส่งตรวจ) แม้จะเลือกใบที่มีหนอนเจาะมาใช้แล้วก็ตาม

สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า การใช้กากปาล์มในอัตราส่วน 1:3 กับสูตรควบคุม (กากมะพร้าวคั้นกะทิและ กากน้ำเต้าหู้) สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของตัวอ่อนแมลงวันลายได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในด้านน้ำหนักสุดท้ายอัตราการเจริญเติบโต ค่าพลังงานรวมและองค์ประกอบทางเคมีที่จำเป็นต่อการพัฒนา โดยเฉพาะโปรตีนและไขมัน ในขณะ เดียวกันใบดอกกะหล่ำแม้จะมีคุณค่าทางโภชนาการสูงในบางด้านเช่นกรดไขมันโอเมก้า3และกรดอะมิโนบางชนิดแต่ไม่สามารถให้ผลการเจริญเติบโตที่ดีได้จึงอาจไม่เหมาะสมกับการใช้เป็นวัตถุดิบหลักในอาหารสำหรับการเพาะเลี้ยงหนอนแมลงวันลายทั้งนี้ควรมีการศึกษาต่อเนื่องเกี่ยวกับการลดสารพิษตกค้างในวัตถุดิบที่มีศักยภาพทางโภชนาการสูงแต่ยังไม่แสดงผลการเจริญเติบโตที่ดี อย่างไรก็ตาผลการศึกษาครั้งนี้สามารถประยุกต์ใช้ในภาคการผลิตโปรตีนทางเลือกการจัดการวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและการส่งเสริมเศรษฐกิจหมุนเวียนในภาคการเกษตรที่ยั่งยืนได้

คำขอบคุณ

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.อุทัยวรรณ โกวิทวที ผู้ให้ความอนุเคราะห์มอบตัวอ่อนแมลงวันลายเพื่อใช้ในงานวิจัย และให้คำปรึกษาสำหรับข้อมูลของแมลงวันลายที่นำมาใช้ในงานวิจัย และขอขอบพระคุณ รศ.นสพ.ดร. อรรถวิทย์ โกวิทวที ผู้ให้ความอนุเคราะห์ในการช่วยตรวจทานและให้คำแนะนำในการแก้ไขร่างรายงานวิจัยฉบับนี้

อ้างอิง

ธีรพงษ์ ใจชาญสุขกิจ, ประไพพรรณ สิทธิกูล, ชูศักดิ์ พูลมา, ปราโมทย์ บุญโพธิ์ และ ดลฤดี จรัสอุไรธรรม. (2563). การเลี้ยงหนอนแมลงวันลาย (Black Soldier Fly: *Hermetia illucens*) ด้วยมูลสัตว์เพื่อใช้เป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกในอาหารสัตว์. คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์พระนครศรีอยุธยา หันตรา.

ธีรพงษ์ ใจชาญสุขกิจ, สุภาพร พาเจริญ และ นันทิญา พันธ์เทศ. (2565). อิทธิพลของแหล่งโปรตีนทดแทนจากหนอนแมลงวันลาย (*Hermetia illucens*) ต่อลักษณะการให้ผลผลิตและการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไข่ไก่ ในไก่ไข่พันธุ์การค้าที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบเปิด. คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์พระนครศรีอยุธยา หันตรา.

ปรีดา ภูมี. (2555). บทปฏิบัติการ อาหารและการให้อาหารสัตว์น้ำ. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง.

สมควร โพธารินทร์, กานดา ล้อแก้วมณี, ปานชีวัน ปอนพังงา, ศมณพร สุทธิบาก, รฐานิษฐ์ สุขธนาภิรัตน์, สมชาย เบ้าทอง, อาภรณ์ ศรีมาตร, ณัฐปภัสร์ จันทร์สาขาธนา, วุฒิชัย วงศ์ณะรัตน์, ปฐมวงศ์ เถายะบุตร, ไกรศักดิ์ ไกรษรวงศ์, สิทธิชัย ประพันธ์ และ เทียนชัย ปานโพธิ์จาน. (2563). คู่มือองค์ความรู้การส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพเกษตรกรด้วยนวัตกรรมการจัดการสิ่งแวดล้อม. สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ.

สโรชา ยะแสง, ทองเลียน บัวจูม, บัวเรียม มณีวรรณ์, วศิน เจริญตัณฑนกุล และ วงค์พันธ์ พรหมวงค์. (2567). ผลของการเสริมสารสกัดเห็ดหลินจือและผงกะเพราแดงในสูตรอาหารไก่ไข่ ที่มีหนอนแมลงวันลาย เป็นส่วนประกอบ ต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพไข่สารต้านอนุมูลอิสระและองค์ประกอบกรด ไขมันในไข่แดง. วารสาร เกษตร, 40(2), 261-273.

สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ (องค์การมหาชน). (2561). คู่มือการเพาะเลี้ยงแมลงที่เป็นอาหารของมนุษย์และสัตว์ในฟาร์มที่ได้มาตรฐาน. สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ (องค์การมหาชน). 50 หน้า.

ห้องสมุดเพื่อเกษตรกรไทย. (2567). (ออนไลน์) https://thaifarmer.lib.ku.ac.th/news/62f739412b680b0e08f2a2e8.

อานัฐ ตันโช. (2560). คู่มือการผลิตหนอนแม่โจ้. ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรธรรมชาติ เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

Chemical compound formulas: Glutamic acid. (online). https://byjus.com/chemistry/glutamic-acid/.

Desai, A. S., Beibeia, T., Brennan, M. A., Guo, X., Zeng, X. A., & Brennan, C. S. (2018). Protein, Amino Acid, Fatty Acid Composition, and in Vitro Digestibility of Bread Fortified with *Oncorhynchus tschawytscha* Powder. Nutrients, 10(12), 1923. https://doi.org/10.3390/nu10121923.

Diclaro II, J. W., & Kaufman, P. E. (2009). Black soldier fly *Hermetia illucens* Linnaeus (Insecta: Diptera: Stratiomyidae): EENY 461/IN830, 6/2009. EDIS, 2009(7).

Devic, E., Leschen, W., Murray, F., & Little, D. C. 2018. Growth performance, feed utilization and body composition of advanced nursing Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed diets containing Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) larvae meal. Aquaculture nutrition, 24(1), 416-423.

Kubala Jillian. (2023). Essential amino acids: Definition, benefits, and food sources. (online) https://www.healthline.com/nutrition/essential-amino-acids#how-many-are-there.

Katya, K., Borsra, M. Z. S., Ganesan, D., Kuppusamy, G., Herriman, M., Salter, A., & Ali, S. A. (2017). Efficacy of insect larval meal to replace fish meal in juvenile barramundi, *Lates calcarifer* reared in freshwater. International Aquatic Research, 9, 303-312.

Kyoung, H., Lee, J. J., Cho, J. H., Choe, J., Kang, J., Lee, H., Liu, Y., Kim, Y., Kim, H.B., & Song, M. (2021). Dietary glutamic acid modulates immune responses and gut health of weaned pigs. Animals, 11(2), 504.

Shumo, M., Osuga, I. M., Khamis, F. M., Tanga, C. M., Fiaboe, K. K., Subramanian, Ekesi, S., van Huis A., & Borgemeister, C. (2019). The nutritive value of black soldier fly larvae reared on common organic waste streams in Kenya. Scientific reports, 9(1), 10110.

Miranda, C. D., Cammack, J. A., & Tomberlin, J. K. (2019). Life-History Traits of the Black Soldier Fly, *Hermetia illucens* (L.) (*Diptera: Stratiomyidae*), Reared on Three Manure Types. Animals : an open access journal from MDPI, 9(5), 281. https://doi.org/10.3390/ani9050281.

Nichaphon, P., Pipatpong, C. and K. Attawit. (2021). Growth Performance, Waste Reduction Efficiency and Nutritional Composition of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae and Prepupae Reared on Coconut Endosperm and Soybean Curd Residue with or without Supplementation. Insect. 12 (682): 1-9.

Sealey, W.M., T.G. Gaylord, F.T. Barrows, J.K., Tomberlin, M.A. McGuire, C. Ross and S. St-Hilaire. (2011). Sensory analysis of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, fed enriched black soldier fly prepupae, *Hermetia illucens*. J. World Aquac. Soc. 42: 34-45.

Sheppard, D. C., Tomberlin, J. K., Joyce, J. A., Kiser, B. C., & Sumner, S. M. (2002). Rearing methods for the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae). Journal of medical entomology, 39(4), 695-698.

Upadhaya, S. D., Lee, S. S., Kim, Y. H., Wu, Z., & Kim, I. H. (2022). Glutamic acid supplementation recovers the reduced performance of weanling pigs fed reduced crude protein diets. Animal Nutrition, 8, 249-255.

Win, S. S., Ebner, J. H., Brownell, S. A., Pagano, S. S., Cruz-Diloné, P., & Trabold, T. A. (2018). Anaerobic digestion of black solider fly larvae (BSFL) biomass as part of an integrated biorefinery. Renewable energy, 127, 705-712.

Yoneda, Y., Kuramoto, N., Kitayama, T., & Hinoi, E. (2001). Consolidation of transient ionotropic glutamate signals through nuclear transcription factors in the brain. Progress in neurobiology, 63(6), 697-719.

ภาคผนวก

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ (เปอร์เซ็นต์)

วัตถุดิบ	วัตถุดิบแห้ง	ความชื้น	เถ้า	โปรตีน	ไขมัน	กาก	ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก
กากกะทิ	30.30	69.70	0.38	1.61	4.42	4.94	18.95
กากน้ำเต้าหู้	8.31	91.69	0.24	1.55	0.34	1.35	4.83
กากกะทิผสมกากน้ำเต้าหู้	20.01	79.99	0.36	1.71	1.95	3.31	12.68
กากปาล์ม	94.24	5.76	4.03	15.35	7.29	18.30	49.27
สาหร่ายไข่ผำ	5.40	94.60	0.47	1.78	0.25	1.32	1.58
น้ำหมักเศษปลา	4.16	95.84	-	4.16	-	-	-
ใบกะหล่ำดอก	10.33	89.67	1.58	4.30	0.00	1.29	3.16

ตารางที่ 2 ปริมาณกรดไขมันและกรดอะมิโนของวัตถุดิบอาหารที่ใช้ผสมในอาหารทดลอง (กรัม/100 กรัม)

ส่วนประกอบ (กรัม/อาหาร 100 กรัม)	กากน้ำเต้าหู้	กากมะพร้าว	กากปาล์ม	สาหร่ายไข่ผำ	น้ำหมักเศษปลา	ใบดอกกะหล่ำปั่น
Saturated fatty acid						
Caprylic acid (C8:0)	-	0.11	0.16	-	-	-
Capric acid (C10:0)	-	0.21	0.24	-	-	-
Lauric acid (C12:0)	0.01	2.5	-	-	-	0.01
Myristic acid (C14:0)	-	1.22	1.36	-	0.01	-
Palmitic acid (C16:0)	0.19	0.72	0.87	0.05	0.14	0.15
Heptadecanoic acid (C17:0)	-	-	-	-	0.01	-
Stearic acid (C18:0)	0.07	0.21	0.24	0.01	0.05	0.04
Unsaturated fatty acid						

Palmitoleic acid (C16:1)	-	-	-	-	0.01	0.01
Cis-9-Oleic acid (C18:1n9c)	0.26	0.62	1.64	0.01	0.10	0.03
Nervonic acid (C24:1n9)	0.01	-	-	-	-	-
Linoleic acid (C18:2n6c)	0.26	0.02	0.31	0.04	0.03	0.07
Alpha-Linolenic acid (C18:3n3)	0.01	-	0.01	0.04	-	0.11
Fat	0.87	6.18	9.23	0.16	0.38	0.44
Amino Acid Profile						
Aspartic acid	132.47	96.15	1,077	33.03	61.14	272.12
Glutamic acid	208.83	214.24	2,675	12.42	84.42	326.25
Serine	66.13	55.49	598.47	5.36	21.32	110.78
Histidine	38.01	28.27	235.59	2.56	8.57	42.59
Glycine	58.03	58.24	605.07	5.55	58.88	109.13
Threonine	58.04	40.43	429.71	4.87	26.89	109.64
Arginine	71.69	140.60	1,408	7.62	22.19	83.21
Alanine	65.54	63.89	525.08	19.73	310.63	146.17
Tyrosine	25.34	25.46	235.71	3.85	24.64	49.94
Cystine	10.85	12.54	80.19	1.36	76.37	32.08
Valine	62.29	63.88	614.55	8.72	110.85	109.23
Methionine	16.45	14.26	228.16	2.07	28.95	29.71
Phenylalanine	76.04	59.28	522.34	5.03	25.99	113.49
Isoleucine	49.61	39.47	403.99	4.28	64.82	60.59
Leucine	94.45	79.68	792.04	8.23	41.37	152.10
Lysine	74.48	56.99	358.71	8.74	39.12	143.39
Tryptophan	7.66	1.97	43.59	2.70	44.82	21.03
Proline	73.09	50.32	468.53	4.01	38.50	116.55

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง (เปอร์เซ็นต์)

สูตรอาหารทดลอง	**ความชื้น**	**เถ้า**	**โปรตีน**	**ไขมัน**	**กากใย**	**ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก**	**พลังงานรวม**
ชุดการทดลองที่ 1	79.99	0.36	1.71	1.95	3.31	12.68	80.17
ชุดการทดลองที่ 2	58.22	5.15	6.25	5.89	1.21	23.28	183.73
ชุดการทดลองที่ 3	84.18	2.16	5.25	2.91	0.38	5.12	82.79
ชุดการทดลองที่ 4	75.7	2.9	5.77	3.47	0.59	11.57	118.38

ชุดการทดลองที่ 5	76.78	2.44	4.83	2.88	0.66	12.41	110.36

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยกรดไขมัน และกรดอะมิโนในชุดอาหารทดลอง (กรัม/100 กรัม)

ส่วนประกอบ (กรัม/อาหาร 100 กรัม)	ชุดทดลองที่ 2	ชุดทดลองที่ 3	ชุดทดลองที่ 4	ชุดทดลองที่ 5
Saturated fatty acid				
Caprylic acid (C8:0)	0.21	0.18	0.12	0.10
Capric acid (C10:0)	0.35	0.33	0.28	0.25
Lauric acid (C12:0)	4.13	3.64	3.37	2.96
Myristic acid (C14:0)	1.84	1.65	1.64	1.41
Palmitic acid (C16:0)	1.07	0.95	0.99	0.88
Heptadecanoic acid (C17:0)	-	-	-	-
Stearic acid (C18:0)	0.32	0.30	0.30	0.27
Unsaturated fatty acid				
Palmitoleic acid (C16:1)	-	-	-	-
Cis-9-Oleic acid (C18:1n9c)	1.10	0.76	0.82	0.71
Nervonic acid (C24:1n9)	-	-	-	-
Linoleic acid (C18:2n6c)	0.43	0.38	0.40	0.37
Alpha-Linolenic acid (C18:3n3)	0.02	0.03	-	0.05
Fat	10.09	8.78	8.46	7.48
Amino Acid Profile				
Aspartic acid	399.00	180.88	180.83	205.58
Glutamic acid	878.15	312.93	318.51	351.90
Serine	220.12	101.54	99.43	113.39
Histidine	91.17	46.54	46.11	49.85
Glycine	213.26	90.23	95.56	98.29
Threonine	154.25	76.85	74.93	88.50
Arginine	473.75	171.31	167.76	166.88
Alanine	215.37	133.75	162.76	124.74
Tyrosine	80.61	44.61	39.87	49.42
Cystine	33.63	17.88	30.25	18.95
Valine	221.32	93.83	103.44	99.70
Methionine	73.53	29.90	34.62	31.66
Phenylalanine	206.12	88.59	83.27	97.55

Isoleucine	136.21	62.76	65.47	67.06
Leucine	297.68	139.85	131.01	148.65
Lysine	166.81	104.80	98.75	114.16
Tryptophan	18.61	11.33	23.98	15.87
Proline	166.75	81.93	83.48	108.59

ตารางที่ 5 น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย (AFW) อัตราการเจริญเติบโต (GR) และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม (PWG) ของหนอนแมลงวันลาย

ชุดการทดลองที่	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย	0.1562±0.03[a]	0.2084±0.03[b]	0.1524±0.02[a]	0.1902±0.01[b]	0.1411±0.03[a]
อัตราการเจริญเติบโต	2.67±0.57[b]	3.46±0.77[c]	2.58±0.58[b]	2.93±0.40[b]	1.04±0.41[a]
เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม	2379.06±444.79[a]	3208.27±440.32[d]	2318.83±318.65[b]	2919.25±216.94[c]	2139.13±533.58[a]

ตัวอักษรยกที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 6 ระยะเวลาในการพัฒนาจากหนอนแรกเกิดสู่ระยะก่อนดักแด้

ชุดการทดลองที่	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
ระยะเวลา (วัน)	18.1±1.66[b]	14.8±0.42[a]	17.7±2.31[b]	14.8±0.42[a]	18.1±1.85[b]

ตัวอักษรยกที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของหนอนแมลงวันลาย (เปอร์เซ็นต์)

หนอนแมลงวันลาย	**ความชื้น**	**เถ้า**	**โปรตีน**	**ไขมัน**	**กากใย**	**NFE**	**GE**
ชุดการทดลองที่ 1	74.67±0.88	1.64±0.01	12.72±0.57	8.65±1.51	2.25±0.04	0.08±1.15	153.71±12.74
ชุดการทดลองที่ 2	70.83±0.16	1.92±0.11	14.22±0.29	8.82±0.22	2.66±0.13	1.57±0.33	169.82±2.34
ชุดการทดลองที่ 3	70.49±1.14	1.56±0.04	13.92±0.35	10.64±0.20	2.86±0.28	0.87±1.22	181.16±5.11
ชุดการทดลองที่ 4	71.38±0.25	1.73±0.11	14.74±0.48	8.75±0.35	3.49±0.19	-0.08±1.00	165.40 ±1.92
ชุดการทดลองที่ 5	73.75±0.53	2.12±0.08	14.14±0.00	8.72±0.45	2.28±0.06	-1±0.06	157.91±3.97

ตารางที่ 8 กรดไขมันของหนอนแมลงวันลายในแต่ละชุดการทดลอง (กรัม/100 กรัม)

ส่วนประกอบ (กรัม/อาหาร 100 กรัม)	**ชุดทดลองที่ 1**	**ชุดทดลองที่ 2**	**ชุดทดลองที่ 3**	**ชุดทดลองที่ 4**	**ชุดทดลองที่ 5**
Saturated fatty acid					
Caprylic acid (C8:0)	-	-	-	-	-
Capric acid (C10:0)	0.11±0.01	0.11±0.01	0.13±0.00	0.11±0.01	0.11±0.01
Lauric acid (C12:0)	5.03±0.21	5.20±0.06	5.50±0.06	5.07±0.29	5.74±0.05
Myristic acid (C14:0)	1.27±0.06	1.31±0.06	1.29±0.06	1.16±0.05	6.16±7.04
Palmitic acid (C16:0)	1.54±0.01	1.58±0.01	1.67±0.01	1.46±0.08	1.68±0.08

Heptadecanoic acid (C17:0)	0.01±0.00	0.01±0.01	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00
Stearic acid (C18:0)	0.24±0.01	0.25±0.01	0.27±0.01	0.23±0.01	0.26±0.01
Unsaturated fatty acid					
Palmitoleic acid (C16:1)	0.28±0.01	0.27±0.01	0.29±0.01	0.27±0.01	0.28±0.01
Cis-9-Oleic acid (C18:1n9c)	1.51±0.01	1.54±0.01	1.50±0.01	1.51±0.08	1.57±0.06
Nervonic acid (C24:1n9)	-	-	-	-	-
Linoleic acid (C18:2n6c)	0.85±0.05	1.00±0.05	0.88±0.01	0.85±0.06	0.99±0.01
Alpha-Linolenic acid (C18:3n3)	0.08±0.01	0.09±0.01	0.08±0.00	0.08±0.00	0.09±0.00
Eicosapentaenoic acid (C20:5n3)	0.03±0.01	0.03±0.00	0.03±0.00	0.03±0.00	0.04±0.00
Fat	11.78±0.18	12.23±0.18	12.72±0.01	11.48±0.63	12.94±0.20

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยกรดอะมิโนของหนอนแมลงวันลายในแต่ละชุดการทดลอง (กรัม/100 กรัม)

ส่วนประกอบ (กรัม/อาหาร 100 กรัม)	ชุดทดลองที่ 1	ชุดทดลองที่ 2	ชุดทดลองที่ 3	ชุดทดลองที่ 4	ชุดทดลองที่ 5
Amino Acid Profile					
Aspartic acid	1,120.00±31.11	1,208.00±0.71	1,209.00±78.49	1,208.50±25.46	1,263.00±119.50
Glutamic acid	1,218.50±135.06	1,219.00±34.65	1,170.00±53.74	1,194.50±21.21	1,325.00±89.10
Serine	542.44±16.21	590.89±28.02	551.27±39.11	571.08±25.63	600.49±10.60
Histidine	363.84±3.94	373.41±8.04	392.06±47.48	352.48±13.51	386.53±4.64
Glycine	703.76±38.83	769.64±5.76	730.20±55.17	767.69±29.72	802.49±15.70
Threonine	518.98±10.58	558.24±0.94	544.48±36.01	552.99±12.93	595.83±0.79
Arginine	621.74±52.71	652.79±21.38	686.73±56.61	681.19±22.34	736.85±13.78
Alanine	935.63±16.83	967.64±35.54	980.98±49.53	945.37±39.99	911.99±123.20
Tyrosine	680.89±62.16	699.09±43.65	716.91±54.62	703.95±46.27	717.79±81.83
Cystine	47.83±2.63	50.41±0.95	53.30±5.40	49.68±0.73	37.09±23.89
Valine	955.85±96.39	1,058.00±41.01	1,001.54±99.65	1,091.50±72.83	1,072.50±19.09
Methionine	210.88±1.70	230.62±3.84	238.61±29.47	224.63±1.17	255.95±3.47
Phenylalanine	520.11±1.44	564.07±11.38	562.41±46.56	552.49±8.63	603.62±5.79
Isoleucine	517.31±11.84	549.32±6.15	539.34±37.38	542.32±6.99	585.76±8.29
Leucine	882.80±22.50	938.60±1.08	502.58±540.57	931.05±20.60	976.93±43.94
Lysine	760.83±3.17	829.06±1.44	852.11±79.10	827.84±17.94	873.27±17.46
Tryptophan	117.04±10.48	121.48±5.71	119.17±1.65	130.07±3.92	137.91±2.51
Proline	726.55±19.56	767.24±17.30	765.23±48.16	762.68±9.33	823.00±2.14

P 2

โครงสร้างทางจุลกายวิภาคและเนื้อเยื่อเคมีของตับและตับอ่อนของปลากระสง

กฤตพิชญ์ อนุสุนัย[1] และ อัคนี ผิวหอม[2]*

บทคัดย่อ

ปลากระสง *Channa lucius* (Cuvier, 1831) เป็นปลาน้ำจืดที่พบได้ในแหล่งน้ำของประเทศไทย มีบทบาทสำคัญต่อระบบนิเวศและการบริโภคระดับประมงพื้นบ้าน อย่างไรก็ตาม ข้อมูลด้านจุลกายวิภาคของปลาชนิดนี้ยังขาดแคลนอยู่ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาโครงสร้างทางจุลกายวิภาคและเนื้อเยื่อเคมีของตับและตับอ่อนของปลากระสง โดยใช้ตับและตับอ่อนจากปลากระสงตัวเต็มวัย 5 ตัว นำมาผ่านกระบวนการทางเทคนิคพาราฟินพื้นฐานและการย้อมสีเนื้อเยื่อ ผลการศึกษาพบว่า ตับประกอบด้วย เซลล์ตับที่จัดเรียงล้อมรอบหลอดเลือด central vein ภายในเนื้อเยื่อของตับไม่มีการแบ่งเป็นพูย่อยและไม่พบ portal triad ภายในเซลล์ตับพบแกรนูลที่ย้อมติดสี periodic acid-Schiff แต่ไม่ติดสี alcian blue pH 2.5 และ pH 1.0 ซึ่งแสดงถึงการสะสมไกลโคเจนและบางเซลล์พบแวคิวโอลไขมัน ขณะที่ตับอ่อนพบได้ทั้งบริเวณข้างลำไส้เล็กส่วนต้น เยื่อแขวนลำไส้ และพบแทรกในเนื้อเยื่อตับ เรียกว่า hepatopancreas ตับอ่อนประกอบด้วย เซลล์อะซีนาร์ ซึ่งภายในเซลล์มีไซโมเจนแกรนูลและพบ islet of Langerhans ซึ่งเป็นส่วนของต่อมไร้ท่อในเนื้อเยื่อตับอ่อนบริเวณข้างลำไส้ ผลจากการศึกษานี้เป็นลักษณะเนื้อเยื่อที่ปกติ ดังนั้น จึงสามารถประยุกต์ใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการศึกษาทางด้านสรีรวิทยา พยาธิวิทยาและพิษวิทยาได้

คำสำคัญ: ตับ ตับอ่อน เนื้อเยื่อเคมี เนื้อเยื่อวิทยา ปลากระสง

[1]นักเรียน., โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยทักษิณ ฝ่ายมัธยม พัทลุง 93210

Student, Thaksin University Demonstration Secondary School

[2]ดร., สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

Dr., Department of Biological Science, Faculty of Science and Digital Innovation, Thaksin University, Phatthalung Campus, 93210

*Corresponding Author: E-mail address: pewhomakkanee@gmail.com, Tel.: 088-2401721

Histological structure and histochemistry of the liver and pancreas of Blotched snake-head fish

Krittapit Anusunai[1] and Akkanee Pewom[2]*

Abstract

Channa lucius (Cuvier, 1831), is a freshwater fish found in various water sources across Thailand. It plays an important role in both the ecosystem and local fisheries. However, histological data on this species remain limited. Therefore, the aim of this study is to investigate the histological structure and histochemistry of the liver and pancreas in adult Blotched snake-head fish. Liver and pancreas from five adult specimens were processed using a basic paraffin techniques and histological staining. The results showed that the liver was composed of hepatocytes arranged in around a central vein. There was no lobular organization or a portal triad. Hepatocytes contained granules that stained positively with periodic acid-Schiff but negatively with alcian blue at pH 2.5 and pH 1.0, indicating the presence of glycogen. Some hepatocytes also exhibited fat vacuoles. The pancreas was located adjacent to the anterior intestine, within the mesentery, and interspersed with liver tissue—forming a structure known as the hepatopancreas. The pancreatic tissue consisted of acinar cells containing zymogen granules, as well as islets of Langerhans, which are part of the endocrine system. Notably, the islets of Langerhans were observed only in the portion of pancreatic tissue near the intestine. The findings from this study provide baseline histological data that can apply future physiological, pathological, and toxicological research.

Keywords: Liver, pancreas, histochemistry, histology, Blotched snake-head fish

บทนำ

ระบบทางเดินอาหารของปลาประกอบด้วย หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร ลำไส้และไส้ตรง [1] นอกจากนี้ ยังมีอวัยวะและโครงสร้างที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ตับ ตับอ่อนและถุงน้ำดี [2, 3] แต่ในปลาไม่พบต่อมน้ำลาย [1] การศึกษาโครงสร้างด้านจุลกายวิภาคศาสตร์ รวมถึงเนื้อเยื่อเคมีเป็นเทคนิคที่ใช้ในการศึกษาเพื่อให้ทราบโครงสร้างทางเนื้อเยื่อวิทยาและสามารถใช้เป็นเทคนิคเพื่อศึกษาความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับเนื้อเยื่อและเซลล์ (pathology) ที่เกิดจากสารพิษต่าง ๆ ได้อีกด้วย [4]

ตับเป็นอวัยวะที่มีความสำคัญ โดยทำหน้าที่เป็นแหล่งสะสมสารอาหาร มีบทบาทในกระบวนการเมแทบอลิซึม (metabolism) ผลิตโปรตีนต่าง ๆ เช่น อัลบูมิน (albumin) และไฟบริโนเจน (fibrinogen) มีหน้าที่กำจัดและทำลายสารพิษ รวมทั้งผลิตน้ำดี [5, 6, 7] นอกจากนี้ ในตับของปลาบางชนิดยังพบกลุ่มเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดมาโครฟาจ (macrophage) และเซลล์ที่ผลิตเม็ดสีเมลานิน (melanin) และไลโปฟุสซิน (lipofuscin) เรียกว่า เมลาโน มาโครฟาจ เซนเตอร์ (melano-macrophage center; MMC) [8, 9] ขณะที่ตับอ่อนเป็นอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเอนไซม์ ซึ่งมีบทบาทในการย่อยอาหารประเภทต่าง ๆ และการสร้างไบคาร์บอเนต (bicarbonate) เพื่อส่งไปยังลำไส้ส่วนต้น อีกทั้งยังเป็นอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับระบบต่อมไร้ท่อ โดยมี islet of Langerhans ที่สร้างฮอร์โมนควบคุมระดับน้ำตาลและสารอาหาร งานวิจัยที่ผ่านมามีการศึกษาทางเนื้อเยื่อวิทยาของตับและตับอ่อนในปลาหลายชนิด เช่น ปลา *Trichomycterus brasiliensis* [10], *Epinephelus chlorostigma* [11], *Merluccius merluccius*, *Scorpaena porcus* [12, 13], *Barbus altianals* [14], *Lepidorhombus whiffiagonis* [15], *Oblada melanura* [16], *Cyprinus carpio* [7] และ *Sarpa salpa* [3] เป็นต้น

ปลากระสง *Channa lucius* (Cuvier, 1831) เป็นปลาที่มีลำตัวค่อนข้างยาวและแบนข้างเล็กน้อย หัวแบนกว้าง ดวงตาอยู่ค่อนไปทางด้านบนของหัว ลำตัวมีสีเขียว-เทาอมดำ พบในแหล่งน้ำจืดที่มีพรรณไม้น้ำปกคลุม เป็นปลาที่กินสัตว์เป็นอาหาร [17] ปลาชนิดนี้มีความสำคัญทางเศรษฐกิจในระดับชุมชน โดยเฉพาะภาคใต้ของประเทศไทย เช่น บริเวณทะเลสาบสงขลาและทะเลน้อย ซึ่งเป็นพื้นที่รับน้ำจากแหล่งต่าง ๆ ทำให้มีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของสารพิษ อาจส่งผลต่อสุขภาพของปลา โดยเฉพาะตับที่ทำหน้าที่ในการกำจัดสารพิษและตับอ่อน ซึ่งเกี่ยวข้องกับการย่อยอาหาร

การศึกษาครั้งนี้ ได้ศึกษาปลากระสง เนื่องจากเป็นปลาที่จับได้ตลอดทั้งปีและนิยมบริโภคในชุมชน อีกทั้ง พื้นที่ทะเลสาบสงขลาและทะเลน้อยมีความเสี่ยงในการรับสารปนเปื้อน ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่ออวัยวะภายในร่างกาย ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาโครงสร้างทางจุลกายวิภาคและเนื้อเยื่อเคมีของตับและตับอ่อนของปลากระสง ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการประเมินผลกระทบจากสารพิษ รวมถึงเป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาทางสรีรวิทยาและพยาธิวิทยาต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ชิ้นเนื้อตับและตับอ่อนของปลากระสงที่นำออกจากลำตัวโดยการผ่าท้องหลังจากที่ปลาถูกทำให้สลบ ถูกนำมาผ่านกระบวนการทางเทคนิคพาราฟินพื้นฐาน โดยเริ่มจากการคงสภาพเนื้อเยื่อด้วยน้ำยาคงสภาพบูแองค์ (Bouin's solution) หลังจากนั้นจึงนำชิ้นเนื้อมาผ่านกระบวนการนำน้ำออกจากเนื้อเยื่อ (dehydration) การทำให้เนื้อเยื่อใส (clearing) การแทรกซึม (infiltration) แล้วนำไปฝังในพาราพลาสต์เพื่อทำเป็นบล็อกชิ้นเนื้อ โดยใช้เครื่องฝังชิ้นเนื้อ จากนั้นตัดบล็อกชิ้นเนื้อให้ได้เนื้อเยื่อแผ่นบางที่มีความหนา 5 ไมโครเมตร ด้วยเครื่องโรตารีไมโครโตม (rotary microtome) และติดแผ่นเนื้อเยื่อบนสไลด์แก้ว และนำไปย้อมสี 4 ชนิด ได้แก่ 1) H&E (hematoxylin and eosin) เพื่อดูโครงสร้างทั่วไปของเนื้อเยื่อ 2) PAS (periodic acid-Schiff) เพื่อดู neutral glycoproteins 3) AB pH 2.5 (alcian blue pH 2.5) เพื่อดู carboxylated acid glycoproteins 4) AB pH 1.0 เพื่อดู sulphated acid glycoproteins [18] ดูผลและถ่ายภาพใต้กล้องจุลทรรศน์เลนส์ประกอบ งานวิจัยครั้งนี้ได้รับการอนุญาต

การวิจัยในสัตว์จากคณะกรรมการจริยธรรมการกำกับดูแลการเลี้ยงและการใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ เลขที่ COA No. TSU 2024-009 IACUC No. 0009

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ตับของปลากระสงมีรูปร่างยาว โดยมีความยาวเฉลี่ย 2.94 ± 0.32 เซนติเมตร มีสีน้ำตาลเข้มและแบ่งออกเป็น 2 พู ตับวางตัวอยู่ทางด้านท้อง (ventral) ของลำตัวปลา ขนานกับท่อทางเดินอาหารตั้งแต่หลอดอาหารจนถึงลำไส้ส่วนต้น (ภาพที่ 1) ซึ่งเหมือนกับปลา *Oreochromis niloticus* [19] ปลา *Hemisorubim platyrhynchos* [20] ปลา *Neurergus microspilotus* และปลา *N. kaiseri* [21] ส่วนตับอ่อนพบอยู่ด้านข้างลำไส้ส่วนต้นและเยื่อแขวนลำไส้ มีลักษณะเป็นแถบสีขาว-ครีม (ภาพที่ 1) คล้ายกับปลาชนิดอื่น ๆ [19, 20]

ภาพที่ 1 แสดงกายวิภาคของตับ (L) และตับอ่อน (P) ของปลากระสงที่ผ่านการคงสภาพ โดยตับมีรูปร่างยาว สีน้ำตาล ส่วนตับอ่อนมีสีขาว-ครีม อยู่ด้านข้างของลำไส้ส่วนต้น (I), G: gill

โครงสร้างทางจุลกายวิภาคและเนื้อเยื่อเคมีของตับปลากระสงพบว่า ภายนอกตับมีเยื่อหุ้มตับเรียกว่า hepatic capsule ซึ่งย้อมติดสีแดงเมื่อย้อมด้วยสี PAS ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่มีคอลลาเจนเป็นองค์ประกอบ (ภาพที่ 2A-B) ตับของปลากระสงไม่มีการแบ่งออกเป็นพูย่อย (lobule) และไม่พบ portal triad ซึ่งเหมือนกับปลาชนิดอื่น ๆ แต่แตกต่างจากสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมที่มีการแบ่งออกเป็นพูย่อย [4] ภายในตับประกอบด้วย เซลล์ตับ (hepatocyte) จำนวนมาก เซลล์เหล่านี้มีรูปร่างหลายเหลี่ยม (polygonal) บางเซลล์มีรูปร่างลูกบาศก์ (cuboidal) แต่ละเซลล์มีนิวเคลียสทรงกลมและมีนิวคลิโอลัส (nucleolus) 1-2 อันย้อมติดสีม่วงเข้ม ซึ่งเหมือนกับปลาชนิดอื่น ๆ [7] เซลล์ตับมีการเรียงตัวแบบไม่เป็นระเบียบ (irregular hepatic plate) (ภาพที่ 2A-B, D) อย่างไรก็ตาม บริเวณใกล้หลอดเลือด central vein เซลล์ตับมีการเรียงเป็นแนวรัศมีออกจากหลอดเลือด central vein (ภาพที่ 2C) ภายในไซโทพลาซึมของเซลล์ตับพบแกรนูลที่ย้อมติดสีชมพูอ่อนของสี PAS (ภาพที่ 2D) แต่ไม่ติดสีย้อม AB pH 2.5 (ภาพที่ 2E) และ AB pH 1.0 (ภาพที่ 2F) ขณะที่เซลล์ตับบางเซลล์พบแวคิวโอลไขมันอยู่ในไซโทพลาซึม (ภาพที่ 2D) การพบแกรนูลที่ย้อมติดสี PAS นี้ บ่งบอกถึงสารที่สะสมในเซลล์ตับเป็นไกลโคเจน ซึ่งการสะสมไกลโคเจนและไขมันเป็นหน้าที่ของตับในสัตว์มีกระดูกสันหลัง [20] ระหว่างเซลล์ตับพบหลอดเลือดฝอยชนิด sinusoid ซึ่งบุด้วยเซลล์เอนโดทีเลียมและภายในพบเม็ดเลือดแดง (ภาพที่ 2E) โดยหลอดเลือดฝอย รวมถึงหลอดเลือดเวนขนาดต่าง ๆ เป็นหลอดเลือดที่ลำเลียงสารอาหารเข้ามาในตับและสารอาหารเหล่านั้นจะถูกเก็บสะสมในตับ [20]

ตับของปลากระสงพบหลอดเลือดอาร์เทอรี หลอดเลือดอาร์เทอริโอล หลอดเลือดเวนและหลอดเลือดเวนูล (ภาพที่ 2B, E) รวมถึง ท่อน้ำดี (bile duct) (ภาพที่ 3A) ซึ่งกระจายอยู่ทั่วไปในเนื้อเยื่อตับ ท่อน้ำดีมีเซลล์บุผิวชนิด simple columnar epithelium และถูกล้อมรอบด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันและชั้นกล้ามเนื้อที่บาง เซลล์บุผิวของท่อน้ำดีย้อมติดสี PAS และสีติดสี AB pH 2.5 (ภาพที่ 3A)

นอกจากนี้ ภายในตับของปลากระสงยังพบเมลาโน มาโครฟาจ เซ็นเตอร์ (melano-macrophage center; MMC) และ hepatopancreas ซึ่ง MMC มีเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดมาโครฟาจและมีเม็ดสี (ภาพที่ 2A, 3B) บ่งบอกถึงหน้าที่ ๆ เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกัน โดยการพบ MMC ของตับปลากระสงคล้ายกับปลาชนิดอื่น ๆ

สำหรับ hepatopancreas ที่พบในเนื้อเยื่อตับพบว่า เป็นส่วนของตับอ่อนที่แทรกอยู่ในเนื้อเยื่อตับซึ่งล้อมรอบหลอดเลือด (ภาพที่ 3C-F) โดยลักษณะดังกล่าวเป็นลักษณะทั่วไปที่พบได้ในปลา เช่น ปลา *E. chlorostigma* [11] และปลา *B. altianals* [14] แต่แตกต่างต่างสัตว์มีกระดูกสันหลังจำพวกอื่น โดยที่ hepatopancreas มีเพียงเซลล์อะซีนาร์รูปร่างทรงสูง (ภาพที่ 3C-F) ที่ภายในมีแกรนูลที่ย้อมติดสี PAS (ภาพที่ 3D) แต่ย้อมไม่ติดสี AB pH 2.5 (ภาพที่ 3E) และ AB pH 1.0 (ภาพที่ 3F) สันนิษฐานได้ว่า สารเหล่านั้น เป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยอาหาร ดังนั้น สรุปได้ว่า hepatopancreas จึงทำหน้าที่เฉพาะในส่วน exocrine pancreas โดยมีเกี่ยวข้องกับการสร้างเอนไซม์ชนิดต่าง ๆ เพื่อย่อยสารอาหาร

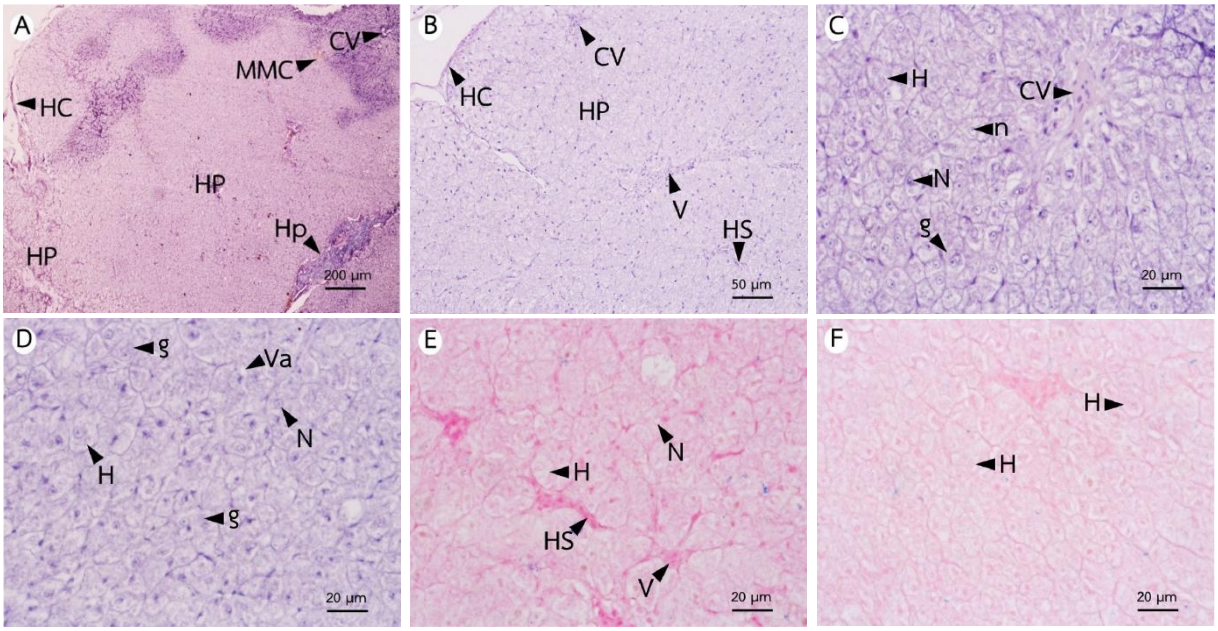
การศึกษาครั้งนี้ยังพบ ตับอ่อนอยู่บริเวณเยื่อแขวนลำไส้ (mesentery) และตับอ่อนที่อยู่ข้างลำไส้ส่วนต้น ซึ่งทั้ง 2 บริเวณล้อมรอบด้วยเนื้อเยื่อไขมัน (adipose tissue) ตับอ่อนทั้ง 2 บริเวณ นอกจากประกอบด้วย เซลล์อะซีนาร์รูปร่างทรงสูงที่ภายในมีแกรนูลที่ย้อมติดสี PAS (ภาพที่ 4C, F) แต่ย้อมไม่ติดสี AB pH 2.5 (ภาพที่ 4D) และ AB pH 1.0 (ภาพที่ 4E) แล้ว ยังพบกลุ่มเซลล์ที่ติดสีย้อมจางแทรกอยู่ท่ามกลางเซลล์อะซีนาร์ ซึ่งกลุ่มเซลล์ดังกล่าวคือ islet of Langerhans เป็นกลุ่มเซลล์ที่มีรูปร่างกลม มีนิวเคลียสกลมอยู่กลางเซลล์ (ภาพที่ 4E) โดย islet of Langerhans จากลักษณะดังกล่าว สรุปได้ว่า ตับอ่อนที่พบในเยื่อแขวนลำไส้และข้างลำไส้ส่วนต้น นอกจากมีหน้าที่ในการสร้างเอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยอาหารแล้ว ยังมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับระบบต่อมไร้ท่อ โดยการสร้างฮอร์โมนที่ควบคุมระดับสารอาหารและน้ำตาลในเลือดอีกด้วย [20]

สรุปผลการวิจัย

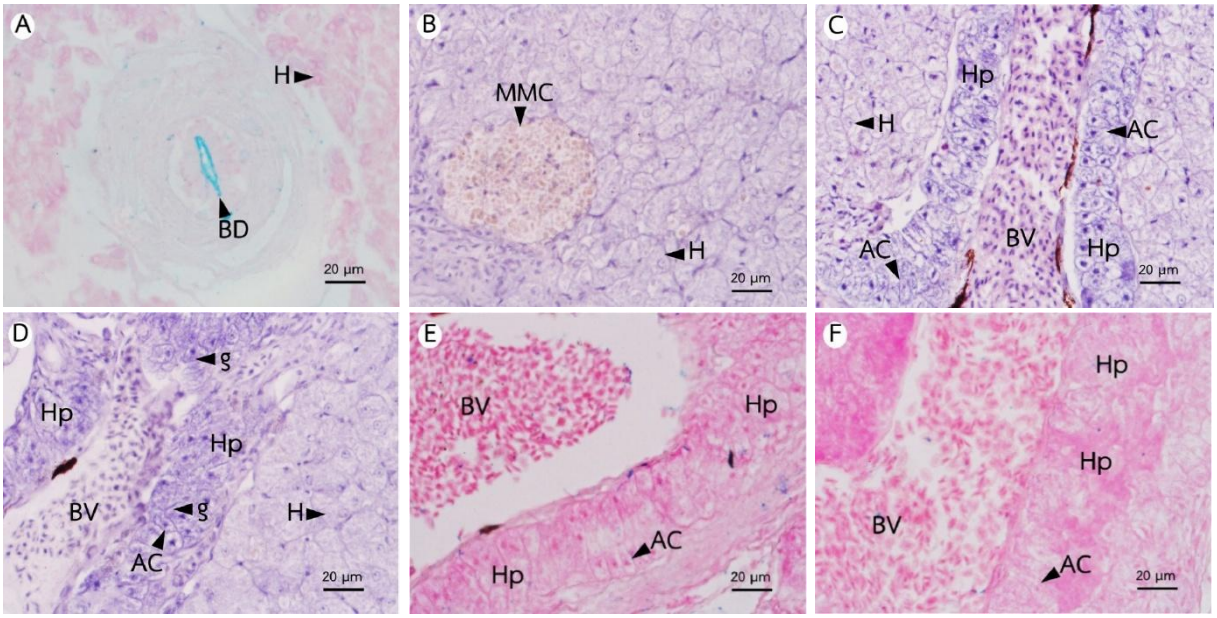
การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาครั้งแรกที่ศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างทางจุลกายภาคและเนื้อเยื่อเคมีของตับและตับอ่อนของปลากระสง โดยตับมีรูปร่างยาว สีน้ำตาลเข้มและไม่แบ่งเป็นพู มีการจัดเรียงของเซลล์ตับเป็นแถวแยกจากหลอดเลือด central vein ภายในเซลล์พบแกรนูลที่ย้อมติดสี PAS ซึ่งบ่งบอกถึงการสะสมสารต่าง ๆ เช่น ไกลโคเจนและยังพบแวคิวโอลไขมัน ซึ่งบ่งบอกถึงการสะสมไขมันในเซลล์ ตับอ่อนของปลากระสงพบในเนื้อเยื่อตับ เรียกว่า hepatopancreas พบในเยื่อแขวนลำไส้และข้างลำไส้ส่วนต้น ซึ่งตับอ่อนที่พบข้างลำไส้ส่วนต้น ประกอบด้วย เซลล์อะซีนาร์ที่ผลิตเอนไซม์ต่าง ๆ รวมถึง islet of Langerhans ที่สร้างฮอร์โมนที่มีบทบาทในการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด การศึกษาโครงสร้างของตับและตับอ่อนของปลากระสงครั้งนี้ ถือเป็นข้อมูลพื้นฐานที่มีความสำคัญในด้านชีววิทยาของปลากระสง สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในงานวิจัยด้านต่าง ๆ เช่น สรีรวิทยา การใช้ตับเป็น biomarkers ในการประเมินสุขภาพของปลาและการศึกษาผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมที่ปลาอาศัยอยู่ เป็นต้น

คำขอบคุณ

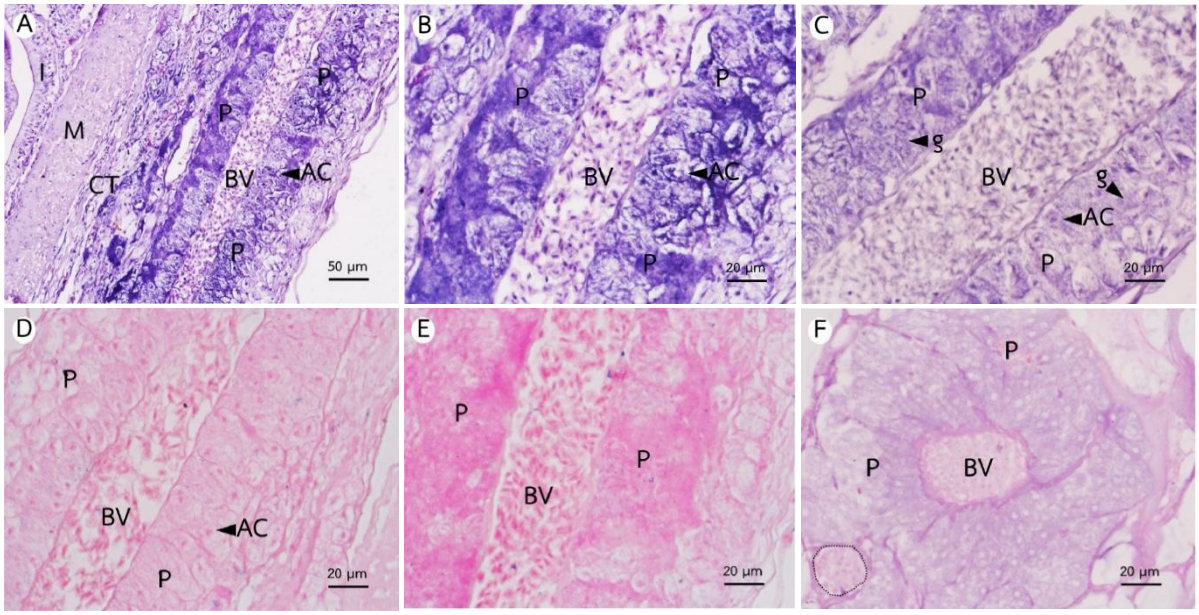
งานวิจัยครั้งนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนการวิจัยจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (กองทุนส่งเสริม ววน.) โดยมหาวิทยาลัยทักษิณ ประเภทงานมูลฐาน (Fundamental Fund) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 (Research project grant no. FF-2567A10512030)



ภาพที่ 2 (A–F) แสดงจุลกายวิภาคและเนื้อเยื่อเคมีของตับ; CV: central vein, Va: vacuole, g: granule, H: hepatocyte, HC: hepatic capsule, HP: hepatic parenchyma, Hp: hepatopancreas, HS: hepatic sinusoid, MMC: melano-macrophage center, N: nucleus, n: nucleolus, V: vein (A–B: H&E) (C-D: PAS) (E: AB pH 2.5) (F: AB pH 1.0)



ภาพที่ 3 (A) แสดงจุลกายวิภาคและเนื้อเยื่อเคมีของท่อน้ำดี (BD), (B) แสดงเมลาโน มาโครฟาจ เซนเตอร์ (MMC), (C-F) แสดง hepatopancreas; AC: acinar cell, BD: bile duct, BV: blood vessel, g: granule, H: hepatocyte, Hp: hepatopancreas, MMC: melano-macrophage center (A, E: AB pH 2.5) (B, D: PAS) (C: H&E) (F: AB pH 1.0)



ภาพที่ 4 (A-F) แสดงจุลกายวิภาคและเนื้อเยื่อเคมีของตับอ่อนที่พบในเยื่อแขวนลำไส้และด้านข้างของลำไส้เล็ก; AC: acinar cell, BV: blood vessel, CT: connective tissue, g: granule, I: intestine, M: muscle, P: pancreas, เส้นประในรูป F แสดง islet of Langerhans (A-B: H&E) (C, F: PAS) (D: AB pH 2.5) (E: AB pH 1.0)

อ้างอิง

[1] Treer, T., Safner, R., Anicic, I., and Lovrinov, M. (1995). **"Ribarstvo"**. Nakladni zavod Globus: Zagreb.

[2] Steven, C., and Hume, I. (1995). **"Microbial fermentation and synthesis of nutrients and the absorption of end products, In comparative physiology of the vertebrate digestive system".** Cambridge University Press: New York.

[3] Ozretić, J., Nives, K., Ivana, R., and Ivana, B. (2021). "Histological structure and histochemical composition of the digestive tract of Salema porgy, *Sarpa salpa* (Linnaeus, 1758) (Teleostei: Sparidae)". **ACTAADRIAT.** 62(2), 149 – 158.

[4] Raskovie, B.S., Stankovie, M.B., Markovie, Z.Z., and Poleksic, V.D. (2011). "Histological methods in the assessment of different feed effects on liver and intestine in fish"**. J. Agr. Sci.** 56(1), 87-100.

[5] Menke, A.L., Spitsbergen, J.M., Wolterbeek, A.P.M., and Woutersen, R.A. (2011). "Normal Anatomy and Histology of the Adult Zebrafish". **Toxicol. Pathol.** 39, 759-775.

[6] Nejedli, S., and Gajger, I.T. (2013). "Hepatopancreas in some sea fish from different species and the structure of the liver in teleost fish, common pandora, *Pagellus erythinus* (Linnaeus, 1758) and whiting, *Merlangius merlangus euxinus* (Nordmann, 1840)". **Vet. Arhiv.** 83(4), 441-452.

[7] Kadhim, K.H., Abdulkarim, J.K., and Khalid K.K. (2020). "Histological and histochemical study of the liver and gall bladder

of adult male common carp *Cyprinus carpio*". **Plant Archives 20**(1), 438-442.

[8] Gomes, J.M., Ribeiro, H.J., Procópio, M.S., Alvarenga, B.M., Castro, A.C., Dutra, W.O., and Junior, J.D.C. (2015). "What the erythrocytic nuclear alteration frequencies could tell us about genotoxicity and macrophage iron storage". **PloS one** 10(11).

[9] Sales, C.F., Silva, R.F., Amaral, M.G.C., Domingos, F.F.T., Ribeiro, R.T.M.A., Thomé, R.G., and Santo, H.B. (2017). "Comparative histology in the liver and spleen of three species of freshwater teleost". **Neotrop. Ichthyol.** 15(1), 1-12.

[10] Oliveira-Ribeiro, C.A., and Fanta, E. (2020). "Microscopic morphology and histochemistry of the digestive system of a tropical freshwater fish *Trichomycterus brasiliensis* (U.itken) (Siluroidei, Trichomycteridae)". **Revta bras, Zool**. 17(4), 953 – 971.

[11] Hassan, A.A. (2013). "Anatomy and Histology of the digestive system of the carnivorous fish, the brown-spotted grouper, *Epinephelus chlorostigma* (Pisces; Serranidae) from the Red Sea". **Life Science Journal** 10(2), 2149-2164.

[12] Nazalić, M., Paladin, A., and Bočina, I. (2014). "Histology of the digestive system of the black scorpionfish *Scorpena porcus* L". **Acta Adriat**. 55, 65-74.

[13] Bočina, I., Šantić, Ž., Restović, I., and Topić, S. (2017). "Histology of the digestive system of the garfish *Belone belone* (Teleostei: Belonidae)". **Eur. Zool. J.** 84, 89-95.

[14] Aruho, C., Richard, D., Winnie, N., Constantine, C.O., Fredrick, B., and Justus, R. (2018). "Optimizing selection of sexually mature *Barbus altianalis* for induced spawning: determination of size at sexual maturity of populations from Lake Edward and Upper Victoria Nile in Uganda". **Fisheries and Aquatic Sciences**, 21(34).

[15] Bebić, M., Kević, N., Restović, I., Šantić, M., and Bočina, I. (2020). "Histological and histochemical studies of digestive system in the megrim, *Lepidorhombus whiffiagonis* (Teleostei: Scophthalmidae)". **Iran. J. Ichthyol.** 7, 125- 135.

[16] Shtewi, H., and Abusrer, S. (2020). "Morphology and histology of the liver of *Oblada melanura* (Linnaeus, 1758) (Teleostei: Sparidae) in Tripoli coast, Western Libya". **Bull. Inst. Natn. Scien. Tech. Mer de Salammbô** 47, 2-9.

[17] Rainboth, W.J. (1996). **"Fishes of the Cambodian Mekong. Food and Agriculture Organization of the United Nations".** Rome.

[18] Bancroft, J.D., and Gamble, M. (2008). **"Theory and practice of histological techniques**." Churchill Livingstone, Edinburgh, Scotland.

[19] Abdrabou, M.I., and Ayman, T. (2019). "Morphological, Histochemical and Ultrastructural studies on the Gallbladder of Tilapia Nilotica (*Oreochromis Niloticus*)". **Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences** 10(5), 236.

[20] Faccioli, C.H., Renata, A.C., Maria, T.S.B., Carlos, A.V., and Irene, B.F.V. (2014). "Morphology and Histochemistry of the Liver of Carnivorous Fish *Hemisorubim platyrhynchos*". **Int. J. Morphol.** 32(2), 715-720.

[21] Abusrer, S.A., and Hanan, H.S. (2023). "Morphological and histological structure of hepatopancreas in rock goby *Gobius paganellus* on the western coast of Libya". **Open Veterinary Journal** 13(10), 1251–1258.

P 3

จุลกายวิภาคและเนื้อเยื่อเคมีของเหงือกปลาสลาด *Notopterus notopterus* (Pallas, 1780)

อรรคพล วณิกสัมบัน[1] อัคนี ผิวหอม[2]* และสาคร คงสุด[3]

บทคัดย่อ

ปลาสลาดเป็นปลาน้ำจืดที่พบทุกภาคของประเทศไทยและมีความสำคัญในด้านการบริโภคและเลี้ยงเป็นปลาสวยงาม ปัจจุบัน มีการศึกษาเกี่ยวกับชีววิทยาด้านต่าง ๆ ของปลาชนิดนี้ อย่างไรก็ตาม การศึกษาทางด้านจุลกายวิภาคของร่างกายปลายังขาดข้อมูลอยู่ ดังนั้น งานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาจุลกายวิภาคและเนื้อเยื่อเคมีของปลาสลาด โดยเก็บตัวอย่างเหงือกจากปลาสลาดจำนวน 5 ตัว มาผ่านขั้นตอนทางเทคนิคพาราฟินพื้นฐานและย้อมสีเนื้อเยื่อ ผลการวิจัยพบว่า เหงือกของปลาสลาดประกอบด้วย gill arch, gill raker, gill filament และ gill lamellae โดยบริเวณ gill arch และ gill filament ประกอบด้วยกระดูกอ่อนไฮยาลิน pavement cell, chloride cell, mucous cell, rodlet cell และ lymphocyte ขณะที่ gill lamellae เป็นส่วนที่ยื่นออกมาจาก gill filament ประกอบด้วย chloride cell, mucous cell และ pillar cell ซึ่งล้อมรอบ lacuna โดยใน lacunae มีเม็ดเลือดแดง ดังนั้น บริเวณ gill lamellae เป็นบริเวณที่มีความบางจึงเหมาะสมกับการแลกเปลี่ยนแก๊สและของเสีย ขณะที่สารที่สร้างจาก mucous cell ย้อมติดสี PAS และสี AB pH 2.5 บ่งบอกว่าสารเหล่านั้นเป็น neutral และ carboxylated glycoproteins นอกจากนี้ การพบเซลล์ชนิดอื่น ๆ ยังบ่งบอกหน้าที่ ๆ หลากหลายของเหงือกอีกด้วย ประโยชน์ที่ได้จากงานวิจัยครั้งนี้ คือ สามารถประยุกต์ใช้ในงานด้านนิเวศวิทยา สรีรวิทยา พิษวิทยา bioindicator และพิษวิทยาต่อไปได้

คำสำคัญ: การแลกเปลี่ยนแก๊ส เนื้อเยื่อวิทยา ปลาสลาด มหกายวิภาค เหงือก

[1]ดร., สำนักนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร กรุงเทพฯ

Dr., Innovative Learning Center, Srinakharinwirot University Prasanmit Bangkok 10110

[2]ดร., สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

Dr., Department of Biological Science, Faculty of Science and Digital Innovation, Thaksin University, 93210

[3]นักวิทยาศาสตร์., สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

Scientist., Department of Biological Science, Faculty of Science and Digital Innovation, Thaksin University, 93210

*Corresponding Author: E-mail address: pewhomakkanee@gmail.com, Tel.: 088-2401721

Microanatomy and histochemistry of gill in Grey feather back *Notopterus notopterus* (Pallas, 1780)

Akapon Vaniksampanna[1], Akkanee Pewhom[2*] and Sakorn Khongsud[3]

Abstract

The Grey feather back is a freshwater fish found in all regions of Thailand and is important for consumption and ornamental fish. Currently, there are studies on various aspects of biology of this fish. However, the microanatomy of the fish body is still lacking. Therefore, this research aimed to study the microanatomy and histology of the Grey feather back by collecting gill samples from 5 fish, passing through basic paraffin techniques and staining. The results found that the gill consists of gill arch, gill raker, gill filament and gill lamellae. The gill arch and gill filament consist of hyaline cartilage, pavement cells, chloride cells, mucous cells, rodlet cells and lymphocytes. While the gill lamellae are the protrusions from the gill filament, consisting of chloride cells, mucous cells and pillar cells, which surround the lacuna. In the lacuna, there is red blood cells. Therefore, the gill lamellae are thin areas suitable for gas and waste exchange. While the mucous cell material stained with PAS and AB pH 2.5, indicating that they were neutral and carboxylated glycoproteins, the presence of other cell types also suggested diverse gill functions. The benefits of this work can be further applied in ecology, physiology, toxicology, bioindicator and toxicology.

Keywords: Gas exchange, histology, Grey feather back, gross-anatomy, gill

บทนำ

เหงือกเป็นอวัยวะที่สำคัญในปลา โดยมีหน้าที่ ได้แก่ แลกเปลี่ยนแก๊สและของเสียระหว่างเลือดกับสิ่งแวดล้อม รักษาสมดุลของน้ำและอิออน (osmoregulation) ผ่านการดูดกลับและหลั่งอิออน [1, 2] สำหรับหน้าที่หลักของเหงือกปลา คือ การแลกเปลี่ยนแก๊ส ซึ่งสอดคล้องกับการมีหลอดเลือดจำนวนมาก [3] นอกจากนี้ เหงือกยังเป็นอวัยวะที่ทำให้ปลาปรับตัวอยู่ในสภาพแวดล้อมนั้นได้ ซึ่งเหงือกจะมีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพน้ำที่ปลาอาศัย เช่น ความเค็ม สารพิษชนิดต่าง ๆ เป็นต้น [4] โดยเหงือกปลา ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้ gill arch, gill raker, gill filament และ gill lamellae [5, 6] ปลาส่วนใหญ่มี gill arch จำนวน 4 คู่ โดยบน gill arch มี gill raker ที่มีลักษณะทางกายวิภาคบ่งบอกถึงอาหารที่ปลากิน [7] นอกจากนี้ การจัดเรียงตัวของเซลล์ ความบางของเซลล์บุผิว รวมถึงสัณฐานวิทยาของเหงือกยังบ่งบอกถึงหน้าที่ของเหงือกอีกด้วย [8] ที่ผ่านมามีการศึกษาเกี่ยวกับจุลกายวิภาคของเหงือกในปลาหลายชนิด เช่น ปลา *Oreochromis niloticus* ปลา *Chrysichthys auratus* [9] ปลา *Clarias gariepinus* [10] ปลา *Odontesthes bonariensis* [11] ปลา *Tilapia Zilli* [12] ปลา *Cyprinus carpio* [13] ปลา *Siganus luridus* ปลา *Pagrus pagrus* ปลา *Dicentrarchus labrax* [14] และปลา *Boops boops* [15] เป็นต้น

ปลาสลาด (*Notopterus notopterus* Pallas, 1780) เป็นปลาน้ำจืดที่พบทั่วไปตามแหล่งน้ำของประเทศไทย มีลำตัวแบนข้าง ส่วนหลังยกสูงเล็กน้อย มีความลึกของลำตัวมาก มีเกล็ดแบบ cycloid ลำตัวมีสีขาวเงินปนเทา เหนือเส้นข้างลำตัวมีสีคล้ำกว่าส่วนท้อง [16] ปลาสลาดเป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจในระดับประมงพื้นบ้านในหลายพื้นที่ของไทย เนื่องจากมีเนื้อที่รสชาติดีและนิยมเลี้ยงเป็นปลาสวยงาม [17]

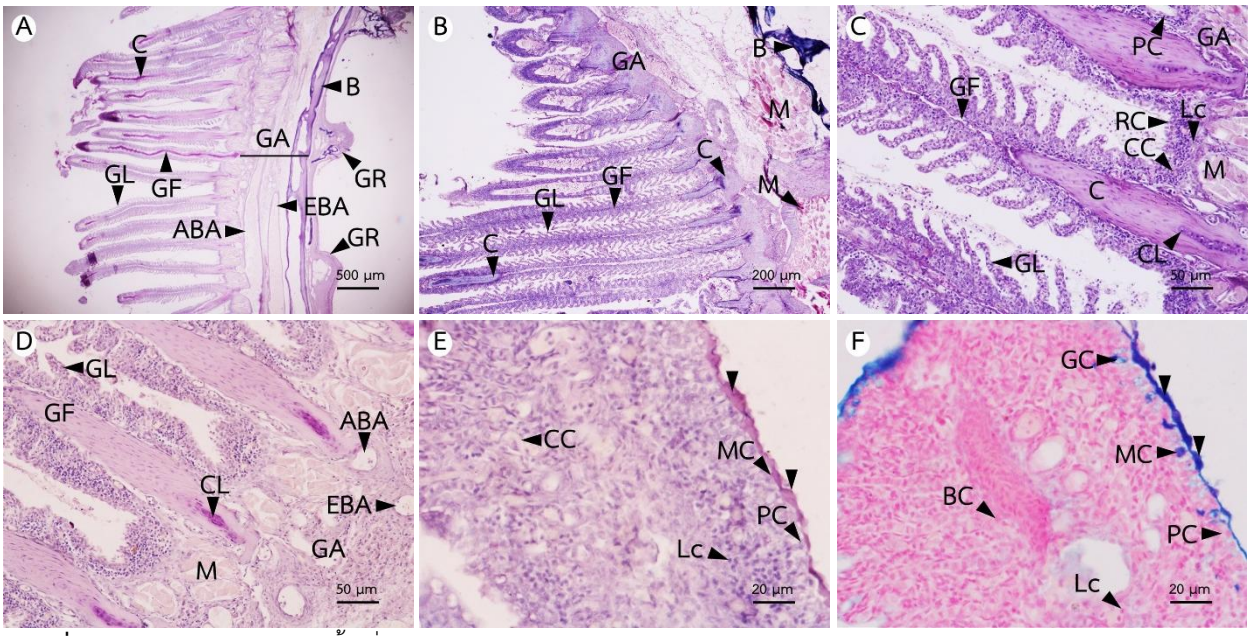
ปัจจุบัน มีงานวิจัยเกี่ยวกับชีววิทยาด้านต่าง ๆ ของปลาสลาด เช่น การตรวจหาปรสิตในปลาสลาดจากอ่างเก็บน้ำห้วยจระเข้มาก จังหวัดบุรีรัมย์ [18] หรือการศึกษาชนิดของปลาสลาดและปลากรายที่พบในไทย [19] เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การศึกษาทางด้านจุลกายวิภาคศาสตร์ของปลาชนิดนี้ยังขาดแคลนข้อมูล ดังนั้น งานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาจุลกายวิภาคและเนื้อเยื่อเคมีของปลาสลาด ผลการวิจัยครั้งนี้มีประโยชน์ คือ ทำให้ทราบโครงสร้างทางจุลกายวิภาคและเนื้อเยื่อเคมีเกี่ยวกับสารที่เหงือกสร้าง ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้ในงานวิจัยด้านอื่น ๆ เช่น สรีรวิทยาและการทำงานของเหงือก ความผิดปกติของ เซลล์และเนื้อเยื่อ รวมถึง การศึกษาผลของสารพิษต่าง ๆ ที่มีผลต่อเหงือกและร่างกายปลา เนื่องจากเหงือกเป็นอวัยวะที่มีความสำคัญตามที่กล่าวมาข้างต้นและสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดทางชีภาพ (bioindicator) ของสิ่งแวดล้อมที่ปลาอาศัยอยู่ได้

วิธีดำเนินการวิจัย

เก็บตัวอย่างปลาสลาด 5 ตัวจากพื้นที่ทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง นำมาทำสลบด้วย MS-222 หลังจากที่ปลาสลบแล้ว ทำการผ่าเปิดแผ่นปิดเหงือกและนำเหงือกออกจากตัวปลา หลังจากนั้นนำมาคงสภาพด้วยน้ำยาคงสภาพบูแองค์ (Bouin's solution) เมื่อครบกำหนดจึงนำเหงือกมาผ่านกระบวนการนำน้ำออกจากเนื้อเยื่อ (dehydration) การทำให้เนื้อเยื่อใส (clearing) การแทรกซึม (infiltration) แล้วนำไปฝังในพาราพลาสต์เพื่อทำเป็นบล็อกชิ้นเนื้อ นำบล็อกชิ้นเนื้อมาตัดด้วยเครื่องโรตารี ไมโครโตมให้ได้เนื้อเยื่อแผ่นบางที่มีความหนา 5 ไมโครเมตร ติดแผ่นเนื้อเยื่อบนสไลด์แก้วและนำไปย้อมสี 3 ชนิด ได้แก่ 1) H&E (hematoxylin and eosin) เพื่อดูโครงสร้างทั่วไปของเนื้อเยื่อ 2) PAS (periodic acid-Schiff) เพื่อดู neutral glycoproteins และ 3) AB pH 2.5 (alcian blue pH 2.5) เพื่อดู carboxylated acid glycoproteins [20] ดูผลและถ่ายภาพใต้กล้องจุลทรรศน์เลนส์ประกอบ งานวิจัยครั้งนี้ได้รับการอนุญาตการวิจัยในสัตว์จากคณะกรรมการจริยธรรมการกำกับดูแลการเลี้ยงและการใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ เลขที่ COA No. TSU 2024-009 IACUC No. 0009

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

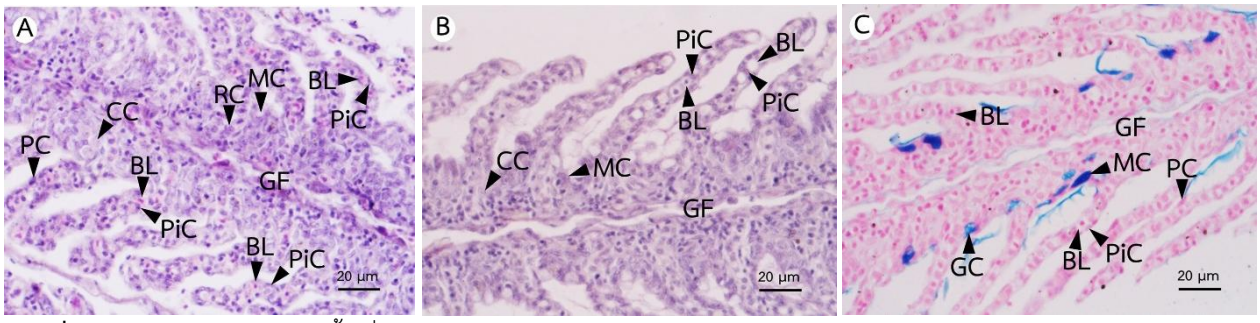
เหงือกของปลาสลาดมี 2 ข้าง เชื่อมกันด้วย interbranchial septum โดยเหงือกแต่ละข้างประกอบด้วย gill arch 4 คู่ เหมือนกับปลาชนิดอื่น เช่น ปลา *O. niloticus* และ *C. auratus* [9] เป็นต้น แต่แตกต่างจากปลาบางชนิด เช่น ปลาปักเป้าบางชนิดที่มี 3 คู่ [21] เหงือกของปลาสลาดประกอบด้วย gill arch, gill raker, gill filament (primary lamellae), gill lamellae (secondary lamellae) gill arch (ภาพที่ 1A-B) แต่ละอันมี gill raker เรียงเป็นแถวเหมือนกับปลาชนิดอื่น ๆ เช่น ปลา *Mugil cephalus*, *B. boops*, *P. pagrus* และปลา *Sparus aurata* ขณะที่ต่างจากปลาดุกที่มีอวัยวะช่วยในการแลกเปลี่ยนแก๊สเรียกว่า dendritic organ ติดกับ gill arch [21] จุลกายวิภาคและเนื้อเยื่อเคมีของ gill raker ของปลาสลาดประกอบด้วย กระดูกอ่อนไฮยาลิน ซึ่งมีเซลล์คอนโดรไซต์ (chondrocyte) อยู่ภายในลาคูนาร์ (lacuna) (ภาพที่ 1A-D) ซึ่ง gill raker มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการคัดเลือกอาหารที่ปลาสลาดกิน โดย [22] กล่าวว่า gill raker มีหน้าที่ 2 หน้าที่ คือ เปลี่ยนทิศทางการไหลของน้ำและกรอง/คัดเลือกอาหาร บน gill arch ของปลาสลาดมีส่วนที่ยื่นออกมาเรียกว่า gill filament ซึ่งมี 2 แถว gill filament แต่ละแถวเรียกว่า hemibranch และ hemibranch 2 แถวเรียกว่า holobranch จากการสังเกตทางจุลกายวิภาค พบว่า gill filament บริเวณตรงกลางของแต่ละ gill arch มีความยาวมากกว่าบริเวณส่วนต้นและส่วนท้าย (ภาพที่ 1A-B)



ภาพที่ 1 แสดงจุลกายวิภาคและเนื้อเยื่อเคมีของเหงือกบริเวณ gill arch และเซลล์บริเวณ gill arch; ABA: afferent branchial artery, B: bone, BC: basal cell, C: cartilage, CC: chloride cell, CL: cartilage in lacuna, EBA: efferent branchial artery, GA: gill arch, GF: gill filament, GL: gill lamellae, GR: gill raker, Lc: lymphocyte, M: muscle, MC: mucous cell, PC: pavement cell, RC: rodlet cell; หัวลูกศรในรูป D แสดงสารที่สร้างจากเซลล์สร้างเมือกย้อมติดสี PAS; หัวลูกศรในรูป F แสดงสารที่สร้างจากเซลล์สร้างเมือกย้อมติดสี AB pH 2.5 (A-B: H&E) (C-E: PAS) (F: AB pH 2.5)

สำหรับผิวด้านนอกของ gill arch ของปลาสลาดมี pavement cell ซึ่งมีรูปร่างลูกบาศก์ปกคลุมอยู่หลายชั้น (stratified epithelium) (ภาพที่ 1E-F) คล้ายกับปลาชนิดอื่น เช่น ปลา *B. bayad* [2] และปลา *T. zilli* [12] ด้านบนของ pavement cell มีไมโครวิลไล (microvilli) โดย [23] กล่าวว่า เซลล์ชนิดนี้เกี่ยวข้องกับการดูดกลับอิอออนโซเดียมหรือขนส่งอิอออนชนิดอื่น ๆ

นอกจากนี้ ยังพบ chloride cells, goblet cell และ basal cells ด้วย (ภาพที่ 1E-F) ซึ่ง chloride cells เป็นเซลล์ที่มีขนาดใหญ่ รูปร่างหลายเหลี่ยมหรือทรงกลม ในไซโทพลาซึมมีแกรนูลคล้ายกับปลา *D. labrax* [14] ซึ่ง [21] กล่าวว่า แกรนูลเหล่านั้นคือ ไมโทคอนเดรีย โดยสอดคล้องกับหน้าที่ของเซลล์ชนิดนี้ที่มีหน้าที่เกี่ยวกับสมดุลอิออน โดยในปลาที่อาศัยในน้ำจืดเป็นเซลล์ที่ดูดซึมคลอไรด์จากน้ำเข้าร่างกาย ขณะที่ปลาที่อาศัยในน้ำเค็ม เซลล์ชนิดนี้ช่วยในการขับเกลือ ซึ่ง chloride cells ทำให้ปลาสามารถปรับตัวในการอยู่ในน้ำจืดหรือในน้ำเค็มได้ [24] โดยงานวิจัยอื่น ๆ ได้กล่าวว่า chloride cells สามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ตำแหน่งและจำนวนเพื่อตอบสนองต่อความเค็มได้ [25] ซึ่งปลาสลาดเป็นปลาที่อาศัยในน้ำจืด ดังนั้น จึงพบ chloride cell จำนวนน้อย ขณะที่ basal cell เป็นเซลล์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงเป็นเซลล์ชนิดอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม ใน gill filament บางบริเวณของปลาสลาดยังพบ rodlet cell อีกด้วย นอกจากนี้ ใน gill arch มีหลอดเลือด afferent branchial arteries ซึ่งนำเลือดที่มีคาร์บอนไดออกไซด์สูงเข้าไปใน gill filament โดยมีการแตกแขนงเป็น filament arteriole และ lamellar arteriole หลังจากที่แลกเปลี่ยนแก๊สแล้ว เลือดที่มีออกซิเจนสูงออกจาก gill lamellae ผ่านทาง efferent arteriole และ efferent branchial arteries (ภาพที่ 1A, D) ลักษณะดังกล่าวคล้ายกับปลา *Astronotus ocellatus* และปลา *Carassius auratus auratus* [26]



ภาพที่ 2 แสดงจุลกายวิภาคและเนื้อเยื่อเคมีของเหงือกบริเวณ gill filament; BL: blood lacuna, CC: chloride cell, GF: gill filament, MC: mucous cell, PC: pavement cell, PiC: pillar cell, RC: rodlet cell (A: H&E) (B: PAS) (C: AB pH 2.5)

gill filament แต่ละอันมีส่วนยื่นออกตั้งฉากกับ gill filament เรียกว่า gill lamellae โดย gill lamellae มี 2 ข้าง แกนกลางของ gill filament ค้ำจุนด้วยกระดูกอ่อนไฮยาลิน (ภาพที่ 1A, C, D) ซึ่งย้อมติดสีฟ้าของสี AB pH 2.5 บริเวณที่ gill lamellae แยกออกมาจาก gill filament มี mucous cell รูปร่างกลม ไซโทพลาซึมย้อมติดสีแดงของสี PAS (ภาพที่ 2B) และย้อมติดสีฟ้าของสี AB pH 2.5 (ภาพที่ 2C) คล้ายกับปลา *Odontesthes bonariensis* [27] โดยเมือกที่สร้างนี้เป็น neutral และ carboxylated glycoconjugates เหมือนกับปลา *Pseudophoxinus antalyae* โดยสารที่สร้างอาจมีหน้าที่ในการป้องกันการหลุดลอก หล่อลื่น รวมถึงป้องกันการติดเชื้อจากแบคทีเรีย [28] อย่างไรก็ตาม งานวิจัยอื่น ๆ กล่าวว่า การสร้างสารของเซลล์ชนิดนี้เปลี่ยนแปลงได้โดยขึ้นกับความเค็ม [29] ค่า pH [30] ความเข้มข้นของแอมโมเนียหรือโลหะหนัก [31] ขณะที่บางบริเวณพบ pavement cell รวมถึงพบ basal cells ที่ติดอยู่กับ basement membrane และพบ mucous cells และ chloride cell ด้วยเช่นกัน (ภาพที่ 2A-C) ขณะที่บางบริเวณพบ rodlet cell ซึ่งภายในเซลล์มีแกรนูล โดย [32] กล่าวว่า เซลล์ชนิดนี้มีหน้าที่เกี่ยวกับการรักษาสมดุลของน้ำและเกลือ

สำหรับ gill lamellae ของปลาสลาดมีขนาดเล็ก ซึ่งเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวในการแลกเปลี่ยนแก๊สและสอดคล้องกับจุลกายวิภาคและเนื้อเยื่อเคมีของ gill lamellae ที่พบว่ามีเพียงเซลล์บุผิวและ basement membrane ซึ่งลักษณะเช่นนี้ทำให้ gill lamellae มีความเหมาะสมแก่การแลกเปลี่ยนแก๊ส โดยเซลล์ที่พบ คือ pillar cells (ภาพที่ 2A-C) ซึ่ง [21] กล่าวว่า เซลล์ชนิดนี้เป็นเซลล์เอนโดทีเลียม (endothelium cell) ที่เปลี่ยนแปลงไป นอกจากนี้ ยังพบ pavement cell, lymphocyte, chloride

cell, rodlet cell, และ mucous cell อีกด้วย (ภาพที่ 2A-C) ซึ่งคล้ายกับที่มีการรายงานในปลาชนิดอื่น ๆ [33] ระหว่าง pillar cell มีช่องว่าง เรียกว่า blood lacunae ซึ่งเป็นช่องที่ afferent และ efferent arteriole เชื่อมกัน โดยหน้าที่ของ pillar cell คือ หด-คลายเพื่อควบคุมการไหลของเลือด โดยเลือดที่ไหลใน afferent และ efferent arteriole มีการไหลสวนทางกับน้ำ ทำให้เกิด counter-current และการแลกเปลี่ยนแก๊สและของเสียระหว่างน้ำกับเลือด

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ศึกษาโครงสร้างทางเนื้อเยื่อวิทยาและเนื้อเยื่อเคมีของปลาสลาด ซึ่งเหงือกของปลาสลาดมี gill arch 4 คู่ บน gill arch มี gill raker และ gill filament ซึ่งแต่ละ gill filament มี gill lamellae จำนวน 2 ข้าง สำหรับ gill arch มีโครงสร้างเป็นกระดูกและกระดูกอ่อน ขณะที่ gill filament มีแกนกลางเป็นกระดูกอ่อน บน gill filament มีเซลล์ที่พบ ได้แก่ pavement cell, chloride cell, mucous cell, rodlet cell และ lymphocyte ขณะที่ gill lamellae ประกอบด้วย chloride cell, mucous cell และ pillar cell ซึ่ง mucous cell ย้อมติดสี PAS และ AB pH 2.5 บ่งบอกถึงสารที่สร้างเป็น neutral และ carboxylated glycoprotein สำหรับ pillar cell เป็นเซลล์ที่อยู่ใกล้กับเลือดที่อยู่ใน lacunae มีความบางจึงเหมาะสมแก่การแลกเปลี่ยนแก๊สและของเสีย ในการศึกษาครั้งนี้พบ chloride cell จำนวนน้อย ซึ่งสอดคล้องกับปลาสลาดที่อาศัยในน้ำจืด งานวิจัยครั้งนี้ เป็นงานพื้นฐานที่สามารถนำไปประยุกต์ในงานวิจัยด้านอื่น ๆ ได้ เช่น นิเวศวิทยา กายวิภาค สรีรวิทยาและใช้เป็น bioindicator ได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยครั้งนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนการวิจัยจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (กองทุนส่งเสริม ววน.) โดยมหาวิทยาลัยทักษิณ ประเภทงานมูลฐาน (Fundamental Fund) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 (Research project grant no. FF-2567A10512030)

อ้างอิง

[1] Alsafy, M.A. (2013). “Gill morphology in two Mediterranean Sea Fishes of similar feeding preferences: sea bream (*Sparus aurata* L) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*)” **Vet Res Commun.** 37(2), 163–70.

[2] Bassuoni, N.F. (2021). “Gill morphology of *Bagrus bayad* (Forskal, 1775) using scanning electron microscopy” **Micros Res Tech.** 84(12), 3059–65.

[3] Pathan, P.B., Thete, S.E., Sonawane, D.L., and Killare, Y.K. (2010). “Histological changes in the gill of freshwater fish, *Rasbora daniconius*, exposed to paper mill effluent. **https://doi. org/10.9755/ejfa.v21i2.5166**

[4] Uchida, K., Kaneko, T., Yamauchi, K., and Hirano, Y. (1996). “Morphometrical analysis of chloride cell activity in the gill filament and lamellae and changes in Na^+, K^+-ATPase activity during seawater adaptation in chum salmon fry” **J. Exp Zool.** 276, 193–200.

[5] Mistri, A., Verma. N., Kumari, U., Mittal, S., and Mittal, A.K. (2016). “Surface ultrastructure of gills in relation to the feeding ecology of an angler catfish *Chaca chaca* (Siluri formes, Chacidae)” **Microsc Res Tech.** 79(10), 973–81.

[6] Elgendy, S.A., Alsafy, M.A., and Tanekhy, M. (2016). “Morphological characterization of the oral cavity of the gilthead seabream (*Sparus aurata*) with emphasis on the teeth age adaptation” **Microsc Res Tech.** 79(3), 227–36.

[7] Alsafy, M.A., Seif, M.A., El-Mansi, A.A., El-Beskawy, M., El Dakroury, M., Eldesoqui, M.B., Ez Elarab, S.M., and El-Gendy, S.A. (2024). “Macro-and micro-morphological comparison of the detailed structure of the oral cavity roof in two di!erent feeding habits marine fishes: *pagrus pagrus* and *Boops boops*” **J Exp Zool A Ecol Integr Physiol.** 341(7), 783–97.

[8] Neurasteh, N., Setorki, M., Tehranifard, A., and Moshfegh, A. (2017). "Effects of salinity and plasma prolactin on chloride cells in the gill of *Chalcalburnus chalcoides*" **J. Aqua. Anim. Health**. 3, 11-21.

[9] Elsheikh, E. (2013). "Scanning electron microscopic studies of gill arches and rakers in relation to feeding habits of some fresh water fishes" **J Basic Appl Zool.** 66(3), 121–30.

[10] Zayed, A.E., and Mohamed, S.A. (2004). "Morphological study on the gills of two species of fresh water fishes: *Oreochromis niloticus* and *Clarias gariepinus*" **Ann Anat.** 186(4), 295–304.

[11] Vigliano, F.A., Aleman, N., Quiroga, M.I., and Nieto, J.M. (2006). "Ultrastructural characterization of gills in the juveniles of the Argentinian Silverside, *Odontesthes bonariensis* (Valenciennes, 1835) (Teleostei: Atheriniformes)" **Anat.Histol.Embryol.** 35, 76–83.

[12] Abumandour, M.M. (2019). "Ultrastructure features of the surface of the gills and the lower pharyngeal jaw of the *Tilapia Zilli*, redbelly tilapia (*Coptodon Zillii*, Gervais, 1848)" **Anat Histol Embryol.** 48(1), 12–21.

[13] Demirci, B., and Kesbiç, O.S. (2024). "Gill arch and raker morphology of common carp (*Cyprinus carpio*, Linnaeus, 1758) sampled in aquaculture system" **Anat Histol Embryol.** 53(1), e12964.

[14] Abdel-Samei, S.E., Shoman, H.M., and Azab, A.M. (2021). "A comparative study on gill histology and ultrastructure of the sea bass (*Dicentrarchus labrax*) inhabiting brackish, marine and hyper-saline waters" **Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries** 25(6), 111 – 128.

[15] Alsafy, M.A., Seif, M.A., El-Gendy, S.A., El-Beskawy, M., and Dakroury, M.E. (2023). "Micro-morphological characteristics of the oropharyngeal cavity floor of bogue (*Boops boops*) (Linnaeus, 1758) fish: gross morphology, light, and scanning electron microscopic imaging" **Zoomorphology** 142(1), 99–109.

[16] สมศักดิ์ เจนศิริศักดิ์. (2516). **"การศึกษาชีววิทยาบางประการของปลาสลาด"** ใน รายงานประจำปี หน่วยงานพัฒนาประมงในอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ กองบำรุงพันธุ์สัตว์น้ำ กรมประมง.

[17] พงศ์เทพ จันทรชิต และแสงอรุณ เนื่องสิทธิ์. (2551). **"ชีววิทยาบางประการของปลาสลาดในบึงละหาน จังหวัดชัยภูมิ"** สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด กรมประมง, กรุงเทพฯ.

[18] ศุภมาศ เทียนหอม. (2540). **"ปรสิตในปลากะมัง *Puntioplites proctozysron* (Bleeker) ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์ จังหวัดกาญจนบุรี"** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

[19] สืบสิน สนธิรัตน, สุภาพ มงคลประสิทธิ์และประจิตร วงศ์รัตน์. (2514). **"การศึกษาชนิดของปลาสลาดและปลากรายที่พบในไทย"** ในรายงานการประชุมทางวิชาการเกษตรศาสตร์และชีววิทยา ครั้งที่ 10 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 66-75. วันที่ 3-5 กุมภาพันธ์ 2514.

[20] Bancroft, J.D., and Gamble, M. (1996). **"Theory and practice of histologial techniques"** Churchill Livingstone, Edinburgh.

[21] Alsafy, M.A.M., Abd-Elhafeez, H.H., Rashwan, A.M., Erasha, A., Ali, S., and El-Gendy, S.A.A. (2025). "Anatomy, histology, and morphology of fish gills in relation to feeding habits: a comparative review of marine and freshwater species" **BMC Zoology** 10(3), https://doi.org/10.1186/s40850-025-00223-5.

[22] Almeida, G., Behr, R., and Baldisserotto, B. (2013). "Gill rakers in six teleost species: influence of feeding habit and body

size" **Cirncia Rural.** 43(12), 8–14.

[23] Perry, S.F. "The chloride cell: structure and function in the gills of freshwater fishes" **Ann Rev Physiol.** 59(1), 325–47.

[24] Pritchard, J.B. (2003). "The gill and homeostasis: transport under stress" **Am. J. Physiol Regul, Integrative and Comparative Physiology** 285, 1269–1271.

[25] Katoh, F. and Kaneko, T. (2003). "Short-term transformation and long-term replacement of branchial chloride cells in killifish transferred from seawater to freshwater, revealed by morpho functional observations and a newly established "time differential double fluorescent staining technique" **The J. Exp. Biol.** 206, 4113–4123.

[26] Alsudani, H.M., Abduljabbar, S.K., and Alhasson, F.A. (2024). "Histological Characterization of Normal Gill Tissue of Oscar Fish and Gold fish" **Journal of Animal Health and Production** 12(1).

[27] Vigliano, F., Aleman, N., Quiroga, M., and Nieto, J. (2006). "Ultrastructural characterization of gills in juveniles of the Argentinian silverside, *Odontesthes bonariensis* (Valenciennes, 1835) (Teleostei: atheriniformes)" **Anat Histol Embryol.** 35(2), 76–83.

[28] Cinar, K., Aksoy, A., Emre, Y., and Ati, R.N. (2009). "The histology and histochemical aspects of gills of the flower fish, *Pseudophoxinus antalyae*" **Vet Res Commun.** 33, 453–460.

[29] Avella, M., Berhaut, J., and Bornancin, M. (1993). "Salinity tolerance of two tropical fishes *Oreochromis aureus* and *O. niloticus* I. Biochemical and morphological changes in the gill epithelium" **J.Fish Biol.** 42, 243–254.

[30] Wilkie, M.P., and Wood, C.M. (1994). "The effects of extremely alkaline water (pH 9.5) on rainbow trout gill function and morphology" **J. Fish Biol.** 45, 87–98.

[31] Jezierska, B., and Witeska, M. (2004). "The effect of metals on fish gill functions-Gas and ion change" **Fresenius Environmental Bulletin** 13, 1370–1378.

[32] Abd-Elhafeez, H., and Soliman, S. (2016). "Origin of rodlet cells and mapping their distribution in ruby-red-fin shark (rainbow shark) *Epalzeorhynchos frenatum* (Teleostei: cyprinidae): light, immunohistochemistry and ultrastructure study" **J Cytol Histol.** 7.

[33] Hanafy, B.G. (2020). "Morphological studies on the gills of the European hake (*Merluccius merluccius*, Linnaeus, 1758)" **Microsc Res Tech.** 83(5), 531–40.

P 4

สารสกัดแอนโทไซยานินและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ผลิตได้จากวัสดุเศษเหลือในข้าวทับทิมชุมแพ เพื่อเป็นแหล่งสารสีธรรมชาติ

อุไรวรรณ วัฒนกุล[1*] วัฒนา วัฒนกุล[1] ดลฤดี พิชัยรัตน์[1] และนพรัตน์ มะเห[1]

บทคัดย่อ

ข้าวพื้นเมืองที่มีสีม่วงแดง จัดเป็นข้าวกลุ่มที่มีรงควัตถุสารสีแอนโทไซยานิน มีความเหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้เป็นแหล่งสารสีธรรมชาติที่ปลอดภัย งานวิจัยนี้ได้ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดแอนโทไซยานินจากรำข้าว แกลบ และซังข้าวทับทิมชุมแพ เพื่อให้ได้ปริมาณสารแอนโทไซยานินในรูปแบบไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ และมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด ซึ่งจะช่วยเพิ่มมูลค่าวัสดุเศษเหลือจากการปลูกข้าว จากผลการวิจัยพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดให้ได้ปริมาณร้อยละผลผลิตและการละลายกลับเหมาะสมที่สุด ได้แก่ ซังข้าวที่สกัดในน้ำร้อนใช้ระยะเวลาการแช่ 2-3 ชั่วโมง ขณะที่การสกัดรำข้าวด้วยกรดในเอทานอล ระยะเวลาแช่ 6 ชั่วโมง กลับให้ปริมาณของแอนโทไซยานินรวมมากที่สุดเท่ากับ 58.97 มก.ไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ต่อกรัม รองลงมาคือซังข้าวที่ระยะเวลาการสกัด 3 ชั่วโมง เท่ากับ 40.10 มก.ไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ต่อกรัม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อพิจารณาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH และ ABTS พบว่า แกลบข้าวที่สกัดด้วยกรดในเอทานอลที่ระยะเวลา 2-4 ชั่วโมง ให้ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.108 และ 0.004 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ รองลงมาได้แก่ ซังข้าวที่สกัดด้วยน้ำร้อน ดังนั้น ผลการวิจัยครั้งนี้ กล่าวได้ว่าสามารถใช้รำข้าวและซังข้าวเป็นแหล่งผลิตสารสีแอนโทไซยานิน และแกลบข้าวสกัดเป็นแหล่งของสารออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สารสีธรรมชาติต่อไปได้

คำสำคัญ : แอนโทไซยานิน ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ข้าวทับทิมชุมแพ สารสีธรรมชาติ

[1] ผศ., สาขาวิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์ประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง 92150

[1] Assist., Department of Food Industry and Fisheries Products, Faculty of Science and Fisheries Technology, RUT.S, Trang,

* Corresponding author: Tel.: 098-0140176. E-mail address: uraiwan16@gmail.com

Anthocyanin Extract and Antioxidant Activity Derived from By-products of *Thapthim Chumphae* Rice as a Source of Natural Colorants

Uraiwan Wattanakul[1*], Wattana Wattanakul [1], Donrudee Pitchairat[1] and Nopparat Mahae[1]

Abstract

Purple-red pigmented native rice contained high levels of anthocyanins, making them promising sources of safe natural colorants. This research investigated the optimal extraction conditions for obtaining high yields of anthocyanins, particularly cyanidin-3-glucoside, with highly antioxidant activity from by-products of *Thapthim Chumphae* rice, including bran, husk, and rice stubble. The results revealed that hot water extraction of rice stubble for 2–3 hours provided the most suitable yield and solubility. In contrast, the highest total anthocyanin content (58.97 mg of cyanidin-3-glucoside per gram) was achieved by extracting rice bran with acid in ethanol for 6 hours. This was significantly different ($P<0.05$) higher than that from rice stubble extraction for 3 hours (40.10 mg/g). Antioxidant activities, measured by DPPH and ABTS assays, showed that rice husk extracted with acidified ethanol for 2–4 hours exhibited the highest activity, with IC_{50} values of 0.108 and 0.004 mg/mL, respectively, followed by hot water extraction of rice stubble. These results indicate that rice bran and rice stubble can be utilized as potential sources of anthocyanin-rich natural colorants, while rice husk serves as a natural antioxidant source for functional food and natural product development.

Keywords : Anthocyanins, Antioxidant activity, *Thapthim Chumphae* rice, Natural colorants

บทนำ

ข้าว กข69 หรือ ทับทิมชุมแพ (RD69) เป็นข้าวเจ้าสายพันธุ์ SRN06008-18-1-5-7-CPA-20 เกิดจากการผสมพันธุ์ระหว่างข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 กลายพันธุ์จากรังสี ทรงต้นเตี้ย ที่มีลักษณะต้านทานต่อโรคไหม้ ไม่ไวต่อช่วงแสงเป็นพันธุ์แม่ กับข้าวเจ้าพันธุ์สังข์หยดซึ่งเป็นข้าวเจ้าที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดง ไวต่อช่วงแสง ต้นสูง เป็นพันธุ์พ่อ ทำให้ข้าว กข69 เป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง กอตั้งตรง ลำต้นค่อนข้างแข็ง ข้าวกล้องสีแดง เมล็ดยาว คุณภาพการสีดี ข้าวกล้องหุงสุกมีสีแดงใส คล้ายสีของทับทิม (Ruby) มีปริมาณอะไมโลสต่ำ จุดเด่นของข้าวทับทิมชุมแพ คือรสชาติ และคุณค่าทางโภชนาการ โดยเมล็ดข้าวมีเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดง อุดมด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ โดยปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระฟีนอลิกทั้งหมด 7,804 mgGAE/100g และฟลาโวนอยด์ทั้งหมด 5,233 mgCE/100g. มีสาร α-Tocopherol และ Y-Oryzanols สูง ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ มีค่า IC_{50} เท่ากับ 2.68 mg/ml. และมีปริมาณแอนโทไซยานิน 0.58 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม การนำสารสีแอนโทไซยานินไปประยุกต์ใช้ได้รับความสนใจมากขึ้น เนื่องจากแอนโทไซยานินเป็นรงควัตถุธรรมชาติ กลุ่มฟลาโวนอยด์ที่มีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดี เหมาะในการนำไปใช้กับสิ่งมีชีวิต อีกทั้งยังจัดเป็นยาพื้นบ้านและไม่มีรายงานความเป็นพิษ [1] ในข้าวกลุ่มมีสีแต่ละชนิด จะพบว่าลำต้นและเปลือกข้าวบางชนิดมีสีสันคล้ายไปในทำนองเดียวกับเมล็ดข้าว การขัดสีข้าว จะให้วัสดุเศษเหลือเป็น แกลบ และรำข้าว การนำเศษเหลือเหล่านี้มาสกัดสารสี อาจเป็นวิธีการเพิ่มมูลค่าของเสษเหลือจากการเก็บเกี่ยวข้าวได้ โดย Hou และคณะ [2] ทำการสกัดแอนโทไซยานินจากข้าวดำในส่วนต่างๆ คือ ข้าวทั้งเมล็ด คัพภะ และรำข้าว พบว่าส่วนของรำข้าวมีปริมาณแอนโทไซยานินสูงสุด คือ 7.07 มิลลิกรัมต่อข้าว 1 กรัม อีกทั้งอุไรวรรณ และคณะ [3] ศึกษาปริมาณแอนโทไซยานินในข้าวพื้นเมือง 9 สายพันธุ์ในจังหวัดภาคใต้ พบกลุ่มข้าวสีดำมีปริมาณแอนโทไซยานินสูง อยู่ในช่วง 1,206.77-1,580.54 มก./100 ก.ตัวอย่างแห้ง รองลงมาเป็นกลุ่มข้าวสีแดง มีค่าอยู่ระหว่าง 188.16-133.89 มก./100 ก.ตัวอย่างแห้ง ทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติ

ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงสนใจที่จะใช้วัสดุเศษเหลือจากข้าวทับทิมชุมแพ ได้แก่ รำข้าว แกบล และซังข้าว สกัดสารสีแอนโทไซยานินโดยวิธีการและระยะเวลาต่างกัน เพื่อเปรียบเทียบปริมาณร้อยละผลผลิต การละลาย ปริมาณแอนโทไซยานินรวมในรูปแบบไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ และทดสอบฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH และ ABTS เพื่อหาศักยภาพในการพัฒนามาใช้เป็นแหล่งสารสีธรรมชาติสำหรับการใช้งานทั้งในอาหารและสารเติมแต่งผลิตภัณฑ์ในโอกาสต่อไป อันจะเป็นการเพิ่มมูลค่าและใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือจากการปลูกข้าว

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมสารสกัดและการผลิตแอนโทไซยานิน

เก็บตัวอย่างวัสดุเศษเหลือของข้าวทับทิมชุมแพ ในพื้นที่ปลูกใน ต.ท่าสะบ้า อ.วังวิเศษ จ.ตรัง ปีผลิต 2565-66 เพื่อใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบในการสกัดสารแอนโทไซยานิน ได้แก่ รำข้าว เปลือกข้าว (แกลบ) และซังข้าว (ฟาง) ใช้วิธีการสกัด 2 แบบ ได้แก่ การสกัดในน้ำร้อน (ซังข้าว) และสกัดด้วยเอทานอลร่วมกับกรดไฮโดรคลอริกร้อยละ 0.1 (แกลบ กับ รำข้าว) เพื่อให้ได้สารสกัดหยาบปริมาณมากที่สุด และตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

1.1. การเตรียมผงสีแอนโทไซยานินจากแกลบ รำข้าว และซังข้าว

ชั่งน้ำหนักแกลบ และรำข้าว 100 กรัม แยกใส่ในขวดสีชา และสกัดด้วย 0.1% HCl in Ethanol ปริมาตร 1 ลิตร ปิดฝาให้สนิท บ่มในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 60°C ใช้เวลาสกัดต่างกัน 3 ระดับ (2, 4 และ 6 ชั่วโมง) จากนั้นนำสารสกัดที่ได้กรองผ่านกระดาษกรอง สกัดซ้ำ 2 ครั้ง นำไประเหยแห้งด้วยเครื่องกลั่นระเหยสุญญากาศ จนได้ผงสีแอนโทไซยานิน ส่วนของซังข้าวให้สกัดโดยใช้อัตราส่วน ซัง : น้ำ เท่ากับ 1: 10 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ใส่อ่างควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่าที่ความเร็ว 120 รอบ/นาที อุณหภูมิ 87.5±1°C ใช้เวลาสกัด 3 ระดับ (1, 2 และ 3 ชั่วโมง) ครบเวลา นำมากรองสารสกัดออกจากซัง โดยใช้เครื่องบีบอัด ระเหยน้ำออกจากสารสกัดในระบบปิดภายใต้สภาวะสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 40°C จนมีปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 5 นำไประเหยแห้ง ใช้เวลา 24-48 ชั่วโมง จนได้ผงสีจากซังข้าว

1.2 การตรวจวัดคุณภาพทางกายภาพ และศักยภาพของสารสกัดหยาบสารสี

นำผงสีจากทั้ง 3 ส่วนสกัด มาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ปริมาณผลผลิต และปริมาณการละลาย และการออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดด้วยวิธีพีเอช-ดิฟเฟอเรนเชียล และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และ ABTS เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดอนุมูลอิสระกับสารมาตรฐานวิตามินซี

2. การทดสอบสมบัติทางกายภาพ และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของผงสีสกัดจากรำ แกลบและซังข้าว

2.1 ปริมาณการละลาย ดัดแปลงจากวิธีของ Sangeeta, *et al.,* 2015) โดยใช้ตัวอย่าง 0.5 กรัม ในน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร คนสารด้วยความเร็ว 100 rpm เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ปั่นเหวี่ยงที่ 3,000 rpm นาน 10 นาที เทส่วนของเหลวลงถ้วยอลูมิเนียมที่ผ่านการอบจนได้น้ำหนักคงที่ นำตัวอย่างเข้าตู้อบ 105°C นาน 4 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักถ้วยอลูมิเนียมหลังอบ นำมาคำนวณในสมการหาค่าการละลาย ดังนี้

การละลาย (%) = (น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ) (กรัม) / น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)) × 100

2.2 ปริมาณผลผลิต วิเคราะห์โดยระเหยแห้งด้วยเครื่องกลั่นระเหยสุญญากาศที่ความดัน 50 มิลลิบาร์ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง จนได้สารละลายข้นหนืด นำมาชั่งน้ำหนักและคำนวณ ตามสูตร

ปริมาณร้อยละผลผลิต = (น้ำหนักสารละลายข้นหนืด / น้ำหนักเริ่มต้น) × 100

2.3 ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด ด้วยวิธี pH differential

ดัดแปลงตามวิธีการของ Worsltad, Durst and Lee, [4] โดยวิธี pH differential ปรับระดับความเจือจางในสารละลายบัฟเฟอร์ของโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 0.025 โมลาร์ ที่ pH 1.0 และสารละลายบัฟเฟอร์ของโซเดียมอะซิเตทเข้มข้น 0.40 โมลาร์ ที่ pH 4.5 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 และ 700 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ รายงานผลในรูปของ monomeric anthocyanins pigment (มิลลิกรัมไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ต่อกรัมตัวอย่าง) ซึ่งคำนวณจากสมการ ปริมาณแอนโทไซยานิน (มก.ไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ต่อกรัม) = (A × MV × DF × 1,000) / β x L

โดยที่ A = $(A_{510} - A_{700})$pH1.0 – $(A_{510} - A_{700})$pH4.5 , MV = มวลโมเลกุล (449.2)

β = molar absorptivity (26,900) , DF = Dilution factor , L = ขนาดความกว้างของคิวเวต (เซนติเมตร)

2.4 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีการทำลายอนุมูลอิสระดีพีพีเอช (DPPH scavenging activity)

โดยนำสารสกัดความเข้มข้นต่างกัน ปริมาตร 100 ไมโครลิตร แล้วเติมสารละลาย 1 mM DPPH ในเมทานอล ปริมาตร 900 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน บ่มที่อุณหภูมิห้องในที่มืดนาน 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517nm เปรียบเทียบกับชุดควบคุมซึ่งใส่เมทานอล แทนสารสกัด(blank) และสารละลาย 10 mM ascorbic acid เป็น positive control ทดลอง 3 ซ้ำ นำค่าที่วัดได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การดักจับอนุมูลอิสระ DPPHº จากสมการ

% scavenging = $[(A_{control} - A_{sample}) / A_{control}] \times 100$

โดยที่ A_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงของชุดทดสอบ , $A_{control}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของชุดควบคุม

จากนั้นคำนวณหาค่า IC_{50} จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง % scavenging กับความเข้มข้นของสารละลาย

2.5 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยการฟอกสีอนุมูลอิสระเอบีทีเอส (ABTS Assay)

นำสารสกัดความเข้มข้นต่างกัน ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร เติมสารละลาย ABTS cation radical ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน เก็บไว้ในที่มืด นาน 5 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร นำค่าที่วัดได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง และคำนวณหาค่า IC_{50}

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (One-Way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่าง treatment ด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากการเก็บตัวอย่างวัสดุเศษเหลือของข้าวทับทิมชุมแพ ได้แก่ รำข้าว (ภาพที่ 1. ก) เปลือกหรือแกลบ (ภาพที่ 1. ข) และซังข้าว (ภาพที่ 1. ค) เมื่อนำมาสกัดสารสีแอนโทไซยานิน จะได้สารสกัดหยาบหรือผงสี (ภาพที่ 1. ง) มีลักษณะเป็นสารข้นหนืดสีม่วงแดง เมื่อทำให้แห้งจะได้ของแข็งสีม่วงเข้มออกดำ ให้ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพดังนี้

(ก) (ข) (ค) (ง)

ภาพที่ 1 รำข้าว แกลบ ซังข้าว และสารสกัดผงสี ของข้าวทับทิมชุมแพ

ความสามารถในการละลาย และ ร้อยละผลผลิต(%) สารสกัดหยาบ

ค่าความสามารถในการละลายของผงสีจากรำข้าว แกลบข้าว และซังข้าว (ตารางที่ 1) ในข้าวทับทิมชุมแพที่สกัดด้วยเวลาแตกต่างกัน พบว่า ซังข้าวทั้ง 3 ช่วงเวลาการสกัดมีค่าร้อยละการละลายกลับสูงกว่าในรำข้าวและแกลบข้าว มีค่าอยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 90.20 - 94.60 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ยกเว้นในรำข้าวที่แช่นาน 2 ชั่วโมง จะมีค่าการละลายกลับเกินร้อยละ 80 ไม่แตกต่างทางสถิติกับซังข้าว ส่วนผงสีในแกลบข้าวจะให้ค่าการละลายกลับได้น้อยที่สุด มีค่าอยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 65.0 - 73.30 ทั้งนี้ Wong และคณะ [5] กล่าวว่าความสามารถในการละลายเป็นสมบัติที่บ่งบอกถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ของผงสีได้ โดยจะแตกต่างกันไปในแต่ละผลิตภัณฑ์ เช่น มะนาวผงอยู่ในช่วง 94.34-98.08% และสับปะรดผงมีค่า 81.56% ส่วนปริมาณร้อยละผลผลิต สามารถสกัดสารสี (crude) ซึ่งมีปริมาณร้อยละผลผลิตสารสกัดหยาบมากที่สุดในซังข้าว 100 กรัม ที่ระยะเวลาแช่ 2 ชั่วโมง ได้เท่ากับ 9.72 กรัม รองลงมาคือ ซังข้าวที่แช่นาน 3 และ 1 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งสกัดสารสีได้ปริมาณ 9.23 % และ 6.94% ตามลำดับ ส่วนแกลบข้าวให้ค่าปริมาณร้อยละผลผลิตต่ำสุด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งนี้ นรินทร์ และคณะ [6] เปรียบเทียบวิธีการสกัดและอัตราส่วนของสารสกัดที่แตกต่างกันต่อน้ำหนักสารสกัดหยาบในกระชายดำ พบว่าวิธีแช่หมักในเอทานอลต่อน้ำอัตราส่วนร้อยละ 60 สามารถสกัดได้น้ำหนักสารสกัดหยาบมากที่สุด เท่ากับร้อยละ 12.23 ทั้งนี้อาจเนื่องน้ำเป็นสารประกอบมีความเป็นขั้วมาก จึงทำให้สามารถสกัดสารกลุ่มอื่นๆและแอนโทไซยานินหลายรูปแบบออกมาด้วยได้ ส่งผลให้สารสกัดหยาบได้น้ำหนักมาก

ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดในรูปของไซยานิดิน -3- กลูโคไซด์

ปริมาณสารสกัดแอนโทไซยานินทั้งหมดในรูปของไซยานิดิน -3- กลูโคไซด์จากวัสดุเศษเหลือในข้าวทับทิมชุแพมีปริมาณมากที่สุดในรำข้าว ซังข้าวและแกลบ ตามลำดับ (ตารางที่ 2) พบว่าระยะเวลาการแช่สกัด มีผลต่อปริมาณของสารสีแอนโทไซยานินทั้งหมด (TAC) ที่ได้จากสารสกัดในรูปของไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ (มิลลิกรัมต่อกรัม) ส่งผลให้รำข้าวที่ระยะเวลาการแช่ 6 ชั่วโมง มีค่าแอนโทไซยานินทั้งหมดสูงที่สุด เท่ากับ 58.97 มก.ไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ต่อกรัม รองลงมาคือ ซังข้าวที่ระยะเวลาการสกัด 3 ชั่วโมง เท่ากับ 40.10 มก.ไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ต่อกรัม และแกลบข้าวที่ระยะเวลาแช่ 2 ชั่วโมง ให้ค่าต่ำที่สุด เท่ากับ 9.21 มก.ไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ต่อกรัม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งมีรายงานถึงการสกัดในสภาวะที่เป็นกรดจะช่วยทำให้เกิดการสลายตัวของแอนโทไซยานิน (flavylium cation) น้อยที่สุด และแอนโทไซยานินที่ได้ยังมีความเสถียรที่ดี [7] ค่าที่ได้ครั้งนี้สูงกว่ารายงานของ สุภาพร [8] ซึ่งวิเคราะห์เสถียรภาพของสารสกัดแอนโทไซยานินจากรำข้าวไรซ์เบอร์รีที่ผ่านการห่อหุ้มด้วยโปรตีนรำข้าวที่ค่า pH 1.0 และ 4.0 ให้ค่าเท่ากับ 385.47 และ 251.15

มิลลิกรัมไซยานิดินต่อ 100 กรัม ตามลำดับ เช่นเดียวกับธัญนันท์ และอภิรดาใช้น้ำสกัดแอนโทไซยานินจากซังข้าวโพดหวานสีม่วง ได้สารแอนโทไซยานิน 11.26 มิลลิกรัม/กรัม ทั้งนี้ keawpeng and Meenune [9] สกัดข้าวกล้องสังข์หยด ได้ปริมาณแอนโทไซยานินเท่ากับ 15.50 มิลลิกรัมไซยาดิน-3-กลูโคไซด์ต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง แสดงว่าวัสดุเศษเหลือจากข้าวทับทิมชุมแพยังมีประสิทธิภาพในการผลิตสารแอนโทไซยานินได้ไม่น้อยไปกว่าในเมล็ดข้าวสังข์หยดพัทลุง และรำข้าวไรซ์เบอร์รี

ตารางที่ 1 การละลายและร้อยละผลผลิต (% yield) ในสารสกัดหยาบผงสีรำข้าว แกลบ และซังข้าวทับทิมชุมแพ

วัสดุเศษเหลือจากข้าว	เวลาที่แช่ (ชั่วโมง)	การละลาย (%)	ร้อยละผลผลิต (%)
รำข้าว	2	88.45±7.45^{a}	4.48±0.01^{e}
	4	80.68±3.54^{b}	4.67±0.01^{d}
	6	79.17±4.82^{bc}	4.08±0.01^{f}
แกลบ	2	71.40±2.20^{de}	1.10±0.01^{h}
	4	73.30±0.10^{cd}	1.12±0.01^{h}
	6	65.00±0.20^{e}	1.36±0.02^{g}
ซังข้าว	1	90.20±5.50^{a}	6.94±0.04^{c}
	2	92.05±1.05^{a}	9.72±0.02^{a}
	3	94.60±2.20^{a}	9.23±0.02^{b}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 2 ปริมาณแอนโทไซยานินรวม (TAC) ในรูปของไซยานิดิน -3- กลูโคไซด์ ในข้าวทับทิมชุมแพ

ข้าวทับทิมชุมแพ	เวลาที่แช่ (ชั่วโมง)	ปริมาณแอนโทไซยานินรวม (มก.ไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ต่อกรัม)
รำข้าว	2	16.66±1.31^{de}
	4	32.91±2.62^{c}
	6	58.97±1.72^{a}
แกลบ	2	9.21±2.94^{f}
	4	12.70±2.33^{ef}
	6	13.85±2.52^{e}
ซัง	1	14.63±1.40^{de}
	2	18.35±1.68^{d}
	3	40.10±2.86^{b}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผงสีแอนโทไซยานินที่สกัดได้

การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH assay เมื่อรายงานผลในรูป IC_{50} (mg/ml) ค่าตัวเลขต่ำ แสดงว่าสารสกัดมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง โดยค่า IC_{50} ของวิตามินซี ตามวิธี DPPH และ ABTS เท่ากับ 0.0012 และ 0.0019 mg/ml ตามลำดับ พบว่า ผงสีจากแกลบที่แช่เป็นเวลา 2, 4, 6 ชม. ให้ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระดีที่สุดและไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีค่า IC_{50} อยู่ในช่วง 0.108-0.121 mg/ml รองลงมา ได้แก่ ผงสีจากซังข้าว และรำข้าว ตามลำดับ (รูปที่ 2) ซึ่งฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมีค่าสูงขึ้นตามระยะเวลาที่ใช้แช่ ขณะที่สุภาพร [8] พบว่าสารแอนโทไซยานินจากรำข้าวไรซ์เบอร์รี ที่ค่า pH 1.0, 4.0,

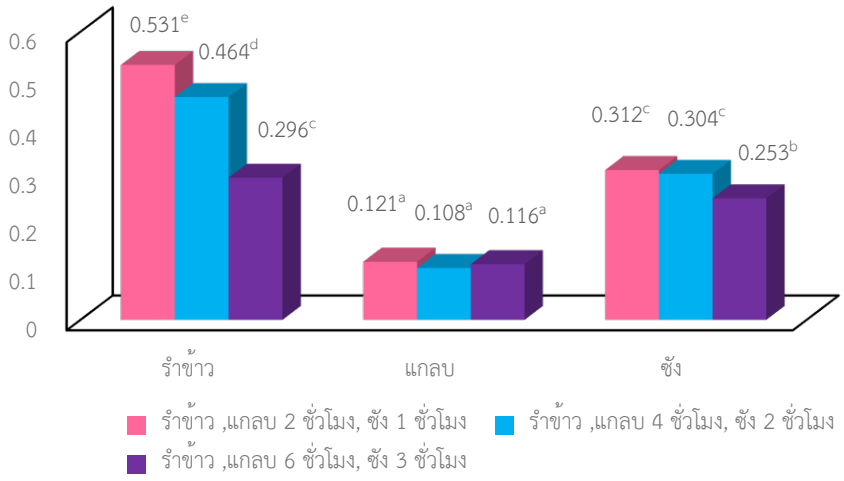
7.0 และ 9.0 มีค่าการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับร้อยละ 87.13, 86.42, 70.56 และ 59.39 ตามลำดับ แสดงว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง มีผลต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ส่วนฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS assay ในผงสีสกัดจากแกลบข้าวที่แช่นาน 2-4 ชั่วโมง ให้ค่าดีที่สุด (IC_{50} 0.004-0.012 mg/ml) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) รองลงมา ได้แก่ผงสีจากแกลบและรำข้าวที่แช่นาน 6 ชั่วโมง (IC_{50} 0.031 mg/ml) และซังข้าวที่แช่นาน 1 ชั่วโมง ตามลำดับ (รูปที่ 3) ทั้งนี้จากการทดสอบทั้ง 2 วิธี พบว่าแกลบข้าวให้ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าในซังข้าว และรำข้าว ตรงข้ามกับปริมาณแอนโทไซยานินที่มีค่าสูงในรำข้าวทับทิมชุมแพ เช่นเดียวกับเหตุผลของสุภาภรณ์ และชนากานต์ [10] ที่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างสารสีแอนโทไซยานินกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่วัดโดยวิธี DPPH แม้ว่ามีหลายรายงานกล่าวถึงความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างแอนโทไซยานินกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่พบในข้าวเหนียวดำและหอมนิล ทั้งนี้อาจเป็นเพราะแอนโทไซยานินเป็นเพียงส่วนหนึ่งของสารต้านอนุมูลอิสระที่มีอยู่หลายชนิดในพืช โดย สุภาภรณ์และชนากานต์ พบว่า ข้าวที่เยื่อหุ้มเมล็ดสีดำมีปริมาณแอนโทไซยานิน 109.5 - 256.6 มิลลิกรัม/100 กรัม กับข้าวเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดงที่มีค่าแอนโทไซยานินเพียง 0.3 - 1.4 มิลลิกรัม/100 กรัม มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่วัดโดยวิธี FRAP ไม่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่า แอนโทไซยานินอาจไม่ใช่ฤทธิ์ทางชีวภาพหลักในการแสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ อาจมีสารกลุ่มอื่นที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระอื่น ๆ เช่น สารฟลาโวน ฟลาโวนอยด์ แคโรทีนอยด์ เป็นต้น ทำให้การทดลองครั้งนี้ จึงให้ผลของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณแอนโทไซยานินในเศษเหลือจากข้าวทับทิมชุมแพ ไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน

สรุปผลการวิจัย

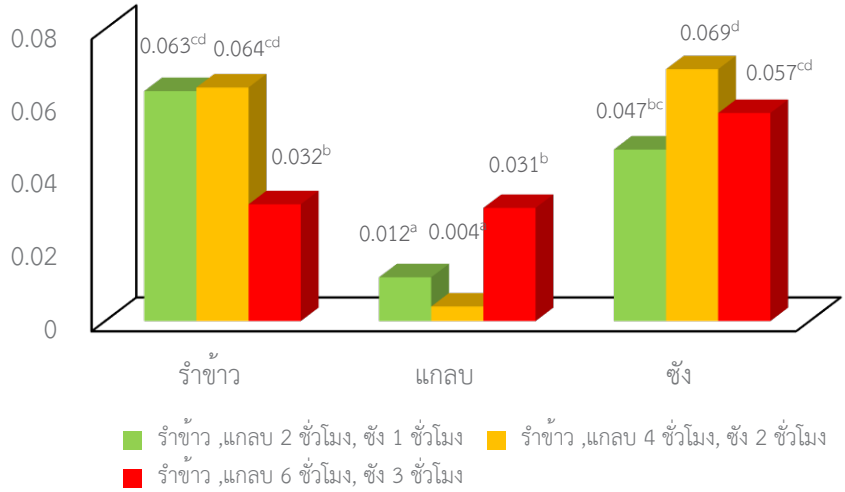
วัสดุเศษเหลือจากข้าวทับทิมชุมแพที่มีศักยภาพเป็นแหล่งสารสีแอนโทไซยานินธรรมชาติได้อย่างเหมาะสม เนื่องจากให้ปริมาณร้อยละผลผลิตและการละลายกลับได้สูง ได้แก่ รำข้าวที่ใช้เวลาแช่นาน 6 ชั่วโมง และซังข้าวที่แช่นาน 3 ชั่วโมง ส่วนสารสกัดจากแกลบข้าว จัดเป็นแหล่งของสารออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดีกว่ารำข้าวและซังข้าว แม้ว่าจะมีความแตกต่างกันของปริมาณแอนโทไซยานินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ แต่สามารถกล่าวได้ว่าวัสดุเศษเหลือจากข้าวทับทิมชุมแพทั้ง 3 ส่วนสามารถนำมาใช้ประโยชน์และพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สารสีธรรมชาติต่อไปได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง สำหรับการอนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการทดลอง



รูปที่ 2 ฤทธิ์ต้านอนุมูลสารอิสระ DPPH ในสารสกัดรำข้าว แกลบ และซังข้าวทับทิมชุมแพ



รูปที่ 3 ฤทธิ์ต้านอนุมูลสารอิสระ ABTS ในสารสกัดรำข้าว แกลบ และซังข้าวทับทิมชุมแพ

อ้างอิง

[1] See, K.S., Bhatt, A., & Keng, C.L. (2011). Effect of sucrose and methyl jasmonate on biomass and anthocyanin production in cell suspension culture of *Melastoma malabathricum* (Melastomaceae). Revista de Biología **Tropical** 59; 597-606.

[2] Hou, Z., Qin, P., Zhang, Y., Cui, S., & Ren, G. (2013). Identification of anthocyanins isolated from black rice (*Oryza sativa* L.) and their degradation kinetics. **Food Research International**,50(2), 691-697.

[3] อุไรวรรณ วัฒนกุล วัฒนา วัฒนกุล ศุภลักษณ์ สุดขาว. (2565) การใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือในข้าวพื้นเมือง : การสกัดสารสีแอนโทไซยานินจากวัสดุเศษเหลือในข้าวพื้นเมืองเพื่อเร่งการเจริญเติบโตและเร่งสีในปลาสวยงาม. รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วข.ตรัง.

[4] Worsltad, R. E., Durst, R. W., & Lee, J. (2005). Tracking color and pigment changes in anthocyanin products. **Trends Food Sci. Technol**. 16, 423-428.

[5] Wong, C. W., Teoh, C. Y., & Putri, C. E. (2017). Effect of enzymatic processing, inlet temperature, and maltodextrin concentration on the rheological and physicochemical properties of spray dried banana (*Musa acuminata*) powder. **J. of Food Processing and Preservation**, 42(2).

[6] นรินทร์ ท้าวแก่นจันทร์, ภาวิณี อารีศรีสม, กอบลาภ อารีศรีสม, วิกานดา ใหม่เฟย, วรภัสสรณ์ คงธนจารุอนันต์, ศักดิ์ชัย เสถียรพีระกุล. (2565). การเปรียบเทียบวิธีการสกัดและอัตราส่วนของสารสกัดที่แตกต่างกันต่อน้ำหนักสารสกัดหยาบ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ ในกระชายดำ. ***วารสารผลิตกรรมการเกษตร***, *4*(1), 77–90.

[7] Qin, C., Li, Y., Niu, W.N., Ding, Y., Zhang, R.J. and Shang, X.Y. (2010). Analysis and characterization of anthocyanins in mulberry fruit. Czech. **J. Food Sci**. 28, 117-126.

[8] สุภาพร พาเจริญ. (2562). เสถียรภาพของสารสกัดแอนโทไซยานินจากรำข้าวไรซ์เบอร์รีที่ผ่านการห่อหุ้มด้วยโปรตีน รำข้าวเข้มข้นภายใต้สภาวะค่าความเป็นกรด-ด่างและความร้อนที่แตกต่างกัน. **วารสาร.มทรส.** 7(2) : 205-215

[9] Keawpeng, I. and Meenune, M. (2012). Physicochemical properties of organic and inorganic Phatthalung Sungyod rice. **International Food Research Journal** 19 (3) : 857-861.

[10] สุภาภรณ์ ญะเมืองมอญ และชนากานต์ เทโบลต์ พรมอุทัย. (2559). ความแปรปรวนของปริมาณแอนโทไซยานินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของข้าวเหนียวก่ำพันธุ์พื้นเมืองของไทย. **วารสารเกษตร** 32(2): 191-199.

P 5

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารฟีนอลิกโดยรวมจากข้าวซีบูกันตัง ข้าวหอมกระดังงาและข้าวสังข์หยด

สุภาภรณ์ ภิรมย์ทอง[1]กัณฑกรณ์ พานิช[2] เบญญารัตน์ หนูแก้ว[1]อัจฉรัตน์ สุวรรณภักดี[3] พิมประภา ชัยจักร[4]อภิญญา สิงห์ฆาพะ[5]*

บทคัดย่อ

ข้าวพื้นเมืองภาคใต้ 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวซีบูกันตัง ข้าวหอมกระดังงา และข้าวสังข์หยดพบว่าสารสกัดหยาบจากเมล็ดข้าวหอมกระดังงา ข้าวสังข์หยด และข้าวซีบูกันตัง มีปริมาณผลผลิตสูงสุดที่ร้อยละ 2.68 ± 0.031 2.09 ± 0.006 และ 0.45 ± 0.006 ตามลำดับ ส่วนปริมาณสารฟีนอลิกโดยรวมพบว่าข้าวหอมกระดังงา ข้าวสังข์หยด และข้าวซีบูกันตัง มีปริมาณสูงที่สุดเท่ากับ 783.21 ± 27.74 283.69 ± 16.29 และ46.60 ± 4.22 มิลลิกรัมแกลลิคต่อ100 กรัมตัวอย่างตามลำดับ ผลการหาร้อยละฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบเอทานอลจากเมล็ดข้าวหอมกระดังงา ข้าวสังข์หยด และข้าวซีบูกันตัง มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 69.78 ± 2.44 รองลงมา คือ ข้าวสังข์หยดร้อยละ 66.49 ± 1.62 และข้าวซีบูกันตังร้อยละ 57.00 ± 0.69 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p \leq 0.05$) จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า ข้าวพื้นเมืองภาคใต้ 3 สายพันธุ์ มีปริมาณสารฟีนอลิกโดยรวมและมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ต่างกัน โดยข้าวสายพันธุ์ที่มีปริมาณสารฟีนอลิกโดยรวมสูงที่สุดและมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด คือ ข้าวหอมกระดังงา รองลง คือ ข้าวสังข์หยดและข้าวซีบูกันตัง ตามลำดับ แสดงว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารฟีนอลิกโดยรวม งานวิจัยนี้สำคัญต่อคุณค่าทางโภชนาการของข้าวพื้นเมืองในอนาคต

คำสำคัญ: ข้าวซีบูกันตัง ข้าวหอมกระดังงา ข้าวสังข์หยด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ข้าวพื้นเมือง

---

[1]นักเรียน, โรงเรียนบูรณะรำลึก จังหวัดตรัง 92000

[2] อาจารย์พิเศษ, โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ ภูเก็ต ในพระราชูปถัมภ์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี จังหวัดภูเก็ต 83000

[3] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร., คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิยาลัยทักษิณ จังหวัดพัทลุง รหัสไปรษณีย์ 93210

[4] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร., คณะวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิยาลัยทักษิณ จังหวัดพัทลุง รหัสไปรษณีย์ 93210

[5] ดร., ศูนย์เชี่ยวชาญเทคโนโลยีเอนไซม์และการใช้ประโยชน์จากจุลินทรีย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 10150

* Corresponding Author: E-mail: apinya.singk@kmutt.ac.th, Tel: 0805477053

Potential of Antioxidant and Total Phenolic Content of Se Bu Kan Tang Rice, Hom Kra Dang Nga Rice and Sang Yod Rice

Supaporn Piromthong[1] Kantakorn Patnit[2] Benyarat Nhukeaw[1] Adcharatt Suwanpugdee[3] Pimprapa Chaijak[4] Apinya Singkhala[5]*

Abstract

Three southern local rice varieties—Sibukanthang rice, Hom Kradangnga rice, and Sangyod rice—were studied. The crude extracts from the seeds of Hom Kradangnga, Sangyod, and Sibukanthang rice showed the highest extraction yields of 2.68 ± 0.031%, 2.09 ± 0.006%, and 0.45 ± 0.006%, respectively. The total phenolic content was highest in Hom Kradangnga (783.21 ± 27.74 mg gallic acid/100 g sample), followed by Sangyod (283.69 ± 16.29 mg/100 g), and Sibukanthang (46.60 ± 4.22 mg/100 g). The antioxidant activity of the crude ethanol extracts was highest in Hom Kradangnga rice at 69.78 ± 2.44%, followed by Sangyod rice (66.49 ± 1.62%) and Sibukanthang rice (57.00 ± 0.69%), with statistically significant differences at the 0.05 level ($p \leq 0.05$). Based on these results, the three local rice varieties showed different levels of total phenolic content and antioxidant activity. Hom Kradangnga rice had the highest total phenolic content and antioxidant activity, followed by Sangyod and Sibukanthang rice, respectively. This suggests a correlation between antioxidant activity and total phenolic content. This research highlights the nutritional potential of southern Thai local rice varieties for future applications.

Keywords: Se Bu Kan Tang Rice, Hom Kra Dang Nga Rice, Sang Yod Rice, Antioxidant, local rice

บทนำ

เนื่องจากข้าว (*Oryza sativa* L.) เป็นอาหารหลักของประชากรโลก โดยเฉพาะในเอเชียมีประชากรกว่าร้อยละ 95 บริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก โดยเป็นแหล่งของสารอาหารที่สำคัญ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และวิตามิน เป็นต้น ที่มีความสำคัญต่อร่างกาย ข้าวเป็นแหล่งอาหารที่ให้พลังงาน โปรตีน และไขมัน ประมาณ 715 กิโลแคล/คน/วัน (ร้อยละ 27 ของพลังงานจากอาหาร) ร้อยละ 14 ของโปรตีนจากอาหาร และร้อยละ 2 ของไขมันจากอาหาร ตามลำดับ (Kennedy & Burlingame, 2003) นอกจากการรายงานการศึกษาสารอาหารหลักและวิตามินหลากหลายชนิดในข้าว ยังมีการค้นพบสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น สารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระในข้าว โดยมีรายงานว่าสารประกอบฟีนอลิก มีคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระซึ่งช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคมะเร็ง โรคหลอดเลือดหัวใจ ฯลฯ (Liu, 2007) ซึ่งสารประกอบฟีนอลิกบางตัว อาทิเช่น ferulic acid, *p*-coumaric และ diferulate ไม่สามารถพบในผักและผลไม้ แต่พบในเมล็ดข้าว (Adom & Liu, 2002) ส่วนสารประกอบฟลาโวนอยด์มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งการเกิดโรคมะเร็ง (Dykes & Rooney, 2007) นอกจากนี้ยังมีรายงานการพบสารสำคัญเมื่อเมล็ดข้าวมีการงอก คือกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริก (gamma-aminobutyric acid) หรือสารกาบา (GABA) ซึ่งมีประโยชน์ต่อสุขภาพ อีกทั้งข้าวยังเป็นพืชเศรษฐกิจของคนไทย โดยเฉพาะข้าวสายพันธุ์พื้นเมืองในแต่ละพื้นที่เป็นแหล่งทรัพยากรที่สำคัญ และจำเป็น อันเป็นแหล่งสารอาหารที่มีคุณภาพดี เนื่องจากสารอาหารในข้าวจะแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ (Sompong *et al*., 2011) จากการศึกษาพื้นที่ในภาคใต้และสายพันธุ์ข้าวพื้นเมืองในภาคใต้ คณะผู้วิจัยจึงเลือกศึกษาวิจัยในข้าวพื้นเมืองของภาคใต้ ได้แก่ ข้าวซีบูกันตัง และข้าวหอมกระดังงา ของจังหวัดนราธิวาส และ ข้าวสังข์หยด จังหวัดพัทลุง

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH (2,2’-diphenyl-1-picrylhydrazyl) และปริมาณสารฟีนอลิกโดยรวมของข้าวพื้นเมืองภาคใต้ 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวซีบูกันตัง ข้าวหอมกระดังงาและข้าวสังข์หยด เพื่อเป็นข้อมูลโภชนาการของข้าวในการส่งเสริมการผลิตข้าวเพื่อสุขภาพ และให้เกษตรกรเห็นความสำคัญของข้าวพื้นเมือง อนุรักษ์ข้าวพื้นเมืองให้คงอยู่ในพื้นที่ต่อไป ตลอดจนยังเป็นข้อมูลที่สำคัญในปรับปรุงพันธุ์ข้าวและพัฒนาข้าวพื้นเมืองในพื้นที่เป็นสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (Geographical Indication; GI) ต่อไปในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

ข้าวซีบูกันตัง และข้าวหอมกระดังงา ได้มาจากวิสาหกิจชุมชนแม่บ้านเกษตรกร บ้านบอฆอ ตำบลโฆษิต อำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส ส่วนข้าวสังข์หยด จากวิสาหกิจชุมชนบ้านท่าบัวแก้ว ตำบลจองถนน อำเภอเขาชัยสน จังหวัดพัทลุง

1. การสกัดสารจากตัวอย่างเมล็ดข้าว

การเตรียมสารสกัดจากข้าว ดัดแปลงวิธีการของ Sawaddiwong *et al*. (2008) ดังนี้ นำตัวอย่างข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ๆ ละ 200 กรัม (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ) มาบดให้ละเอียด และทำการสกัดด้วยตัวทำละลายร้อยละ 95 เอทานอล 100 มิลลิลิตร ด้วยวิธีการแช่หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน หลังจากนั้นทำการกรองสารละลายของแต่ละตัวอย่าง โดยใช้การกรองด้วยสุญญากาศ นำสารละลายที่กรองได้ไประเหยด้วยเครื่องระเหยสารแบบหมุนภายใต้ภาวะสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความดัน 100 มิลลิเมตรของปรอท จนได้เป็นสารสกัดหยาบเอทานอล แล้วชั่งน้ำหนักสารสกัดหยาบแต่ละตัวอย่างที่ได้ แล้วคำนวณหาค่าปริมาณผลผลิต (% yield) ดังสมการ

$$\%\ \text{yield} = \frac{\text{น้ำหนักสารสกัดที่ได้ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักเมล็ดข้าวก่อนการสกัด (กรัม)}} x\ 100$$

ส่วนสารสกัดหยาบเอทานอลที่ได้จะเก็บในตู้ -20 องศาเซลเซียส สำหรับใช้ในการตรวจสอบหาปริมาณสารฟีนอลิกโดยรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

2. การศึกษาและเปรียบเทียบปริมาณสารฟีนอลิกโดยรวม (Total phenolics content: TPC)

การวิเคราะห์ปริมาณของสารฟีนอลิกโดยรวมในแต่ละสารสกัดหยาบเอทานอลถูกตรวจสอบด้วย Folin-Ciocalteu method ที่ดัดแปลงจาก Singleton *et al*., (1999) นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Microplate reader ทำการเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิคที่ความเข้มข้น 20 40 60 80 และ100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร จากนั้นนำผลค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างไปคำนวณหาปริมาณสารฟีนอลิกโดยรวมในสารสกัดหยาบเอทานอล โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก และรายงานผลปริมาณสารฟีนอลิกโดยรวมในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อน้ำหนักสารสกัดหยาบ 1 กรัม (มิลลิกรัม$_{\text{กรดแกลลิค}}$ต่อกรัม$_{\text{สารสกัด}}$) และรายงานผลปริมาณสารฟีนอลิกโดยรวมในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อน้ำหนักเมล็ดข้าว 100 กรัม (มิลลิกรัม$_{\text{กรดแกลลิค}}$ต่อ 100กรัม$_{\text{ตัวอย่าง}}$)

3. การศึกษาและเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ในแต่ละสารสกัด ใช้ 2,2 -diphenyl-1-picryl-hydrazyl (DPPH) เป็นอนุมูลอิสระ ดัดแปลงจากวิธีการของ Brand-Williams *et al*. (1995) นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Microplate reader และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH คำนวณดังสมการ

$$\text{DPPH redical Scavenging activity (\%)} = [(Abs_{control} - Abs_{sample})/Abs_{control}] \times 100$$

โดย $Abs_{control}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาในสภาวะที่ไม่มีสารสกัดข้าว

Abs_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาในสภาวะที่มีสารสกัดข้าว

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การทดลองแต่ละขั้นตอนทำการทดลอง 3 ซ้ำ (n=3) ผลการทดลองรายงานในรูปแบบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) แล้วทำการวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

การเตรียมสารสกัดจากเมล็ดข้าว

จากการนำตัวอย่างเมล็ดข้าวพื้นเมืองภาคใต้ทั้ง 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวสังข์หยด ข้าวซีบูกันตัง และข้าวหอมกระดังงา มาสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลโดยวิธีการแช่หมัก (Maceration) ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน หลังจากนั้นทำการกรองสารละลายของแต่ละตัวอย่าง แล้วนำสารละลายที่กรองได้ไประเหยด้วยเครื่องระเหยแบบหมุนภายใต้สุญญากาศ จะได้เป็นสารสกัดหยาบเอทานอล (Ethanol extract) ที่มีน้ำหนักสารสกัดหยาบ ปริมาณผลผลิตของสารสกัดหยาบ (Percentage yield) และลักษณะต่าง ๆ ทางกายภาพ ดังแสดงใน**ตารางที่ 1.** พบว่า สารสกัดหยาบเอทานอลจากเมล็ดข้าวหอมกระดังงาให้ปริมาณผลผลิต

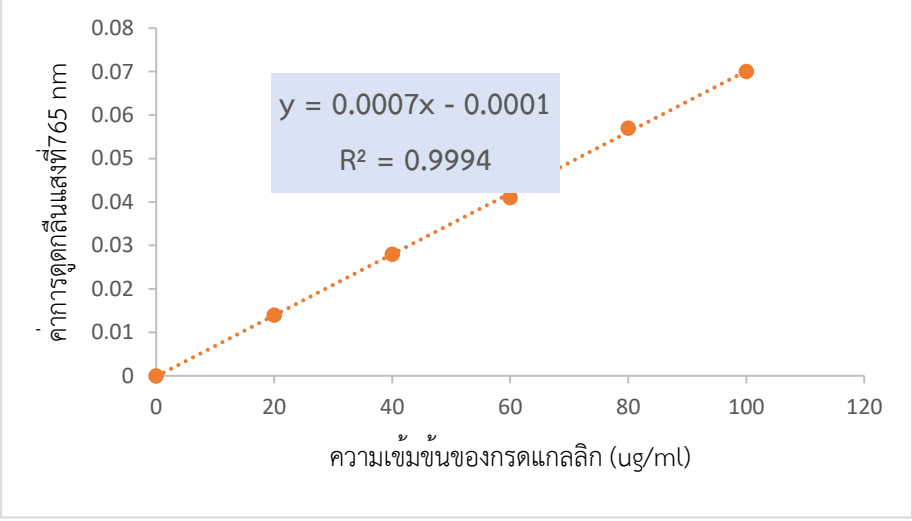
ของสารสกัดหยาบเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับร้อยละ 2.68 ± 0.031 รองลงมา คือ ข้าวสังข์หยด 2.09 ± 0.006 และข้าวชีบูกันตัง 0.45 ± 0.006 ตามลำดับ

ตารางที่ 1. แสดงน้ำหนักเมล็ดข้าว น้ำหนักสารสกัดหยาบเอทานอล ปริมาณร้อยละผลผลิตของสารสกัดหยาบและลักษณะทางกายภาพของสารสกัดหยาบเอทานอล

สายพันธุ์ของเมล็ดข้าว	น้ำหนัก (กรัม)		ปริมาณร้อยละผลผลิตของสารสกัดหยาบ (% yield)	ลักษณะของสารสกัดหยาบที่ได้
	เมล็ดข้าว	สารสกัดหยาบเอทานอล		
ข้าวสังข์หยด 1	200	4.15	2.08	ของเหลวข้น หนืดสีแดงเข้ม
ข้าวสังข์หยด 2	200	4.19	2.10	
ข้าวสังข์หยด 3	200	4.20	2. 10	
ข้าวชีบูกันตัง 1	200	0.84	0.45	ของเหลวข้น หนืดสีขาวขุ่น
ข้าวชีบูกันตัง 2	200	0.95	0.46	
ข้าวชีบูกันตัง 3	200	0.88	0.45	
ข้าวหอมกระดังงา 1	200	5.28	2.64	ของเหลวข้น หนืดสีแดงเข้ม
ข้าวหอมกระดังงา 2	200	5.40	2.70	
ข้าวหอมกระดังงา 3	200	5.37	2.68	

การศึกษาและเปรียบเทียบปริมาณสารฟีนอลิกโดยรวม

การสร้างกราฟมาตรฐานโดยใช้กรดแกลลิกเป็นสารละลายมาตรฐาน



ภาพที่ 1. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกรดแกลลิกกับค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร

โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกกับค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร เมื่อนำสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกที่ความเข้มข้น 20, 40, 60, 80 และ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรทดสอบด้วยวิธี Folin-Ciocalte แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร และเมื่อนำข้อมูลที่ได้ไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกรดแกลลิกกับค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ได้ผลดังแสดงใน**ภาพที่ 1**

การหาปริมาณสารฟีนอลิกโดยรวม ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu เทียบกับสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก

จากการนำสารสกัดหยาบเอทานอลที่ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิตร ปริมาตร 20 ไมโครลิตร มาหาปริมาณสารฟีนอลิกโดยรวม ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร และนำค่าเฉลี่ยการดูดกลืนแสงมาหาค่าปริมาณสารฟีนอลิกโดยรวม ด้วยสมการเส้นตรงจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกรดแกลลิกกับค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร (**ภาพที่ 1**) คือ y = 0.0007x - 0.001 ได้ผลดังแสดงใน**ตารางที่ 2**

จาก**ตารางที่ 2** เมื่อคำนวณหาปริมาณสารฟีนอลิกโดยรวมในเมล็ดข้าวตัวอย่าง 200 กรัม โดยรายงานผลปริมาณสารฟีนอลิกโดยรวมในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อน้ำหนักเมล็ดข้าว 100 กรัม (มิลลิกรัม$_{\text{กรดแกลลิค}}$ต่อ 100 กรัม$_{\text{ตัวอย่าง}}$) พบว่าข้าวหอมกระดังงามีปริมาณสารฟีนอลิกโดยรวมสูงที่สุด เท่ากับ 783.21 ± 27.74 มิลลิกรัม$_{\text{กรดแกลลิค}}$ต่อ 100 กรัม$_{\text{ตัวอย่าง}}$ รองลงมา คือ ข้าวสังข์หยด 283.69 ± 16.29 มิลลิกรัม$_{\text{กรดแกลลิค}}$ต่อ กรัม$_{\text{ตัวอย่าง}}$ และ ข้าวซีบูกันตัง 46.60 ± 4.22 มิลลิกรัม$_{\text{กรดแกลลิค}}$ต่อ 100 กรัม$_{\text{ตัวอย่าง}}$ ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 2. แสดงปริมาณกรดแกลลิกและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระจากข้าวที่ต่างชนิดกัน

สารสกัดหยาบ เอทานอล ความเข้มข้น	**ปริมาณฟีนอลิกรวม** (มิลลิกรัม$_{\text{กรดแกลลิค}}$ต่อ 100 กรัม$_{\text{ตัวอย่าง}}$)*	**ร้อยละ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ**
ข้าวสังข์หยด 1	266.78	68.16
ข้าวสังข์หยด 2	299.29	64.92
ข้าวสังข์หยด 3	284.99	66.38
ข้าวซีบูกันตัง 1	42.00	57.75
ข้าวซีบูกันตัง 2	47.50	56.87
ข้าวซีบูกันตัง 3	50.29	56.39
ข้าวหอมกระดังงา 1	792.00	68.02
ข้าวหอมกระดังงา 2	752.14	68.75
ข้าวหอมกระดังงา 3	805.50	72.57

*มิลลิกรัม$_{\text{กรดแกลลิค}}$ต่อ 100 กรัม$_{\text{ตัวอย่าง}}$ หมายถึง มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อน้ำหนักเมล็ดข้าว 100 กรัม

การศึกษาและเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH

เมื่อนำสารสกัดหยาบเอทานอลมาทำปฏิกิริยากับ DPPH ในที่มืดเป็นเวลา 20 นาที โดยให้เป็น A_{sample} และใช้เมทานอลทำปฏิกิริยากับสาร DPPH ด้วยวิธีเดียวกัน เป็น $A_{control}$ จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร และนำมาคำนวณหาร้อยละฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ได้ผลดังแสดงใน**ตารางที่ 2**

จาก**ตารางที่ 2** พบว่า ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของสารสกัดหยาบเอทานอลจากเมล็ดข้าวหอมกระดังงามีเปอร์เซ็นต์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด คือ ร้อยละ 69.78 ± 2.44 รองลงมา คือ ข้าวสังข์หยด 66.49 ± 1.62 และข้าวซีบูกันตัง 57.00 ± 0.69 ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p \leq 0.05$)

สรุปผลการวิจัย

ข้าวหอมกระดังงามีเมล็ดสีน้ำตาลแดงเข้มของสารแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นสารประเภทฟีนอลิกที่อยู่ในเนื้อเยื่อหุ้มสีน้ำตาลแดงของเมล็ดขาว ส่วนข้าวซีบูกันตังมีเมล็ดสีขาวขุ่น ดังนั้นสารแอนโทไซยานินเป็นองค์ประกอบที่ทำให้มีปริมาณสารฟีนอลิกโดยรวมที่หาได้มีค่าสูงกว่าข้าวสายพันธุ์ที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของณพัฐอร (2564) ที่พบว่าข้าวที่มีสีของเมล็ดเข้ม ได้แก่ ข้าวเหนียวดำและข้าวไรซ์เบอรี่มีปริมาณสารฟีนอลิกโดยรวมสูงกว่าข้าวที่ไม่มีสี ได้แก่ ข้าวเจ๊กเชยเสาไห้ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sawaddiwong *et al.* (2008) ที่พบว่า ข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีเข้มจะมีปริมาณสารฟีนอลิกโดยรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าข้าวที่มีสีขาวและสอดคล้องกับงานวิจัยของ สายใจ (2561) ที่พบว่า ข้าวเหนียวดำ 2 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิก และสารประกอบฟลาโวนอยด์สูงที่สุด จะเห็นได้ว่าข้าวที่มีสีดำและสีแดงจะมีสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าข้าวพันธุ์อื่น ผลการวิเคราะห์หาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบเอทานอลด้วยวิธี DPPH และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ พบว่า สารสกัดหยาบเอทานอลจากเมล็ดข้าวหอมกระดังงามีเปอร์เซ็นต์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด เท่ากับ คือ ร้อยละ 69.78 ± 2.44 รองลงมา คือ ข้าวสังข์หยด 66.49 ± 1.62 และข้าวซีบูกันตัง 57.00 ± 0.69 ตามลำดับ เนื่องจากข้าวหอมกระดังงามีปริมาณสารฟีนอลิกโดยรวมสูงที่สุด รองลงมาคือข้าวสังข์หยด และข้าวซีบูกันตัง ตามลำดับ ดังนั้นฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารฟีนอลิกโดยรวม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของปิยดาและคณะ (2566) ที่พบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมในข้าวมีความสัมพันธ์กับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($p<0.01$) โดยฤทธิ์ต้านอนุมูล DPPH*จะสูงขึ้นเมื่อมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมากขึ้น และสอดคล้องกับงานวิจัยของณพัฐอร (2564) ที่พบว่าข้าวเหนียวดำและข้าวไรซ์เบอรี่มีปริมาณสารฟีนอลิกโดยรวมมากที่สุดและมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง ส่วนข้าวเจ๊กเชยเสาไห้มีปริมาณฟีนอลิกน้อยและมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่ำ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sawaddiwong *et al.* (2008) ที่พบว่า ข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีเข้มจะมีปริมาณสารฟีนอลิกโดยรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าข้าวที่มีสีขาว และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Department of Science Servi (2564) ที่พบว่า ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สูงนั้นจะแปรผันตรงกับปริมาณแอนโทไซยานิน เช่น ข้าวกำดอยมูเซอ มีปริมาณแอนโทไซยานินสูง 336 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม จะมีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมากกว่าข้าวไรซ์เบอรี่และข้าวสังข์หยดที่มีปริมาณแอนโทไซยานิน 87.46 และ 1.09 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ สายใจ (2561) ที่พบว่า ข้าวเหนียวดำมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิกและสารประกอบฟลาโวนอยด์สูงที่สุด จะเห็นได้ว่าข้าวที่มีสีดำและสีแดงจะมีสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าข้าวพันธุ์อื่น

คำขอบคุณ

งานวิจัยครั้งนี้ได้รับความร่วมมือจากมหาวิทยาลัยทักษิณวิทยาเขตพัทลุง สำหรับการสนับสนุนด้านสถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัยครั้งนี้ รวมถึงขอขอบคุณนักวิจัยศูนย์เชี่ยวชาญเทคโนโลยีเอนไซม์และการใช้ประโยชน์จากจุลินทรีย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี สำหรับคำแนะนำและข้อเสนอแนะอันมีค่า และโรงเรียนบูรณะรำลึกที่เห็นความสำคัญและส่งเสริมให้มีการเรียนการสอนในรายวิชาโครงการและส่งเสริมให้เด็กได้ลงมือปฏิบัติจริง

อ้างอิง

ณพัฐอร บัวฉุน. 2564. องค์ประกอบทางเคมี และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระจากข้าวพันธุ์พื้นเมือง, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มรย. ปีที่ 6 ฉบับที่ 2(กรกฎาคม – ธันวาคม 2564) หน้า 190-199

ปิยดา ยศสุนทร, กิตติศักดิ์ แสงศรีจันทร์ และศุภนุช กองฟู. 2566. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารฟีโนลิกทั้งหมดของสารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวเหนียวดำและข้าวหอมนิล, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ปีที่ 2 ฉบับที่ 1(มกราคม – มิถุนายน 2566) หน้า 33-41

สายใจ ปอสูงเนิน และธีระ ธรรมวงศา. 2561. องค์ประกอบทางเคมีบางประการ และคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระของข้าวพื้นเมืองในจังหวัดนครราชสีมา, วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ 23 ฉบับที่ 2(พฤษภาคม – สิงหาคม 2561) หน้า 971-984

Adom, K.K. & Liu, R.H. (2002). Antioxidant activity of grains. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50(21), 6182-6187.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E. & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. Lebens-Wiss Technol, 28, 25-30.

Department of Science Service. (2010). Anthocyanin. Bangkok:Ministry of Science and Technology. (inThai)

Dykes, L. & Rooney, L.W. (2007). Phenolic compounds in cereal grains and their health benefits. Cereal Food World, 52, 105–111.

Kennedy, G. & Burlingame, B. (2003). Analysis of food composition data on rice from a plant genetic resources perspective. Food Chemistry, 80(4), 589-596.

Liu, R.H. (2007). Potential synergy of phytochemicals in cancer prevention: mechanism of action. The Journal of nutrition, 134, 3479s-3485s. Liu, R.H. (2007). Whole grain phytochemicals and health. Journal of Cereal Science, 46(3), 207-219.

Sawaddiwong, S., Jongjareonrak, A. and Benjakul, S. (2008). Phenolic content and antioxidant activity of germinated brown rice as affected by germination temperature and extraction solvent. In Proceeding of 34thCongress on Science and Technology of Thailand of Thailand. 31 October-2 November. 2008. Bangkok.

Singleton, V.L, Ingleton, V.L, Orthofer, R., &d Lamuela-Raventos, R.M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. Method Enzymology 3, 152-178.

Sompong, S., Siebenhandl-Ehn, S., Linsberger-Martina, E., & Berghofera, E. (2011). Physicochemical and antioxidative properties of red and black rice varieties from Thailand, China and Sri Lanka. Food Chemistry, 124(1), 132-140.

P 6

ฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ต่อแบคทีเรียก่อโรคและยีสต์ที่สร้างฟิล์มโดยแบคทีเรียกรดแลคติกที่แยกได้จากผักดอง และฤทธิ์การย่อยสลายเม็ดเลือดแดงของไอโซเลทที่มีประสิทธิภาพ

มูฮัมหมัดอาลี แก่นเพชร [1]* สุกัลยา เหมมณี [2] และ สมรักษ์ พันธ์ผล[3]

บทคัดย่อ

คัดแยกแบคทีเรียกรดแลคติกจากผักดองในท้องถิ่น เพื่อประเมินฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย ยีสต์ที่สร้างฟิล์ม และการย่อยสลายเม็ดเลือดแดงของไอโซเลทที่มีประสิทธิภาพ แบคทีเรียกรดแลคติกคัดแยกจากสะตอดอง (*Parkia speciosa*) ผักเสี้ยนดอง (*Cleome gynandra* L.) และหน่อไม้ดอง (*Bambusa vulgaris*) จำนวน 28 ไอโซเลท นำอาหารเลี้ยงเชื้อส่วนใสที่ปราศจากเซื้อ (cell-free supernatant; CFS) ของแต่ละไอโซเลททดสอบฤทธิ์ต้าน *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* และยีสต์ที่สร้างฟิล์ม *Pichia* sp. พบว่า CFS ที่ไม่ได้ปรับพีเอชให้เป็นกลาง จำนวน 26 ตัวอย่าง สามารถต้านแบคทีเรียและยีสต์ได้ สำหรับ CFS ที่ปรับพีเอชให้เป็นกลางพบว่ามีเพียง 3 ไอโซเลท (LPN 2, LPN 4 และ LPN 7) มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ที่ทดสอบ โดยต้าน *S. aureus* ได้ดีกว่า *E. coli* และ *Pichia* sp. เมื่อให้ความร้อนโดยการต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 30 นาที พบว่า CFS ทั้งสามตัวอย่างไม่มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ ไอโซเลท LPN 2, LPN 4 และ LPN 7 ไม่ย่อยสลายเม็ดเลือดแดงเมื่อทดสอบบนอาหาร blood agar การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าไอโซเลท LPN 2, LPN 4 และ LPN 7 สามารถผลิตสารที่มีความคล้ายคลึงกับแบคเทอริโอซิน ต้านเชื้อแบคทีเรียก่อโรคและยีสต์ที่สร้างฟิล์มได้ และอยู่ในเกณฑ์ปลอดภัยในระดับหนึ่งสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้

คำสำคัญ: ฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย ฤทธิ์ต้านยีสต์ที่สร้างฟิล์ม แบคทีเรียกรดแลคติก ผักดอง การย่อยสลายเม็ดเลือดแดง

[1] นักศึกษา, แขนงวิชาชีววิทยา คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี จังหวัดปัตตานี, 94000

[2] นักวิทยาศาสตร์, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี จังหวัดปัตตานี, 94000

[3] ผู้ช่วยศาสตราจารย์, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี จังหวัดปัตตานี, 94000

[1] Undergraduate student, Faculty of Education, Prince of Songkla University, Pattani, 94000, Thailand

[2] Scientist, Department of Science, Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University, Pattani, 94000, Thailand

3 Asst Prof, Dr., Department of Science, Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University, Pattani, 94000, Thailand

* Corresponding Author: E-mail: somrak.p@psu.ac.th

Antimicrobial Activity Against Pathogenic Bacteria and Film-Forming Yeast by Lactic Acid Bacteria Isolated from Fermented Vegetables, and the Hemolytic Activity of Effective Isolates

Muhammadalee Kanpetch [1], Sukallaya Hemmanee [2] and Somrak Panphon[3*]

Abstract

Lactic acid bacteria were isolated from locally fermented vegetables to evaluate their antibacterial and anti–film-forming yeast activities. Additionally, the hemolytic activity of the potent isolates was assessed. A total of 28 lactic acid bacteria were obtained from fermented stink bean (*Parkia speciosa*), fermented spider weed (*Cleome gynandra* L.), and fermented bamboo shoot (*Bambusa vulgaris*). The cell-free supernatant (CFS) of each isolate was tested for antimicrobial activity against *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, and the film-forming yeast *Pichia* sp. It was found that 26 non-neutralized CFS samples exhibited antimicrobial activity against both bacteria and yeast. In contrast, among the neutralized CFS samples, only three isolates (LPN 2, LPN 4, and LPN 7) showed inhibitory activity against the tested microorganisms, with stronger inhibition observed against *S. aureus* compared to *E. coli* and *Pichia* sp. After heating in a boiling water bath for 30 minutes, the CFS samples from the three isolates showed no antimicrobial activity. Hemolysis tests on blood agar revealed that LPN 2, LPN 4, and LPN 7 did not cause red blood cell lysis. This study demonstrated that isolates LPN 2, LPN 4, and LPN 7 can produce bacteriocin-like substances with inhibitory activity against pathogenic bacteria and film-forming yeast and are considered safe for potential applications.

Keywords: Antibacterial activity, Anti–film-forming yeast activity, Lactic acid bacteria, Fermented vegetables, Hemolysis

บทนำ

ผักดองหรือผักหมัก (fermented vegetable) เป็นหนึ่งในอาหารหลักในหลาย ๆ ประเทศทั่วโลก จัดว่าเป็นแหล่งจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบคทีเรียกรดแลคติก (lactic acid bacteria, LAB) ซึ่งจัดเป็นกลุ่มแบคทีเรียโพรไบโอติก (probiotics) ที่สำคัญส่งผลดีต่อสุขภาพในร่างกายของเจ้าบ้าน (host) (Ayivi et al., 2020) ในกระบวนการผลิตอาหารหมักอาศัยบทบาทของจุลินทรีย์ในกลุ่ม LAB ซึ่งไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มรสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เท่านั้น แต่ยังมีส่วนช่วยในการเก็บรักษาอาหารอีกด้วย โดยการผลิตกรดอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ โดยเฉพาะกรดแลคติกซึ่งช่วยสร้างสภาพแวดล้อมที่เป็นกรด นอกจากนี้ LAB เป็นแบคทีเรียที่รู้จักกันโดยทั่วไปในการผลิตสารต้านจุลินทรีย์ที่หลากหลาย ได้แก่ แบคเทอริโอซิน (bacteriocins) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide) และไดอะเซทิล (diacetyl) (Fischer et al., 2023) คุณสมบัติในการต้านเชื้อแบคทีเรียของ LAB ได้รับการยอมรับและนำมาใช้ในอาหารต่าง ๆ สำหรับฤทธิ์ต้านเชื้อราโดยแบคทีเรียกรดแลคติก ได้รับความสนใจมากขึ้น โดยเฉพาะเชื้อยีสต์ซึ่งสามารถเจริญได้ในสภาพแวดล้อมที่มีกรด นอกจากนี้ยีสต์ในสกุล *Pichia*, *Hansenula* บางสปีชีส์ สามารถสร้างฟิล์มที่ผิวหน้าของอาหารหมัก (Zara et al., 2020) ทำให้เกิดลักษณะที่ไม่พึงประสงค์ในอาหารหมักดอง จากความสามารถในการผลิตสารต้านจุลินทรีย์ของ LAB ทำให้มีการศึกษาการคัดแยกเชื้อ LAB ที่มีศักยภาพในการต้านเชื้อแบคทีเรียและยีสต์ที่สร้างฟิล์มจากอาหารหมักดองประเภทต่าง ๆ นำไปสู่การคัดแยกสารกันเสียชีวภาพชนิดใหม่ ๆ และเป็นการใช้ทางเลือกที่เป็นธรรมชาติแทนสารต้านจุลินทรีย์สังเคราะห์ ดังนั้นงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ LAB ที่มีคุณสมบัติต้านแบคทีเรียก่อโรค การต้านเชื้อยีสต์ที่สร้างฟิล์ม โดยคัดแยก LAB จากอาหารประเภทผักดองจากตลาดท้องถิ่นในจังหวัดปัตตานี และประเมินความปลอดภัยเบื้องต้นของแบคทีเรียกรดแลคติกที่มีประสิทธิภาพโดยการทดสอบการย่อยสลายเม็ดเลือดแดง ผลที่ได้จะเป็นประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การคัดเลือกแบคทีเรียกรดแลคติก

ผักดองที่ใช้ในการแยกเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก ได้แก่ สะตอดอง (*Parkia speciosa*) ผักเสี้ยนดอง (*Cleome gynandra* L.) และหน่อไม้ดอง (*Bambusa vulgaris*) ตัวอย่างทั้งหมดซื้อจากตลาดสด ในจังหวัดปัตตานี นำตัวอย่างผักดองวัดค่าพีเอช ด้วย pH meter คัดแยกแบคทีเรียกรดแลคติกจากผักดองโดยเจือจางตัวอย่างด้วย สารละลาย sodium chloride ความเข้มข้น 0.85% ที่ปราศจากเชื้อ ตีผสมเป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่อง stomacher ทำการเจือจางตามลำดับที่ระดับความเจือจางต่าง ๆ ครั้งละ 10 เท่า นำมา spread plate บนอาหาร de Man, Rogosa and Sharpe (MRS agar) ที่เติม bromocresol purple 0.004% บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48-72 ชั่วโมง คัดเลือกโคโลนีของแบคทีเรียที่มีสีเหลืองรอบ ๆ มา streak บนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS agar จนกว่าจะได้เชื้อบริสุทธิ์ คัดเลือกเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกจากคุณสมบัติเบื้องต้นคือเป็นแบคทีเรียแกรมบวก ไม่สร้างสปอร์ และไม่สร้างคะตะเลส (catalase) ให้รหัสไอโซเลทเป็น LPN เก็บแต่ละไอโซเลทใน MRS agar slant เพื่อนำไปใช้ในการทดสอบในขั้นตอนต่อไป

2. การทดสอบการต้านเชื้อแบคทีเรียก่อโรคและเชื้อยีสต์ที่สร้างฟิล์ม

2.1 การเพาะเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก

เพาะเลี้ยงแบคทีเรียกรดแลคติกที่คัดแยกได้ ใน MRS broth บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ปรับค่าความขุ่น (optical density) เท่ากับ 0.5 โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 600 nm ดูดสารแขวนลอยของเชื้อปริมาตร 2 % เติมลงไปลงใน MRS broth นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ในสภาวะ static condition เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 8,000 rpm เวลา 5 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำส่วนใสที่ได้ (supernatant) แยกเป็น 2 ส่วนคืออาหารเลี้ยงเชื้อส่วนใสที่ไม่ปรับพีเอช และส่วนที่ปรับพีเอชเป็นกลาง (pH 6.5-7) กรองด้วย filter membrane ขนาด 0.45 ไมโครเมตร ก่อนนำไปทดสอบการต้านเชื้อแบคทีเรียก่อโรคและเชื้อยีสต์ที่สร้างฟิล์มในขั้นตอนต่อไป

2.2 การทดสอบการต้านเชื้อแบคทีเรียก่อโรคและเชื้อยีสต์ที่สร้างฟิล์ม ด้วยวิธี Agar well diffusion

ทดสอบการต้านเชื้อแบคทีเรียก่อโรคและเชื้อยีสต์ที่สร้างฟิล์ม ด้วยวิธี Agar well diffusion โดยดัดแปลงตามวิธีการของ นนทพร รัตนจักร์ และคณะ (2563) เตรียมแบคทีเรียก่อโรค ได้แก่ *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* ในอาหาร nutrient broth (NB) และเชื้อยีสต์ที่สร้างฟิล์ม *Pichia* sp. ในอาหาร potato dextrose broth (PDB) บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ในสภาวะเขย่าที่ความเร็วรอบ 180 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ปรับค่าความขุ่นของเชื้อ *E. coli* และ *S. aureus* เท่ากับ 0.5 McFarland Standard และเจือจางให้ได้ปริมาณเชื้อ 10^6 CFU/mL สำหรับ *Pichia* sp. เตรียมให้มีปริมาณเชื้อ 10^5 CFU/mL โดยนับด้วย hemocytometer จากนั้นดูดสารละลายแขวนลอยเชื้อแบคทีเรีย ที่ระดับความเจือจางดังกล่าว (100 ไมโครลิตร) หยดลงบนอาหาร Brain heart infusion (BHI) และ *Pichia* sp. บนอาหาร PDA ใช้ไม้พันก้านสำลีที่ปราศจากเชื้อ swab เชื้อจุลินทรีย์ให้ทั่วจานอาหารเลี้ยงเชื้อ เจาะหลุมด้วย cork borer ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร และดูดอาหารเลี้ยงเชื้อส่วนใส (ปริมาตร 50 ไมโครลิตร) หยดลงในแต่ละหลุม นำไปบ่มที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง วัดขนาดวงใสของการต้านเชื้อจุลินทรีย์ ชุดควบคุมผลบวก (positive control) ใช้ยาปฏิชีวนะ chloramphenicol (0.25 mg/mL) สำหรับการทดสอบเชื้อแบคทีเรีย และยา amphotericin B (0.25 mg/mL) สำหรับเชื้อยีสต์ และอาหารเลี้ยงเชื้อส่วนใสที่ไม่ได้เพาะเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกเป็นชุดควบคุมผลลบ (negative control)

2.3 ผลของความร้อนต่อการต้านแบคทีเรียและการต้านยีสต์ที่สร้างฟิล์มของอาหารเลี้ยงเชื้อส่วนใส (supernatant)

นำอาหารเลี้ยงเชื้อส่วนใสที่ปรับพีเอชให้เป็นกลางและมีฤทธิ์ในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ที่ได้จากผลการทดลองใน 2.2 ไปต้มในอ่างน้ำเดือด เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นไปทดสอบการต้านเชื้อจุลินทรีย์ ด้วยวิธีการ Agar well diffusion

2.4 ทดสอบการย่อยสลายเม็ดเลือดแดง

นำแบคทีเรียกรดแลคติกที่มีประสิทธิภาพในการต้านเชื้อแบคทีเรียและการต้านยีสต์ที่สร้างฟิล์ม เพาะเลี้ยงในอาหาร MRS agar ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำมาเพาะเลี้ยงบนอาหาร Blood agar ที่ผสม human blood (ได้รับความอนุเคราะห์จากกลุ่มงานเทคนิคการแพทย์และพยาธิวิทยา โรงพยาบาลปัตตานี จังหวัดปัตตานี) บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง สังเกตปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นบนอาหารเลี้ยงเชื้อ

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1 ผลการแยกเชื้อแบคทีเรียแลคติกจากผักดอง

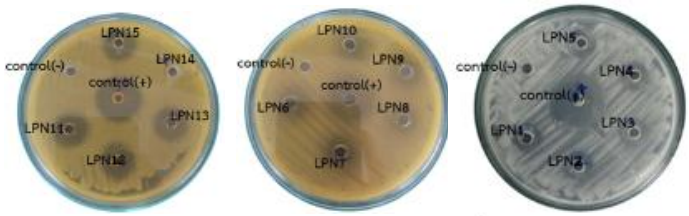
ตัวอย่างผักดอง ได้แก่หน่อไม้ดอง 1 ตัวอย่าง เสี้ยนดอง 3 ตัวอย่าง และสะตอดอง 4 ตัวอย่าง มีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 3.20-3.45 นำมาคัดแยกแบคทีเรียกรดแลคติก โดยใช้อาหาร MRS ที่มี bromocresol purple 0.004% สามารถคัดแยกเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกได้จำนวน 28 ไอโซเลท โดยแยกได้จากสะตอดอง 14 ไอโซเลทผักเสี้ยนดอง 13 ไอโซเลท และหน่อไม้ดอง

1 ไอโซเลท พบลักษณะโคโลนีขาวนูน กลมเรียบ ขอบใส และเหลืองนูน กลมเรียบ ขอบขาว และมีรูปร่าง แท่งสั้น และแท่งสั้นโค้งเล็กน้อย (ไม่ได้นำเสนอข้อมูล)

2. ผลการทดสอบการต้านเชื้อแบคทีเรียก่อโรคและเชื้อยีสต์ที่สร้างฟิล์ม

2.1 ผลทดสอบการต้านเชื้อแบคทีเรียก่อโรคและเชื้อยีสต์ที่สร้างฟิล์มโดยวิธี Agar well diffusion

จากการนำอาหารเลี้ยงเชื้อส่วนใส ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียกรดแลคติกจำนวน 28 ไอโซเลทในอาหาร MRS broth ที่ไม่ได้ปรับพีเอชให้เป็นกลาง นำมาทดสอบการต้านเชื้อ *S. aureus*, *E. coli* และ *Pichia* sp. พบว่าอาหารเลี้ยงเชื้อส่วนใสที่ไม่ได้ปรับพีเอช ของแบคทีเรียกรดแลคติกจำนวน 26 ไอโซเลทจากทั้งหมด 28 ไอโซเลท สามารถต้านเชื้อแบคทีเรียและยีสต์ที่ทดสอบได้ โดยให้ขนาดวงใส (วัดรวมขนาดของหลุม (well) 5 มิลลิเมตร) ในการต้าน *S. aureus* อยู่ในช่วง 10.78±1.34 -16.13±0.71 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ย 13.57±1.33 มิลลิเมตร *E.coli* อยู่ในช่วง 8.20±0.92 - 15.67±1.53 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ย 11.63±1.67 มิลลิเมตร และ *Pichia* sp. อยู่ในช่วง 9.12±0.20 - 11.55±0.26 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ย 10.49±0.48 มิลลิเมตร สำหรับไอโซเลทที่ไม่มีฤทธิ์ในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ที่ทดสอบอาจเนื่องจากความปริมาณของสารเมแทบอไลต์ต่าง ๆ ได้แก่กรดอินทรีย์ต่าง ๆ เช่น กรดแลคติก กรดอะซีติก หรือสารเมแทบอไลต์ชนิดอื่น ๆ มีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับไอโซเลทอื่น ๆ การต้านเชื้อแบคทีเรียก่อโรคและเชื้อยีสต์ที่สร้างฟิล์มโดยอาหารเลี้ยงเชื้อส่วนใสที่ไม่ได้ปรับพีเอชของแบคทีเรียกรดแลคติกบางไอโซเลท แสดงดัง**รูปที่ 1**



S. aureus *E. coli* *Pichia* sp.

รูปที่ 1 การต้านเชื้อแบคทีเรียก่อโรคและเชื้อยีสต์ที่สร้างฟิล์ม โดยอาหารเลี้ยงเชื้อส่วนใสที่ไม่ได้ปรับพีเอชของแบคทีเรียกรดแลคติกบางไอโซเลท

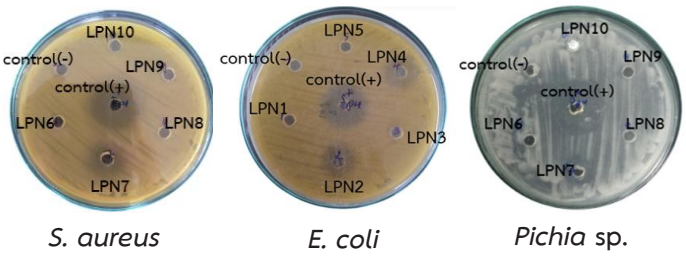
สำหรับอาหารเลี้ยงเชื้อส่วนใสที่ปรับพีเอชให้เป็นกลาง เพื่อลดผลของกรดที่ผลิตโดยแบคทีเรียกรดแลคติก พบว่ามีจำนวน 3 ไอโซเลท ได้แก่ LPN 2 คัดแยกได้จากสะตอดอง LPN 4 และ LPN 7 คัดแยกได้จากผักเสี้ยนดอง ที่สามารถต้านเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* และ *E. coli* และยีสต์ชนิดสร้างฟิล์ม *Pichai* sp. ได้ **(ตารางที่** 1**)** การต้านเชื้ออาจเกิดจากไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งแบคทีเรียกรดแลคติกผลิตในการเจริญในสภาวะที่มีออกซิเจน (Pendharkar et al., 2023) หรืออาจเกิดจากการสร้างสารแบคเทอริโอซินซึ่งเป็นโปรตีนหรือเปปไทด์ที่สังเคราะห์โดยไรโบโซมในกระบวนการเมแทบอลิซึม จัดเป็นสารเมแทบอไลต์ปฐมภูมิ มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ที่อาจจำกัดอยู่ในกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีความใกล้เคียงกัน หรือหลากหลายชนิดได้ พบในแบคทีเรียกรดแลคติกบางสายพันธุ์ (Islam et al., 2020) ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าอาหารเลี้ยงเชื้อส่วนใสจาก ไอโซเลท LPN2, LPN 4 และ

LPN 7 ให้ผลการต้าน *S. aureus* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รวมทั้งความสามารถในการต้านเชื้อ *Pichai* sp. สำหรับการต้านเชื้อ *E. coli* พบว่าไอโซเลท LPN 4 แสดงผลการต้านเชื้อ *E. coli* ได้ดีกว่า LPN2 แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับไอโซเลท LPN 7 กล่าวโดยสรุป อาหารเลี้ยงเชื้อส่วนใสที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเชื้อ LPN2, LPN 4 และ LPN 7 แสดงผลการต้านแบคทีเรียแกรมบวกได้ดีกว่าแบคทีเรียแกรมลบ และมีฤทธิ์ในการต้านยีสต์ได้น้อย สอดคล้องกับงานวิจัยที่มีก่อนแล้ว (Ibrahimet al., 2021) ซึ่งพบว่า แบคทีเรียกรดแลคติกสามารถผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น แบคเทอริโอซิน และกรดอินทรีย์ ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวกมากกว่าแกรมลบ เนื่องจากโครงสร้างผนังเซลล์ของแบคทีเรียแกรมลบมีเยื่อหุ้มชั้นนอกที่สามารถป้องกันการซึมผ่านของสารต้านจุลินทรีย์ได้ดีกว่า และยังรายงานว่าแบคทีเรียกรดแลคติกแสดงฤทธิ์ต้านยีสต์บางชนิดได้ แต่ฤทธิ์โดยรวมในการต้านยีสต์ถือว่าน้อยกว่าแบคทีเรีย อาจเป็นผลจากโครงสร้างของเซลล์ยีสต์ที่เป็นยูแคริโอต (eukaryote) และมีผนังเซลล์ประกอบด้วยไคตินและกลูแคน รวมถึงการสร้าง extracellular matrix ซึ่งส่งผลให้ยีสต์สามารถต้านทานต่อสารต้านจุลินทรีย์ได้ดีกว่า (Zara et al., 2020)

ตารางที่ 1 การต้านจุลินทรีย์ของอาหารเลี้ยงเชื้อส่วนใสที่ปรับพีเอชให้เป็นกลางของแบคทีเรียกรดแลคติก

ไอโซเลท	ขนาดวงใสของการยับยั้ง (mm)		
	S. aureus	*E. coli*	*Pichia* sp.
LPN 2	13.35 ± 0.35^{aB}	10.32 ± 0.76^{bC}	10.67 ± 0.25^{bB}
LPN 4	13.42 ± 0.72^{aB}	13.40 ± 0.38^{aB}	10.55 ± 0.36^{bB}
LPN 7	15.23 ± 1.15^{aB}	12.58 ± 0.91^{bBC}	10.35 ± 0.30^{cB}
Chloramphenicol	21.85 ± 0.74^{aA}	22.12 ± 0.78^{aA}	-
Amphotericin B	-	-	21.74 ± 0.20^{aA}

หมายเหตุ: ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใสวัดรวมขนาดของหลุม (well) ซึ่งมีขนาด 5 มิลลิเมตร ตัวอักษร A-C ในคอลัมน์เดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (p<0.05) ตัวอักษร a-c ในแถวเดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (p<0.05)



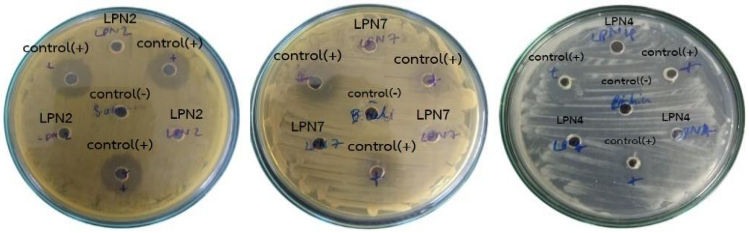
S. aureus *E. coli* *Pichia* sp.

รูปที่ 2 การต้านเชื้อจุลินทรีย์ของอาหารเลี้ยงเชื้อส่วนใสหลังปรับพีเอชของไอโซเลท LPN 2, LPN 4 และ LPN 7

3. ผลของความร้อนต่อการต้านแบคทีเรียและการต้านยีสต์ที่สร้างฟิล์มของอาหารเลี้ยงเชื้อส่วนใส

จากการนำอาหารเลี้ยงเชื้อส่วนใสที่ได้จากไอโซเลท LPN2 , LPN 4 และ LPN7 ที่ได้ปรับพีเอชเป็นกลางและนำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 30 นาที ทดสอบการต้านเชื้อแบคทีเรียก่อโรคและการต้านยีสต์ที่สร้างฟิล์ม พบว่าอาหารเลี้ยงเชื้อส่วนใสทั้ง 3 ไอโซเลท ไม่มีฤทธิ์ในการต้านเชื้อแบคทีเรียและเชื้อยีสต์ที่สร้างฟิล์ม **(รูปที่ 3)** ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า สารเมแทบอไลต์ที่มี

ฤทธิ์ในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ ที่ผลิตโดยแบคทีเรียกรดแลคติก ไอโซเลท LPN2, LPN4 และ LPN 7 เป็นสารที่ไม่ทนความร้อน คล้ายคลึงกับแบคเทอริโอซิน ซึ่งเป็นสารประเภทโปรตีน โดยแบคเทอริโอซินสูญเสียความสามารถในการต้านเชื้อจุลินทรีย์เมื่อให้ความร้อนที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20-30 นาที และที่ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที (Khalili Samani et al., 2021) จากผลการทดลองจึงเป็นไปได้ว่าทั้ง 3 ไอโซเลทดังกล่าวอาจมีการผลิตสารที่คล้ายคลึงกับแบคเทอริโอซินที่ต้านเชื้อจุลินทรีย์ได้

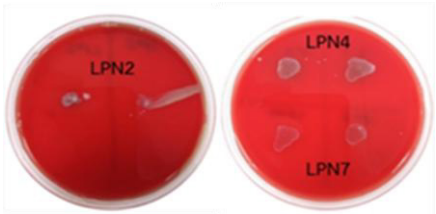


S. aureus *E. coli* *Pichia* sp.

รูปที่ 3 ฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ต้านเชื้อจุลินทรีย์ของอาหารเลี้ยงเชื้อส่วนใสที่ปรับพีเอชให้เป็นกลางและนำไปต้มในน้ำเดือด 30 นาที ของไอโซเลท LPN2, LPN4 และ LPN 7 ชุดควบคุมผลบวกหมายถึงอาหารเลี้ยงเชื้อส่วนใสที่ไม่ได้ต้มในน้ำเดือด ชุดควบคุมผลลบหมายถึงอาหารเลี้ยงเชื้อส่วนใสที่ไม่ได้เพาะเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก

4. ผลทดสอบการย่อยสลายเม็ดเลือดแดง

จากการทดสอบการย่อยสลายเม็ดเลือดแดง ของแบคทีเรียกรดแลคติกที่มีประสิทธิภาพในการสร้างสารที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อจุลินทรีย์ ได้แก่ LPN 2, LPN 4 และ LPN 7 พบว่าทั้ง 3 ไอโซเลทไม่มีกิจกรรมการย่อยสลายเม็ดเลือดแดง **(รูปที่ 4)** จัดอยู่ในกลุ่ม gamma-(γ) hemolysis เนื่องจากแบคทีเรียกรดแลคติกไม่มีการสร้าง hemolysin ในการย่อยสลายเม็ดเลือดแดง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงสมบัติด้านความปลอดภัยต่อร่างกายมนุษย์ (Tanaka et al., 2023) อย่างไรก็ตามการใช้ hemolysis test ถือว่าเป็นเกณฑ์ประเมินความปลอดภัยเบื้องต้น



รูปที่ 4 การย่อยสลายเม็ดเลือดแดงบน blood agar ของแบคทีเรียกรดแลคติกไอโซเลท LPN 2, LPN 4 และ LPN 7

สรุปผลการวิจัย

การคัดแยกแบคทีเรียกรดแลคติกจากผักดอง ได้แบคทีเรียกรดแลคติกจำนวน 28 ไอโซเลท อาหารเลี้ยงเชื้อส่วนใสของแบคทีเรียกรดแลคติกดังกล่าวที่ไม่ได้ปรับพีเอช ส่วนมากต้านเชื้อ *S. aureus*, *E. coli* และเชื้อยีสต์ที่สร้างฟิล์ม *Pichia* sp. ได้ เมื่อปรับพีเอชเป็นกลาง มีเพียง 3 ไอโซเลท (LPN 2, LPN 4 และ LPN 7) ที่ต้านเชื้อทดสอบได้ โดยสารที่มีฤทธิ์ในการต้านเชื้อจุลินทรีย์เป็นสารไม่ทนความร้อน คล้ายกับแบคเทอริโอซิน แบคทีเรียทั้งสามไอโซเลทไม่ย่อยสลายเม็ดเลือดแดง จัดว่ามี

ความปลอดภัยต่อมนุษย์ในระดับหนึ่ง สามารถนำไปพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์ในการเป็นสารกันเสียชีวภาพ ต้านแบคทีเรียและยีสต์ที่สร้างฟิล์มในอุตสาหกรรมอาหารต่อไป

อ้างอิง

นนทพร รัตนจักร์, ชัชวินทร์ นวลศรี, มนตรา ศรีษะแย้ม, สิทธิชัย อุดก่า, และ อรุณลักษณ์ โชตินาครินท์. (2563). การคัดแยกและศึกษาคุณสมบัติการเป็นโพรไบโอติกของแบคทีเรียกรดแลคติกที่คัดแยกจากกล้วยน้ำว้าดิบในเขตจังหวัดพิษณุโลก. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 22* (2), 50-57.

Ayivi, R. D., Gyawali, R., Krastanov, A., Aljaloud, S. O., Worku, M., Tahergorabi, R., Claro da Silva, R., & Ibrahim, S. A. (2020). Lactic acid bacteria: Food safety and human health applications. *Dairy, 1*(3), 202–232. https://doi.org/10.3390/dairy1030015

Fischer, S. W., & Titgemeyer, F. (2023). Protective cultures in food products: From science to market. *Foods, 12*(7), 1541. https://doi.org/10.3390/foods12071541

Ibrahim, S. A., Ayivi, R. D., Zimmerman, T., Siddiqui, S. A., Altemimi, A. B., Fidan, H., Esatbeyoglu, T., & Bakhshayesh, R. V. (2021). Lactic acid bacteria as antimicrobial agents: Food safety and microbial food spoilage prevention. *Foods, 10*(12), 3131. https://doi.org/10.3390/foods10123131

Islam, R., Hossain, M. N., Alam, M. K., Uddin, M. E., Rony, M. H., Imran, M. A. S., & Alam, M. F. (2020). Antibacterial activity of lactic acid bacteria and extraction of bacteriocin protein. *Advances in Bioscience and Biotechnology*, 11(2), 49–59. https://doi.org/10.4236/abb.2020.112004Pendharkar, S.,

Khalili Samani, M., Noormohammadi, Z., Fazeli, M. R., & Samadi, N. (2021). Bacteriocin activity of various Iranian honey-associated bacteria and development of a simple medium for enhanced bacteriocin activity. *Journal of Environmental Health Science and Engineering, 19*, 427–435.

Pendharkar, S., Skafte-Holm, A., Simsek, G., & Haahr, T. (2023). *Lactobacilli* and their probiotic effects in the vagina of reproductive age women. *Microorganisms*, 11(3), 636. https://doi.org/10.3390/microorganisms11030636

Tanaka, Y., Aryantini, N. P. D., Yamasaki, E., Saito, M., Tsukigase, Y., Nakatsuka, H., Urashima, T., Horiuchi, R., & Fukuda, K. (2023). *In vitro* probiotic characterization and safety assessment of lactic acid bacteria isolated from raw milk of Japanese-Saanen goat (*Capra hircus*). *Animals, 13*(1), 7. https://doi.org/10.3390/ani13010007

Zara, G., Budroni, M., Mannazzu, I., Fancello, F., & Zara, S. (2020). Yeast biofilm in food realms: Occurrence and control. *World Journal of Microbiology and Biotechnology, 36*(134). https://doi.org/10.1007/s11274-020-02911-5

P 7

ศักยภาพของสารสกัดใบพลู (*Piper betle*) ในการยับยั้งแบคทีเรียดื้อยา: กรณีศึกษาแบคทีเรียจากน้ำทิ้งฟาร์มสุกร

พีรวัส เรืองณรงค์[1] ปิติกรณ์ มากช่วย[2] รุ่งไพลิน อินทรพันธ์[3] และศุภชัย นิติพันธ์[4]*

บทคัดย่อ

การดื้อยาปฏิชีวนะของแบคทีเรียเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบอย่างรุนแรงต่ออุตสาหกรรมการเลี้ยงสุกรและสิ่งแวดล้อม งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาศักยภาพของสารสกัดใบพลู (*Piper betle*) ในการยับยั้งแบคทีเรียดื้อยาที่คัดแยกจากน้ำทิ้งฟาร์มสุกรในจังหวัดพัทลุง โดยคัดแยกแบคทีเรียจำนวน 10 ไอโซเลต และตรวจสอบชนิดด้วยการหาลำดับยีน *16S rRNA* พบว่าเป็น *Staphylococcus* spp. (40%), *Enterococcus* spp. (40%), *Micrococcus* sp. (10%) และ *Escherichia* sp. (10%) การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งด้วยวิธี disk diffusion แสดงให้เห็นว่าสารสกัดใบพลูมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อดื้อยาได้ดี โดยเฉพาะในความเข้มข้น 150 mg/ml ที่ให้ค่าโซนยับยั้งเฉลี่ยระหว่าง 6.5–13.0 mm นอกจากนี้การหาค่า MIC ด้วยวิธี broth microdilution พบว่าค่า MIC ของสารสกัดใบพลูอยู่ในช่วง 9.375–75 mg/ml ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าใบพลูมีศักยภาพสูงในการยับยั้งแบคทีเรียดื้อยา และสามารถพัฒนาต่อยอดเป็นสารทดแทนยาปฏิชีวนะเพื่อควบคุมการแพร่กระจายของเชื้อดื้อยาในฟาร์มสัตว์ได้ในอนาคต

คำสำคัญ: สารสกัดใบพลู แบคทีเรียดื้อยาปฏิชีวนะ น้ำทิ้งฟาร์มสุกร ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ยับยั้งได้ ใบพลู

[1] นักเรียน, โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยทักษิณ ฝ่ายมัธยม พัทลุง 93210

[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง 93210

Antibacterial Potential of Betel Leaf (*Piper betle*) Extract Against Antibiotic-Resistant Bacteria: A Case Study of Isolates from Pig Farm Wastewater

Peerawas Rungnarong[1], Rungpailin Intharapan[2] Pitikorn Makchuay[3] and Supachai Nitipan[4 *]

Abstract

Antibiotic-resistant bacteria pose a significant threat to the swine industry and the environment. This study aimed to investigate the antibacterial potential of betel leaf (*Piper betle*) extract against antibiotic-resistant bacteria isolated from pig farm wastewater in Phatthalung Province, Thailand. Ten bacterial isolates were obtained and identified using *16S rRNA* gene sequencing as *Staphylococcus* spp. (40%), *Enterococcus* spp. (40%), *Micrococcus* sp. (10%), and *Escherichia* sp. (10%). The antibacterial activity, assessed using the disk diffusion method, revealed clear inhibition zones ranging from 6.5 to 13.0 mm at 150 mg/ml concentration. Furthermore, the minimum inhibitory concentration (MIC) determined by the broth microdilution method ranged from 9.375 to 75 mg/ml. The findings indicate that betel leaf extract exhibits promising antibacterial activity against antibiotic-resistant bacteria and holds potential as a natural alternative for controlling the spread of resistant bacteria in livestock farms.

Keywords: Betel leaf extract, Antibiotic-resistant bacteria, Pig farm wastewater, Minimum inhibitory concentration, *Piper betle*

บทนำ

การดื้อยาปฏิชีวนะของเชื้อแบคทีเรียเป็นหนึ่งในความท้าทายสำคัญของอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์ในศตวรรษนี้ โดยเฉพาะในภาคการเกษตรที่มีการใช้ยาปฏิชีวนะอย่างแพร่หลายเพื่อควบคุมโรคติดเชื้อและป้องกันการระบาดของโรคในฝูงสัตว์ การใช้ยาปฏิชีวนะอย่างต่อเนื่องและในปริมาณที่มากเกินความจำเป็นได้เร่งให้เกิดการวิวัฒนาการของแบคทีเรียดื้อยา ซึ่งส่งผลให้เกิดการสูญเสียทั้งในแง่เศรษฐกิจและสุขภาพสัตว์ รวมถึงสร้างความกังวลต่อผู้บริโภคเกี่ยวกับสารตกค้างและความปลอดภัยทางอาหาร

สุกรเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย โดยมีการเลี้ยงกระจายอยู่ทั่วประเทศเพื่อผลิตเป็นอาหารและเพื่อการส่งออก อย่างไรก็ตาม ปัญหาการติดเชื้อแบคทีเรีย เช่น *Staphylococcus* spp., *Enterococcus* spp. และ *E. coli* ซึ่งพบได้บ่อยในฟาร์มสุกร ได้สร้างผลกระทบต่อสุขภาพสัตว์และทำให้การรักษาซับซ้อนมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่เชื้อแบคทีเรียเหล่านี้มีความสามารถในการดื้อยาหลายชนิด (multi-drug resistant bacteria) ซึ่งปัญหาดังกล่าวไม่เพียงกระทบต่อสัตว์และเกษตรกรเท่านั้น แต่ยังส่งผลถึงความมั่นคงด้านอาหารและสุขภาพของประชาชนในวงกว้าง

เพื่อแก้ไขปัญหานี้ มีความพยายามค้นหาสารต้านจุลชีพทางเลือกที่มาจากธรรมชาติ โดยเฉพาะพืชสมุนไพรที่มีการใช้ในภูมิปัญญาท้องถิ่นมาอย่างยาวนาน ประเทศไทยมีทรัพยากรสมุนไพรที่หลากหลายและมีศักยภาพสูงในการพัฒนาเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ใบพลู *(Piper betle)* เป็นสมุนไพรที่รู้จักกันดีในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งมีการใช้ทั้งในด้าน สมุนไพรและการดูแลสุขภาพพื้นบ้าน งานวิจัยหลายชิ้นยืนยันว่าใบพลูมีองค์ประกอบสำคัญ เช่น ยูจีนอล (eugenol) และ ไฮดรอกซีซาวิคอล (hydroxychavicol) ซึ่งมีคุณสมบัติเด่นในการต้านจุลชีพ โดยกลไกการออกฤทธิ์หลักคือการรบกวนเยื่อหุ้มเซลล์และยับยั้งการสร้างผนังเซลล์ของแบคทีเรีย ทำให้เซลล์สูญเสียความสมบูรณ์และตายในที่สุด

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาศักยภาพของสารสกัดใบพลู ในการยับยั้งแบคทีเรียดื้อยาปฏิชีวนะที่คัดแยกได้จากฟาร์มสุกรในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย โดยมีการประเมินฤทธิ์ต้านจุลชีพด้วยวิธีการทดสอบมาตรฐาน และเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างสมุนไพรแต่ละชนิด ผลการวิจัยพบว่า สารสกัดใบพลูมีประสิทธิภาพสูงสุดในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียดื้อยา เมื่อเทียบกับสมุนไพรอื่น ๆ ที่ศึกษา สอดคล้องกับการรายงานก่อนหน้านี้ที่ยืนยันฤทธิ์ของยูจีนอลและไฮดรอกซีซาวิคอลต่อแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบ ผลลัพธ์ดังกล่าวชี้ให้เห็นถึงศักยภาพในการพัฒนาสารสกัดใบพลูเป็นทางเลือกใหม่ในการควบคุมโรคติดเชื้อแบคทีเรียดื้อยาในภาคการเกษตร ลดการพึ่งพายาปฏิชีวนะและลดความเสี่ยงของการเกิดแบคทีเรียดื้อยาในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากฟาร์มเลี้ยงสุกร

เก็บตัวอย่างน้ำจากท่อน้ำทิ้ง บ่อพักน้ำทิ้ง และพื้นคอก ปริมาตร 50 - 100 ml ในหลอด พลาสติกปราศจากเชื้อ จำนวน 2 หลอด จากฟาร์มเลี้ยงสุกร ต. เกาะเต่า อ. ป่าพะยอม จ. พัทลุง จำนวน 3 ครั้ง

เลี้ยงแบคทีเรียในอาหารที่มียาปฏิชีวนะ

เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient Broth (NB) ประกอบด้วย beef extract และ peptone ปริมาตร 200 ml ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 500ml จำนวน 3 ขวด โดยมียาปฏิชีวนะ Ampicillin และ Enrofloxacin ดังนี้ ขวดที่ 1 Ampicillin 2 mg/ml และ Enrofloxacin 1 mg/ml ขวดที่ 2 Ampicillin 1.5 mg/ml และ Enrofloxacin 1 mg/ml และขวดที่ 3 Ampicillin 2 mg/ml และ Enrofloxacin 1 mg/ml จากนั้นนำน้ำทั้งที่เตรียมไว้ปริมาตร 2 mlเดิมลงในอาหารแต่ละขวดเลี้ยงที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

คัดแยกแบคทีเรียที่ดื้อยาปฏิชีวนะ

เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient Agar (NA) ประกอบด้วย beef extract peptone และ agar ผสมยาปฏิชีวนะเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้กลุ่มที่ 1 Ampicillin 2 mg/ml และ Enrofloxacin 1 mg/ml กลุ่มที่ 2 Ampicillin 1.5 mg/ml และ Enrofloxacin 1 mg/ml และกลุ่มที่ 3 Ampicillin 2 mg/ml และ Enrofloxacin 1 mg/ml กลุ่มละ 3 จาน แล้วนำอาหาร NB ที่เลี้ยงเชื้อไว้มา Spread ลากบน อาหาร NA ปริมาณ 1 ml นำไปเลี้ยงที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้ว คัดเลือกโคโลนีที่มีลักษณะแตกต่างกัน ย้ายไปเลี้ยงจนอาหาร NA ผสมยาปฏิชีวนะเพื่อคัดแยก ให้บริสุทธิ์

ทดสอบความสามารถในการดื้อยาปฏิชีวนะ

แบคทีเรียแต่ละชนิดที่คัดแยกได้นำมาทดสอบความความสามารถในการดื้อยาปฏิชีวนะ ดังนี้ chloramphenicol (30 µg) tetracycline (30 µg) penicillin (10 µg) methicillin (10 µg) rifampicin (10 µg) และ amoxicillin (30 µg) ด้วยวิธี disk diffusion เปรียบเทียบวงใสที่เกิดจากการยับยั้ง

การจำแนกชนิดของแบคทีเรียดื้อยาปฏิชีวนะที่คัดแยกได้

เตรียมเซลล์แบคทีเรีย ST-01 ถึง ST-10 ปริมาตร 1 ml โดยปั่นที่ 12,000 rpm นาน 5 นาที เก็บตะกอนเซลล์ที่ได้แล้วสกัด gDNA ด้วยชุด PureLink Genomic DNA Kit (Invitrogen, USA) ตามคู่มือบริษัท ตรวจสอบปริมาณและความสมบูรณ์ของ gDNA ด้วยการวัดการดูดกลืนแสงที่ 260 nm และ 1.5% agarose gel electrophoresis บันทึกผลด้วย GelDoc XR™ System (Bio-Rad) เพิ่มปริมาณยีน *16S rRNA* ด้วย PCR โดยใช้ไพรเมอร์ 27f และ 1525r (Lane *et al*., 1991) ในปริมาตร 50 µl ประกอบด้วยสารตั้งต้นมาตรฐานและ 10 ng gDNA ดำเนินการด้วยเครื่อง T100 Thermal Cycler (Bio-Rad) ภายใต้เงื่อนไข 30 รอบ (95°C 1 นาที 54°C 45 วินาที 72°C 45 วินาที) ผล PCR บริสุทธิ์ด้วย PureLink Kit (Invitrogen) และส่งหาลำดับด้วย Sanger sequencing (Macrogen) วิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม BioEdit และเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล GenBank โดยใช้ BLAST

การเตรียมสารสกัดจากใบพลู

นำใบพลูอบที่อุณหภูมิ 50°C จนแห้งสนิท จากนั้นนำใบบดด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้าแล้วกรองให้มีขนาดปริมาณ 0.1 mm นำมาสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล โดยใช้วิธีแช่และเขย่าที่มีความเร็ว 300 รอบ/นาที เป็นเวลา 48 ชั่วโมงแล้วกรองตะกอนออก นำส่วนใสไประเหยตัวทำละลายด้วยเครื่อง rotary evaporator จนได้สารสกัดที่แห้ง แล้วปรับความเข้มข้นของสารสกัดให้ได้ 200 mg/ml ด้วยตัว ทำละลาย DMSO เก็บสารสกัดไว้ในขวดทึบแสงแช่ในอุณหภูมิ 4°C

ประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรียดื้อยาปฏิชีวนะของสารสกัด

ทดสอบฤทธิ์การยับยั้งแบคทีเรียดื้อยาปฏิชีวนะของสารสกัดจากใบพลูด้วยวิธี Disk diffusion เตรียมอาหาร Muller Hinton Agar (MHA) แล้วนำแบคทีเรียดื้อยา เจือจางด้วย 0.85% NaCl จนได้ความเข้มข้นเท่ากับ 0.1 McFanland นำไป swab

บนอาหาร MHA รอจนแห้งแล้วนำ Disk ที่ชุบสารสกัดความเข้มข้น ต่าง ๆ ตั้งแต่ 250-2000 mg/m วางบนอาหารที่มีเชื้อแบคทีเรียที่ใช้ยาปฏิชีวนะที่ได้จากการ เป็น positive control และ DMSO เป็น Negative control

การทดสอบหา MIC (Minimum inhibitory concentration)

ใช้วิธี Microdilution broth หาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย (วัดการดูดกลืนแสงที่ 540 nm) และนำแบคทีเรียจากหลุมที่ไม่มีการเจริญเติบโตมา Spread บนอาหาร MHA เพื่อตรวจค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ฆ่าแบคทีเรียได้

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

คัดแยกแบคทีเรียที่ดื้อยาปฏิชีวนะ

จากการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากฟาร์มเลี้ยงสุกรและดำเนินการคัดแยกแบคทีเรีย พบว่าสามารถคัดแยกแบคทีเรียดื้อยาปฏิชีวนะได้ทั้งหมด 10 ไอโซเลต โดยตั้งชื่อเป็น ST-01 ถึง ST-10 เมื่อทดสอบด้วยวิธีย้อมแกรมพบว่าในจำนวนนี้เป็นแบคทีเรียแกรมบวก 9 ไอโซเลต และแกรมลบ 1 ไอโซเลต แสดงให้เห็นถึงความหลากหลายของชนิดแบคทีเรียที่สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาวะที่มีการใช้ยาปฏิชีวนะ

การทดสอบความไวต่อยาปฏิชีวนะด้วยวิธี disk diffusion พบว่า แบคทีเรียที่คัดแยกได้มีความสามารถในการดื้อยา penicillin (100%) methicillin (90%) tetracycline (90%) amoxicillin-clavulanic acid (90%) และ Rifampicin and Doxycycline (20%) (**ตารางที่ 1**) โดยไม่พบหรือพบเพียงเล็กน้อยของวงใส (zone of inhibition) รอบแผ่นยา แสดงถึงความสามารถในการต้านทานยาที่สำคัญ ทั้งนี้ผลการทดสอบนี้บ่งบอกถึงปัญหาความดื้อยาปฏิชีวนะในสิ่งแวดล้อมของฟาร์มเลี้ยงสุกร ซึ่งอาจเป็นแหล่งกระจายเชื้อดื้อยาที่มีความเสี่ยงต่อทั้งสัตว์เลี้ยงและสิ่งแวดล้อม

การคัดแยกแบคทีเรียจากน้ำทิ้งของฟาร์มสุกรพบว่า แบคทีเรียที่ได้ส่วนใหญ่เป็นแกรมบวก (90%) และมีเพียงบางส่วนที่เป็นแกรมลบ โดยส่วนใหญ่แสดงความสามารถในการดื้อยา penicillin, methicillin, tetracycline และ amoxicillin-clavulanic acid ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่รายงานถึงการใช้ยาปฏิชีวนะอย่างแพร่หลายในฟาร์มเลี้ยงสัตว์เป็นหนึ่งในสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการสะสมของเชื้อดื้อยาในสิ่งแวดล้อม

ตารางที่ 1 การดื้อต่อยาปฏิชีวนะของแบคทีเรียที่คัดแยกได้

ไอโซเลต	ยาปฏิชีวนะ[a]					
	C	Met	RD	P	TE	AMC
ST_01	S	R	S	R	R	R
ST_02	S	R	S	R	R	R
ST_03	S	R	S	R	R	R
ST_04	S	R	R	R	R	R
ST_05	S	R	R	R	R	R
ST_06	S	R	S	R	R	R
ST_07	S	R	S	R	R	R
ST_08	S	R	S	R	R	R
ST_09	S	R	S	R	R	R
ST_10	S	S	S	R	S	S

[a] C: Chloramphiicol, P: Penicilin, Met: Methecilin, AMC: Amoxicillin, RD: Rifampicin, TE: Tetracycline

การจำแนกชนิดของแบคทีเรียดื้อยาปฏิชีวนะ

จากการวิเคราะห์ลำดับยีน *16S rRNA* พบว่าแบคทีเรียดื้อยาที่คัดแยกได้จากน้ำทิ้งฟาร์มสุกรในจังหวัดพัทลุง ประกอบด้วย *Staphylococcus* ssp. ร้อยละ 40 *Enterococcus* ssp. ร้อยละ 40 *Micrococcus* ssp. ร้อยละ 10 และ *Escherichia* sp. ร้อยละ 10 (**ตารางที่ 2**) ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า *Staphylococcus* และ *Enterococcus* เป็นแบคทีเรียที่พบมากที่สุด ซึ่งบ่งบอกถึงการเป็นแหล่งสะสมเชื้อดื้อยาในสิ่งแวดล้อม และอาจเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียดื้อยาในอนาคต

ตารางที่ 2 ชนิดของแบคทีเรียดื้อยาปฏิชีวนะที่คัดแยกได้

ไอโซเลต	Organisms	%Identity
ST-01	*Staphylococcus* sp.	99
ST-02	*Staphylococcus* sp.	99
ST-03	Enterococcus sp.	95
ST-04	*Staphylococcus* sp.	98
ST-05	*Staphylococcus* sp.	98
ST-06	Micrococcus sp.	93
ST-07	Enterococcus sp.	97
ST-08	Enterococcus sp.	96
ST-09	Enterococcus sp.	96
ST-10	Escherichia sp.	99

ประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรียดื้อยาปฏิชีวนะของสารสกัด

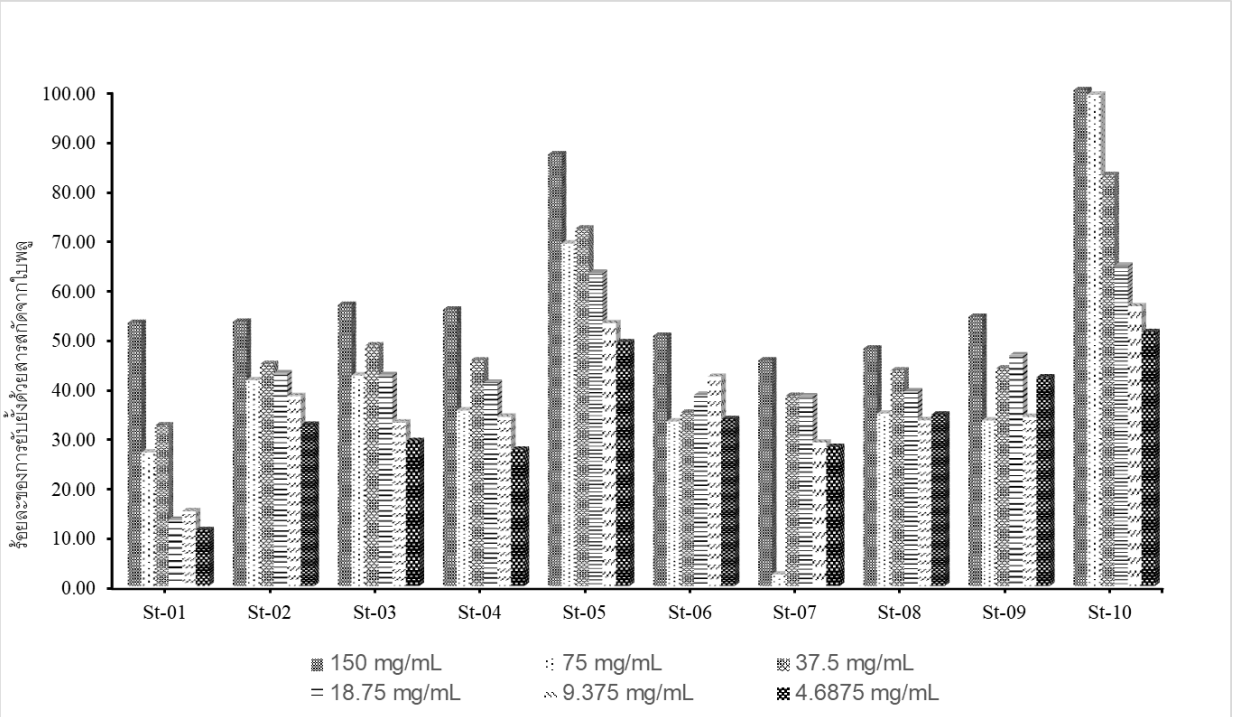
ผลการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียดื้อยาของสารสกัดใบพลูต่อแบคทีเรียไอโซเลต ST-01 ถึง ST-10 ด้วยวิธี disk diffusion พบว่าสารสกัดใบพลูที่ความเข้มข้น 150 mg/ml มีประสิทธิภาพยับยั้งแบคทีเรียได้ดี โดยให้ขนาดวงใส (zone of inhibition) ระหว่าง 6.5 ± 0.7 มม. ถึง 13.0 ± 0.0 มม. โดยเฉพาะไอโซเลต ST-01 แสดงค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 13.0 ± 0.0 มม. ที่ความเข้มข้น 75 mg/ml พบการยับยั้งในหลายไอโซเลต ขนาดวงใสอยู่ในช่วง 7.0 ± 0.0 มม. ถึง 9.5 ± 0.7 มม. ขณะที่ความเข้มข้น 37.5 mg/ml พบการยับยั้งเพียงในบางไอโซเลต โดย ST-05 มีวงใส 7.5 ± 0.7 มม. และไอโซเลตอื่น ๆ ส่วนใหญ่ไม่แสดงการยับยั้ง (NI: No Inhibition) (**ตารางที่ 3**) ผลการทดสอบนี้แสดงให้เห็นว่าสารสกัดใบพลูมีศักยภาพในการยับยั้งแบคทีเรียดื้อยา โดยประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารสกัด

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรียดื้อยาปฏิชีวนะด้วยวิธี Disk diffusion

	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณยับยั้ง (mm)		
ไอโซเลต	**150 mg/ml**	**75 mg/ml**	**37.5 mg/ml**
St-01	13.0±0.0	7.5±0.7	NI
St-02	8.0±0.0	7.0±0.0	NI
St-03	10.0±1.4	8.0±0.7	NI
St-04	10.5±0.7	7.5±0.7	NI
St-05	11.0±1.1	9.0±0.0	7.5±0.7
St-06	6.5±0.7	NI	NI
St-07	9.5±0.7	8.5±0.7	NI
St-08	11.5±1.1	9.5±0.7	NI
St-09	10.0±1.4	8.0±0.0	NI
St-10	12.0±0.0	8.0±0.0	NI

ใบพลู เป็นพืชสมุนไพรที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในเอเชีย มีสารสำคัญหลายชนิดที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพสูง โดยเฉพาะสารกลุ่มฟีนอลิกที่มีบทบาทในการยับยั้งจุลชีพและต้านแบคทีเรียได้อย่างมีประสิทธิภาพ ใบพลูมีน้ำมันหอมระเหยประมาณ 0.15 – 0.2% ซึ่งประกอบด้วยสารประเภท monoterpenes sesquiterpenes และฟีนิลโพรพานอยด์ หลายชนิด สารออกฤทธิ์หลักที่พบ เช่น ยูจีนอล (eugenol), ชาโวล (chavicol) ไฮดรอกซีชาวิคอล (hydroxychavicol) และสารฟีนอลิกอื่น ๆ อีกมากมาย ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ทำให้ใบพลูมีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียทั้งแกรมบวกและแกรมลบ (Singh *et al*,, 2018; Nayaka *et al*., 2021)

ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย (MIC) ของสารสกัดใบพลูต่อแบคทีเรียดื้อยาปฏิชีวนะจำนวน 10 ไอโซเลต (ST-01 ถึง ST-10) (ภาพที่ 1) พบว่า ไอโซเลตส่วนใหญ่มีค่า MIC อยู่ในช่วงความเข้มข้น 18.75–75 mg/ml โดยที่ ไอโซเลต ST-05 และ ST-10 แสดงค่าความไวสูงต่อสารสกัด มี MIC ต่ำสุดประมาณ 9.375 mg/ml ในขณะที่ไอโซเลตอื่น ๆ เช่น ST-06 และ ST-07 แสดงค่าการยับยั้งในระดับที่สูงกว่า (MIC ประมาณ 37.5–75 mg/ml) ทั้งนี้ พบแนวโน้มที่ความเข้มข้นสารสกัดสูงขึ้นส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การยับยั้งเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในทุกไอโซเลต



ภาพที่ 1 ร้อยละการเจริญของแบคทีเรียดื้อยาปฏิชีวนะยับยั้งด้วยสารสกัดจากใบพลูที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

จากผลการทดลองของผู้ใช้ที่พบว่าแบคทีเรียดื้อยา 10 ไอโซเลตมีค่า MIC อยู่ในช่วง 9.375–75 mg/mL สูงกว่าค่าที่รายงานก่อนหน้า MIC ของสารสกัดใบพลูต่อเชื้อดื้อยาต่าง ๆ ในระดับหลักสิบถึงหลักพันไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (Valle *et al*., 2016) ค่า MIC ในการทดลองของผู้ใช้ซึ่งอยู่ที่หลักหลายมิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรจึงสูงกว่ามาก (ประมาณ 10–100 เท่าหรือมากกว่า). ความแตกต่างนี้อาจเกิดจากปัจจัยหลายประการ เช่น วิธีการสกัดและความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ ที่ได้จากใบพลู, ความรุนแรงในการดื้อยาของเชื้อไอโซเลต ที่ทดสอบ, หรือ วิธีทดสอบที่ใช้ (Lao *et al*., 2013) โดยสรุป แม้ว่าค่าที่ผู้ใช้พบจะสูงกว่าในงานวิจัยที่ผ่านมา แต่แนวโน้มทั่วไปยืนยันว่า สารสกัดใบพลูสามารถยับยั้งแบคทีเรียดื้อยาได้จริง เพียงแต่อาจต้องปรับวิธีการสกัดหรือเพิ่มความเข้มข้นของสารให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษานี้พบว่า น้ำทิ้งจากฟาร์มเลี้ยงสุกรในจังหวัดพัทลุงมีการปนเปื้อนของแบคทีเรียดื้อยาปฏิชีวนะในระดับสูง โดยสามารถคัดแยกแบคทีเรียดื้อยาได้ทั้งหมด 10 ไอโซเลต ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียแกรมบวก ได้แก่ *Staphylococcus* spp. และ *Enterococcus* spp. แสดงให้เห็นถึงความเสี่ยงของสิ่งแวดล้อมในฟาร์มต่อการสะสมและแพร่กระจายของเชื้อดื้อยา โดยเฉพาะการดื้อยา penicillin, methicillin, tetracycline และ amoxicillin-clavulanic acid

การประเมินฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของสารสกัดใบพลู พบว่ามีศักยภาพในการยับยั้งแบคทีเรียดื้อยาได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยมีขนาดวงใสเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารสกัด และสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียบางไอโซเลตได้ดี ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าใบพลูมีองค์ประกอบทางชีวภาพที่สามารถนำมาใช้เป็นแหล่งสารธรรมชาติในการควบคุมเชื้อดื้อยาได้ อย่างไรก็ตาม ค่าความเข้มข้นที่ใช้ในการยับยั้งยังสูงกว่าการศึกษาก่อนหน้า ซึ่งอาจเกิดจากวิธีการสกัด ความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ หรือความรุนแรงของการดื้อยาของไอโซเลตที่ใช้ทดสอบ โดยสรุป งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นถึงปัญหาการแพร่กระจายของเชื้อดื้อยาปฏิชีวนะในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ และแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของสารสกัดใบพลูในการเป็นทางเลือกเชิงชีวภาพสำหรับการควบคุมเชื้อดื้อยาในสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

คำขอบคุณ

ข้าพเจ้าและคณะผู้จัดทำขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง สนับสนุนและอำนวยความสะดวกในการทำวิจัยและเจ้าของฟาร์มสุกร ต. เกาะเต่า อ. ป่าพะยอม จ. พัทลุง ที่อนุเคราะห์ตัวอย่างน้ำทิ้งสำหรับการทำวิจัย

อ้างอิง

Lane, B. G., Bernier, F., Dratewka-Kos, E., Shafai, R., Kennedy, T. D., Pyne, C., ... & Altomare, F. (1991). Homologies between members of the germin gene family in hexaploid wheat and similarities between these wheat germins and certain Physarum spherulins. Journal of Biological Chemistry, 266(16), 10461-10469.

Lao, R. C. C., Yabes, A. M., Tobias-Altura, M., Panganiban, L. C. R., & Makalinao, I. R. (2023). In vitro antibacterial and antibiofilm activities of Piper betle L. ethanolic leaf extract on staphylococcus aureus ATCC 29213. Acta Medica Philippina, 57(12), 53.

Nayaka, N. M. D. M. W., Sasadara, M. M. V., Sanjaya, D. A., Yuda, P. E. S. K., Dewi, N. L. K. A. A., Cahyaningsih, E., & Hartati, R. (2021). Piper betle (L): Recent review of antibacterial and antifungal properties, safety profiles, and commercial applications. *Molecules*, *26*(8), 2321.

Singh, D., Narayanamoorthy, S., Gamre, S., Majumdar, A. G., Goswami, M., Gami, U., ... & Subramanian, M. (2018). Hydroxychavicol, a key ingredient of Piper betle induces bacterial cell death by DNA damage and inhibition of cell division. *Free Radical Biology and Medicine*, *120*, 62-71.

Valle Jr, D. L., Cabrera, E. C., Puzon, J. J. M., & Rivera, W. L. (2016). Antimicrobial activities of methanol, ethanol and supercritical CO2 extracts of Philippine Piper betle L. on clinical isolates of gram positive and gram negative bacteria with transferable multiple drug resistance. PloS one, 11(1), e0146349.

P 8

ผลของการเสริมสไปรูลิน่าและไขมันในอาหารสำเร็จรูปต่อการพัฒนารังไข่และคุณภาพตัวอ่อนปูทะเล (*Scylla paramamosain*, Estampador, 1949)

ภาสกร ศิริพิพัฒน์[1]* ศุภรัตน์ ฉัตรจริยเวศน์[2] สิริวรรณ หนูเซ่ง[3] พรพิมล ทิวแพ[3] และชมพูนุท สามห้วย[4]

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระดับไขมันและสไปรูลิน่าที่ผสมในอาหารสำเร็จรูปต่อการขุนเลี้ยงแม่พันธุ์ปูทะเล *Scylla paramamosain* (Estampador, 1949) การออกไข่นอกกระดองของแม่ปูทะเล ความดกไข่ การฟักไข่จำนวนลูกปูทะเลระยะซูเอี้ย โดยมีการทดลองจำนวน 5 ชุด ชุดการทดลองละ 10 ซ้ำ ใช้แม่ปู 1 ตัว/ซ้ำ นำแม่ปูไข่อ่อนระยะที่ 2 ขุนเลี้ยงด้วยอาหารที่มีไขมันและสไปรูลิน่าในระดับที่ต่างกันจนกระทั่งแม่ปูมีพัฒนาการจนมีไข่นอกกระดอง ดังนี้ ชุดการทดลองที่ 1 ชุดการทดลองควบคุม ใช้อาหารสด (ปลาและหอยแมลงภู่) ชุดการทดลองที่ 2 ไขมัน 10% สไปรูลิน่า 0% ชุดการทดลองที่ 3 ไขมัน 10% สไปรูลิน่า 3% ชุดการทดลองที่ 4 ไขมัน 13% สไปรูลิน่า 0% และชุดการทดลองที่ 5 ไขมัน 13% สไปรูลิน่า 3% และผลจากการศึกษาเปรียบเทียบอาหารชุดควบคุม และ อาหารทดลองทั้ง 4 ชุด พบว่าชุดการทดลองที่ 2 แม่ปูที่เลี้ยงด้วยไขมัน 10% ชุดการทดลองที่ 3 แม่ปูที่เลี้ยงด้วยไขมัน 10% ร่วมกับสไปรูลิน่า 3% และชุดการทดลองควบคุม แม่ปูที่เลี้ยงด้วยอาหารสด มีประสิทธิภาพในการผลิตจำนวนแม่ปูไข่นอกกระดองมากที่สุด โดยแม่ปูชุดการทดลองที่ 3 และ 4 มีอัตรารอดมากกว่าชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 5 ในส่วนของความดกไข่พบว่าชุดการทดลองที่แม่ปูที่มีการออกไข่นอกกระดองมีจำนวนไข่ (ฟอง) มากที่สุดคือ แม่ปูที่เลี้ยงด้วยอาหารสด โดยมีจำนวนไข่เฉลี่ยคือ 7.04 แสนฟอง ส่วนชุดการทดลองที่ 2, 5 และ 3 มีจำนวนไข่เฉลี่ยอยู่ในช่วง 5.75 ถึง 6.01 แสนฟอง เมื่อศึกษาจำนวนตัวอ่อนระยะซูเอี้ยที่ฟักออกมา พบว่า อาหารทดลองมีผลต่อจำนวนลูกปูวัยอ่อนระยะซูเอี้ย กล่าวคือ ชุดการทดลองที่ 3 สามารถฟักเป็นตัวอ่อนระยะซูเอี้ยได้ดีที่สุด จากการศึกษาสรุปว่าการให้อาหารที่มีไขมัน 10% สไปรูลิน่า 3% เป็นอาหารสำหรับขุนเลี้ยงแม่พันธุ์ปูทะเลให้จำนวนลูกปูระยะซูเอี้ยดีที่สุด

คำสำคัญ: *Scylla paramamosain* ปูทะเล คุณภาพรังไข่ ไขมัน, สไปรูลิน่า

[1] ตำแหน่ง, กองวิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์น้ำ กรมประมง กทม.

[2] ตำแหน่ง, ข้าราชการเกษียณอายุ

[3] ตำแหน่ง, ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสุราษฎร์ธานี กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง

[4] ตำแหน่ง, ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสมุทรสาคร กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง

[1] Aquatic animal Feed Research Group, Aquatic Animal Feed Research and Development Division, Department of Fisheries

[2] Retired Civil Servant

[3] Suratthani Coastal Aquaculture Research and Development Center, Coastal Aquaculture Research and Development Division, Department of Fisheries

[4] Samutsakhon Coastal Aquaculture Research and Development Center, Coastal Aquaculture Research and Development Division, Department of Fisheries

* Corresponding Author: E-mail: obbcdpas@gmail.com, Tel: 0802345332

Effect of Formulated Diet Supplemented with *Spirulina* sp. and Lipid on Ovarian Development of Broodstock and Offspring Quality of Mud Crab (*Scylla paramamosain* Estampador, 1949)

Passakorn Siripipat [1*], Suparat Chatjareyaves [2] Siriwan Nooseng [3] Pornphimon Tiewpair[3] and Chompunut Samhuai[4]

Abstract

This study aimed to evaluate the effects of varying dietary lipid levels and spirulina supplementation in formulated feeds on the broodstock conditioning of the mud crab *Scylla paramamosain* (Estampador, 1949). The investigation focused on reproductive performance, including external egg extrusion, fecundity, hatching success, and the number of larvae at the zoea stage. The experiment was conducted using five treatment groups, each with ten replicates (one female crab per replicate). Female broodstock at ovarian development stage II were reared using formulated diets containing different levels of lipid and spirulina until they reached full ovarian maturation, indicated by the extrusion of eggs outside the carapace. The dietary treatments were as follows: Group 1 served as the control and was provided with a fresh diet comprising fish and mussels; Group 2 received a formulated feed containing 10% lipid without spirulina; Group 3 received 10% lipid with 3% spirulina; Group 4 was given 13% lipid without spirulina; and Group 5 received 13% lipid with 3% spirulina. Results showed that external egg extrusion was most prominent in Group 2 (10% lipid), Group 3 (10% lipid with 3% spirulina), and the control group (fresh diet). Additionally, the survival rates of broodstock in Groups 3 and 4 were higher than those observed in Groups 1, 2, and 5, suggesting enhanced viability in these groups. Regarding fecundity, the highest average number of eggs was recorded in the control group, with approximately 704,000 eggs per female. Groups 2, 5, and 3 followed with average egg counts ranging from 575,000 to 601,000 eggs. These findings demonstrate that while the fresh diet yielded the highest fecundity, formulated diets containing 10% lipid, with or without spirulina, also supported substantial reproductive output. In terms of larval production, the results indicated a significant effect of diet on the number of zoea larvae. Among all treatments, Group 3 (10% lipid with 3% spirulina) produced the highest number of viable zoea larvae, suggesting that this specific formulation is most effective for enhancing reproductive success

Keywords: *Scylla paramamosain*, mud crab, egg quality, lipid, spirulina

บทนำ

อาหารสำเร็จรูปได้รับความสนใจในการนำมาใช้ทดแทนอาหารสด เนื่องจากมีคุณสมบัติที่ดีหลายอย่าง โดยเฉพาะสามารถควบคุมคุณภาพและปริมาณการผลิตได้ตามต้องการ สะดวกในการเก็บรักษาและเก็บได้นาน ลดความเสี่ยงในการปนเปื้อนเชื้อโรค ลดปัญหาน้ำเสียในบ่อเลี้ยง และสามารถเติมสารอาหาร หรือสารเพิ่มภูมิต้านทานหรือฮอร์โมนได้ตามต้องการ (Harrison, 1990; Bray and Lawrence, 1992; Perez-Velazquez *et al*., 2002) อย่างไรก็ตาม สำหรับปูทะเล (*Scylla paramamosain*, Estampador, 1949) นั้น ข้อมูลการใช้อาหารสำเร็จรูปเลี้ยงแม่ปูทะเลในประเทศไทยยังมีน้อย การเลี้ยงแม่พันธุ์ปูทะเลในประเทศไทยยังนิยมใช้อาหารสดเป็นหลัก ได้แก่ปลาสด (ปลาข้างเหลือง และปลาหลังเขียว) และ หอยสด (หอยแครง หอยกะพง และหอยแมลงภู่) ซึ่งทำให้ได้ปูไข่ติดหน้าท้องและอัตราฟักไข่ประมาณ 23.33-53.33% และ 68.19-75.42% ตามลำดับ (สุรชาติ และเอกพงษ์, 2543; บังอร และโชคชัย, 2545) ซึ่งเป็นปริมาณค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับงานวิจัยของ Mann *et al.* (1999) ที่รายงานว่าปูทะเลไข่ติดหน้าท้องจากการเลี้ยงด้วยอาหารสดร่วมกับอาหารสำเร็จรูปได้อัตราฟักไข่ถึง 88%

กรดไขมันเป็นสารอาหารที่มีบทบาทสำคัญต่อสัตว์น้ำกลุ่ม crustaceans โดยเฉพาะกรดไขมันกลุ่ม linoleic acids (n-6), linolenic acid (n-3) และ sterols (Chang and O'Conner, 1983; Mourente, 1996 ;Kanazawa *et al*., 1988 อ้างโดย Wouters *et al*., 2001) เนื่องจากสัตว์น้ำในกลุ่มนี้ไม่สามารถสังเคราะห์เองได้จำเป็นต้องได้รับจากอาหารเพียงอย่างเดียวกรดไขมันในกลุ่มนี้เป็นองค์ประกอบสำคัญของ phospholipids ซึ่งเป็นโครงสร้างหลักของ cell membranes และ transport lipoproteins การขาด phospholipids ในอาหารทำให้ความสมบูรณ์ของรังไข่ *Marsupenaeus japonicas* ลดลง (Alava *et al*., 1993) อ้างโดย Wouters *et al.* (2001) โดยเฉพาะ eicosapentaenoic acid (EPA, C20:5n3) และ docosahexaenoic acid (DHA, C22:6n3) ซึ่งมีความสำคัญต่อการสืบพันธุ์ของ crustaceans เนื่องจากเป็นสารอาหารหลักที่พบในรังไข่ที่สมบูรณ์เต็มที่ของกุ้งทะเลและพบในอาหารธรรมชาติที่นำมาเป็นอาหารพ่อแม่พันธุ์ เช่นหมึก และ เพรียง เป็นต้น (Middleditch *et al*., 1980; Lytle *et al*., 1990) รวมถึงพบในรังไข่ที่สมบูรณ์เต็มที่ของปูทะเล (Tantikitti *et al*., 2015) ซึ่งอาหารพ่อแม่พันธุ์ควรมีสัดส่วน n-3/n-6 สูง (Lytle *et al*., 1990)

สารสี (carotenoid) เป็นสารอาหารอีกประเภทหนึ่งที่สัตว์น้ำในกลุ่ม Crustacean ไม่สามารถสังเคราะห์เองได้ ต้องได้รับจากการกินอาหารเท่านั้น สารสีเป็นแหล่งสำรองอาหารของตัวอ่อนและระยะก่อนกินอาหาร สำหรับการพัฒนาของเซลล์รงค์วัตถุและดวงตา (Dall *et al*., 1995) Paibulkitchakul *et al.* (2008) ได้มีการเสริม astaxanthin (50 มก./กก.) และน้ำมันปลาในปริมาณ 8% ในอาหารสำเร็จรูปพบว่าสามารถเพิ่มความสมบูรณ์และการวางไข่ของกุ้งกุลาดำได้ดี โดยแหล่งสารสีจากธรรมชาติที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงที่นิยมนำมาใช้เป็นวัสดุผลิตอาหารเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คือสาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina* sp.) ซึ่งมีองค์ประกอบของสารสีหลายชนิด เช่น β-carotene, β-cryptoxanthin และ zeaxanthin เป็นต้น นอกจากนี้ยังอุดมไปด้วย essentialamino acids และ unsaturated fatty acid หลายชนิด (Ahsan *et al*., 2008)

หากสามารถพัฒนาอาหารที่เหมาะสมสำหรับเลี้ยงแม่พันธุ์ปูทะเลเพื่อให้ได้ผลผลิตลูกปูที่มีคุณภาพสูงและมีปริมาณต่อเนื่อง จะทำให้สามารถผลิตลูกพันธุ์ปูทะเลคุณภาพในปริมาณที่เพียงพอ สามารถตอบสนองความต้องการในการเพาะเลี้ยงและขยายผลสู่การเลี้ยงในระดับเชิงพาณิชย์ต่อไปโดยโครงการนี้ เป็นการศึกษาผลของการเสริมสไปรูลิน่าและไขมันที่ระดับต่างๆ ในอาหารสำเร็จรูปต่อการพัฒนารังไข่และคุณภาพตัวอ่อนปูทะเล เปรียบทียบกับการเลี้ยงแม่ปูทะเลด้วยการใช้อาหารมีชีวิต โดยนำอาหารสูตรต่างๆ มาทดลองเลี้ยงแม่พันธุ์ปูทะเลและเพาะพันธุ์จนได้ลูกประยะซูเอี้ย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การวางแผนการศึกษา

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) โดยผลิตอาหารสำเร็จรูปสูตรพื้นฐานให้มีโปรตีนประมาณ 50% และพลังงานรวม 4,500 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม (Kaonoona, 2015) มีชุดการทดลองทั้งสิ้น จำนวน 5 ชุด (Treatments) ดังนี้

1. อาหารสด ได้แก่ ปลาหลังเขียวและหอยแมลงภู่ ให้พร้อมกันในอัตราส่วน 1:1 (ชุดควบคุม) 2. อาหารสำเร็จรูปสูตรที่มีไขมัน 10% + สไปรูลิน่า 0% 3. อาหารสำเร็จรูปสูตรที่มีไขมัน 10% + สไปรูลิน่า 3% 4. อาหารสำเร็จรูปสูตรที่มีไขมัน 13% + สไปรูลิน่า 0% 5. อาหารสำเร็จรูปสูตรที่มีไขมัน 13% + สไปรูลิน่า 3%

โดยทดลองเลี้ยงปูทะเลจำนวน 2 รอบ (2 blocks) รอบที่ 1 ดำเนินการในเดือน กรกฎาคม - กันยายน 2565 และรอบที่ 2 ดำเนินการในเดือน สิงหาคม - ตุลาคม 2565

2. วิธีการทดลอง

2.1 สถานที่ทดลองและระยะเวลาทดอง

การทดลองได้ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยและเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสุราษฎร์ธานี โดยเลี้ยงแม่ปูทะเลตั้งแต่เดือน กรกฎาคม - ตุลาคม 2565

2.2 การเตรียมวัสดุอุปกรณ์

2.2.1 การเตรียมตู้ทดลองและจัดระบบการทดลองเลี้ยงแม่พันธุ์ปูทะเล

ใช้ตู้กระจกขนาด 0.45 x 0.60 x 0.45 เมตร สำหรับเลี้ยงแม่ปูทะเล ตู้ละ 1 ตัว จัดทำถาดฝังตัวด้วยทรายหยาบหนาประมาณ 2 นิ้ว (ภาพที่ 1) ใช้กระถางกระเบื้องดินเผาผ่าซีกสำหรับให้ปูหลบซ่อนตัว และใช้ม่านสแลนสีดำพรางแสง 70% คลุมประมาณ 3 ใน 4 ส่วน เพื่อลดความเข้มแสง รักษาระดับน้ำหมุนเวียนในตู้ทดลองให้มีระดับลึก 30 ซม. ติดตั้งระบบให้อากาศและหมุนเวียนน้ำในตู้ทดลองจำนวน 50 ตู้ (ภาพที่ 1)

ภาพที่ 1 ตู้ทดลองและระบบน้ำหมุนเวียนที่ใช้ในการทดลองและภายในตู้ทดลอง

2.2.2 **การเตรียมแม่พันธุ์ปูทะเลและการทดลองเลี้ยงแม่พันธุ์ปูทะเล**

2.2.2.1 การเตรียมปูทะเลจากฟาร์มเข้ามาที่ศูนย์วิจัยและเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสุราษฎร์ธานี โดยใช้ปูทะเลเพศเมียชนิดปูขาวที่ได้จากการเพาะพันธุ์จากโรงเพาะฟักของเกษตรกร จ.สุราฎร์ธานี ที่มีการเลี้ยงตัวผู้และตัวเมียรวมกันจนกระทั่งถึงวัยเจริญพันธุ์ขนาดประมาณ 2-3 ตัว/กก. คัดปูเพศเมียอายุประมาณ 3-3.5 เดือน ที่มีสภาพสมบูรณ์ แข็งแรง และระยางค์ครบถ้วน จำนวนรวมทั้งสิ้น 50 ตัว เพื่อใช้ใน 2 ช่วงการเลี้ยง โดยในช่วงที่ 1 ใช้ปูชุดการทดลองละ 5 ตัว รวมจำนวน 25 ตัว ช่วงที่ 2 ใช้ปูชุดการทดลองละ 5 ตัว รวมจำนวน 25 ตัว

จากนั้นขนส่งจากฟาร์มเข้ามาที่ศูนย์วิจัยและเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสุราษฎร์ธานี

2.2.2.2 นำปูทะเลจากฟาร์มเกษตรกรมาเลี้ยงในบ่อพักที่จัดให้มีที่หลบซ่อนและให้อากาศและมีการถ่ายเทน้ำเลียนแบบบ่อดิน และฝึกให้กินอาหารสำเร็จรูปก่อนทดลอง ซึ่งมีโปรตีนประมาณ 50% ไขมัน 10% เป็นระยะเวลา 7-10 วัน

2.2.2.3 คัดแม่ปูเพศเมียที่คาดว่าได้รับการผสมพันธุ์แล้วและมีไข่ในกระดองระยะที่ 2 โดยตรวจสอบระยะไข่ด้วยการส่องไฟ (ภาพที่ 2ก.) โดยลักษณะไข่ในกระดองเมื่อผ่าแล้วจะมีลักษณะดังตัวอย่างภาพที่ 2ข. แยกปูที่คัดเลือกออกมาเลี้ยงในตู้กระจกทดลองที่เตรียมไว้ โดยนำแม่ปูทุกตัวมาทำการชั่งน้ำหนักและวัดความว้างกระดอง ก่อนนำมาทดลองเลี้ยงด้วยอาหารตาม

ชุดการทดลองแม่ปูมีน้ำหนัก 214.84±13.46 ถึง 279.87±29.11 กรัม มีความกว้างกระดอง 10.49±0.35 ถึง11.34±0.44 เซ็นติเมตร

ภาพที่ 2 แม่ปูทะเลไข่ในกระดองระยะที่ 2 ตรวจสอบจากการส่องไฟ (ภาพ 2ก) และตรวจสอบจากการผ่า (ภาพ 2ข)

2.3 การเตรียมอาหารทดลอง

การเตรียมอาหารสำเร็จรูป เตรียมอาหารโดยการผสมวัตถุดิบ ให้เข้ากัน โดยการผสมอาหาร 4 สูตรมีอัตราส่วนดังตารางที่ 2 ตัดอาหารเป็นรูปลูกเต๋าขนาดประมาณ 1.5x1.5x1 เซนติเมตร (กว้างxยาวxสูง) นึ่ง 10 นาที อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสประมาณ 8 ชั่วโมง ทดสอบความคงทนโดยการแช่อาหารในน้ำโดยที่ 2 ชม. อาหารยังคงเป็นก้อนสภาพเดิมสามารถใช้ตะเกียบคีบขึ้นมาได้โดยไม่แตก การเตรียมอาหารสดใช้ปลาหลังเขียวตัดเป็นชิ้นขนาดประมาณ 2x2x1 เซนติเมตร (กว้างxยาวxสูง) หอยแมลงภู่ขนาดประมาณ 1.5x2.5x0.5 เซนติเมตร (กว้างxยาวxสูง) ให้ปลาหลังเขียวและหอยแมลงภู่ในอัตราส่วน 1:1 ขุนเลี้ยงแม่ปูไข่อ่อนระยะที่ 1-2 เป็นระยะเวลา 3 เดือน

2.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในอาหารทดลอง

- เก็บตัวอย่างอาหารทดลองทุกสูตร ๆ ละ 500 กรัม ไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์องค์ประกอบอาหารอย่างหยาบ (Proximate composition) ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า ตามวิธีการของ AOAC (2005) และวิเคราะห์ กาก ด้วยวิธี In-house Method : Based on ISO6865:2000
- กรดไขมัน ส่งวิเคราะห์ด้วยวิธี In-house method WI-TMC-05 based on AOAC (2023) 996.06, 969.33

ตารางที่ 1 สูตรอาหารสำเร็จรูปสำหรับแม่ปูที่มีไขมันและสาหร่ายสไปรูลิน่าในระดับต่างๆกัน

วัตถุดิบ	ชุดการทดลองที่ 2	ชุดการทดลองที่ 3	ชุดการทดลองที่ 4	ชุดการทดลองที่ 5
1. ปลาป่น (65%P)	43.00	43.00	43.00	43.00
2. ตับหมึกป่น (49%P)	10.00	10.00	10.00	10.00
3. คริลป่น (50%P)	2.00	2.00	2.00	2.00
4. กากถั่วเหลืองป่น (45%P)	9.00	8.50	9.00	8.50
5. หวีตกลูเต้น (75%P)	9.00	7.50	9.00	7.50
6. แป้งข้าวจ้าว	8.31	7.33	5.26	4.33
7. สารเหนียว (แอลฟ่าสตาช)	3.00	3.00	3.00	3.00
8 .น้ำมันปลาทูน่า	0.20	0.25	2.55	2.55
9. น้ำมันถั่วเหลือง	2.00	2.03	2.70	2.73

10. แอสตราแซนทีน 10%	0.10	0.00	0.10	0.00
11. สไปรูลิน่า	0.00	3.00	0.00	3.00
12. วิตามิน แร่ธาตุ เลซิตินและ อื่นๆ	13.39	13.39	13.39	13.39
รวม (%)	**100.00**	**100.00**	**100.00**	**100.00**

ตารางที่ 2 คุณค่าทางโภชนาการและปริมาณแคโรทีนอยด์ของอาหารแม่ปูทะเล

คุณค่าทางโภชนาการ (%)	ชุดการทดลองที่ 1		ชุดการทดลอง	ชุดการทดลอง	ชุดการ	ชุดการทดลอง
	ปลาสด	หอยสด	ที่ 2	ที่ 3	ทดลองที่ 4	ที่ 5
ความชื้น	75.36	79.92	9.45	10.00	11.12	11.35
โปรตีน	20.54	16.07	54.52	54.79	53.53	54.84
ไขมัน	1.12	0.75	9.95	10.09	12.96	13.31
เถ้า	2.08	1.40	16.91	16.97	16.80	16.90
กากอาหาร	0.88	0.74	1.91	1.77	1.82	1.47
คาร์โบไฮเดรต	0.02	1.12	16.51	16.19	14.67	13.29
รวม	100	100	100	100	100	100
พลังงานรวม Kcal/kg	1265.12	1023.15	4692.12	4707.46	4845.28	4895.67
แคโรทีนอยด์	2.41	65.47	45.16	26.03	65.46	31.63

2.5 วิธีการเลี้ยงแม่ปูทะเลและการจัดการ

ให้อาหารทดลองแก่แม่ปูในถาด วางในแต่ละตู้ทุกวัน วันละ 2 มื้อ (มื้อค่ำ 20.00 น. และมื้อเช้า 09.00 น.) ตามปริมาณความต้องการของแม่ปู โดยให้กินจนอิ่ม สังเกตไม่ให้มีอาหารเหลือ หากมีอาหารเหลือให้นำอาหารที่เหลือออกจากถังทดลองทุกครั้ง โดยการยกถาดอาหารออกจากถังเลี้ยง และดูดตะกอนของเสียในบ่อเลี้ยงออกทุกเช้า พร้อมบันทึกปริมาณอาหารที่ปูกินได้จริงในแต่ละครั้ง ตรวจวัดคุณภาพน้ำทุกวันควบคุมรักษาคุณภาพน้ำในระบบน้ำหมุนเวียน สังเกตและตรวจสุขภาพของแม่ปู เช่น บาดแผลภายนอก พาราไซค์ตามระยางค์ และความสมบูรณ์ของแม่ปูทะเลทุกวัน จนกระทั่งแม่ปูมีไข่ติดหน้าท้อง ตรวจสอบวัดขนาดกระดองและน้ำหนักตัว ระยะพัฒนาการของรังไข่แม่ปูทุก ๆ 4 สัปดาห์ เป็นเวลาประมาณ 12 สัปดาห์ หรือจนกระทั่งแม่ปูเริ่มวางไข่ ตรวจสอบอัตราการฟักเป็นตัว และความสมบูรณ์ของร่างกายตัวอ่อนลูกปูทะเลภายใต้กล้องจุลทรรศน์ และทดสอบความแข็งแรงของลูกปูทะเลด้วยการแช่ในน้ำจืดเป็นเวลา 1 ชม. นำลูกปูที่ได้ไปอนุบาลเพื่อศึกษาพัฒนาการและอัตรารอดตายของลูกปูระยะ Zoea

3 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ผล

เก็บรวบรวมข้อมูล จำนวนแม่ปูที่มีการพัฒนารังไข่นอกกระดองในแต่ละชุดการทดลอง (ตัว) น้ำหนักตัว ความดกไข่ อัตราการฟักไข่ จำนวนตัวอ่อน (zoea) ที่รอดชีวิต

-อัตราการฟัก (%) = จำนวนลูกปูทะเลระยะซูเอี้ยที่ได้x100/จำนวนไข่ทั้งหมด

- ความดกของไข่ (ฟอง) = จำนวนไข่จากการสุ่มนับตัวอย่าง X น้ำหนักไข่ทั้งหมด (กรัม)/น้ำหนักของไข่ที่สุ่ม

- อัตรารอดตาย (%) = (จำนวนปูที่เหลือ/จำนวนปูเริ่มทดลอง) x 100

- ปูไข่ติดหน้าท้อง (%) = (จำนวนปูที่มีไข่ติดหน้าท้อง/จำนวนปูที่รอดตายทั้งหมด) x 100

- อัตราแม่ปูฟักไข่เป็นตัว (%)	=	(จำนวนปูที่ฟักไข่/จำนวนปูทั้งหมดในชุดการทดลอง) x 100
- น้ำหนักไข่ (กรัม)	=	น้ำหนักปูไข่ติดหน้าท้อง (กรัม) – น้ำหนักปูหลังฟักไข่ (กรัม)
- น้ำหนักไข่/น้ำหนักตัว (%)	=	(น้ำหนักไข่ (กรัม) / น้ำหนักตัวแม่ปูไข่ติดหน้าท้อง (กรัม)) x 100
- จำนวนไข่ (ฟอง)	=	จำนวนไข่ต่อน้ำหนัก 1 กรัม x น้ำหนักไข่
- ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/วัน)	=	(อาหารแห้งที่ปูกินจนถึงวันที่มีไข่ติดหน้าท้อง /จำนวนวัน)
- อัตราการกินอาหาร (% น.น.ตัว/วัน)	=	(น้ำหนักอาหารแห้งที่กิน/(ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักปูเริ่มต้นกับน้ำหนักปูที่มีไข่ติดหน้าท้อง)/ จำนวนวันก่อนมีไข่ติดหน้าท้อง) x 100

3.2 การประเมินระดับของดัชนีอัตราการกินอาหารและสารอาหารที่แม่ปูไข่ติดหน้าท้องได้รับ

คะแนนประเมินระดับแต่ละดัชนีภายใน 5 ชุดการทดลอง มีค่าสูงสุดไม่เกิน 5 คะแนน โดยเปรียบเทียบภายในดัชนีนั้นๆ จากมากไปน้อย คือ 5, 4, 3, 2 และ 1 คะแนน

3.3 การประเมินระดับของดัชนีและประสิทธิภาพของชุดการทดลอง

คะแนนประเมินระดับแต่ละดัชนีภายใน 5 ชุดการทดลอง มีค่าสูงสุดไม่เกิน 5 คะแนน โดยเปรียบเทียบภายในดัชนีนั้นๆ จากมากไปน้อย คือ 5, 4, 3, 2 และ 1 คะแนน อ้างอิงตามหลักการประเมินดัชนีทางชีววิทยา (Biology index) ของศุภรัตน์และคณะ (2565) ได้แก่

3.4 การตรวจวัดคุณภาพน้ำและการควบคุมรักษาคุณภาพน้ำที่เหมาะสม ทุกสัปดาห์ทำการตรวจวัด ความเค็มและ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความเป็นด่าง ปริมาณแอมโมเนียรวม ค่าไนไตรท์ ไนเตรท ฟอสเฟต ตามวิธีของ Strickland and Parson (1972) มีการควบคุมรักษาคุณภาพน้ำทะเลที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปูทะเล

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. การเจริญเติบโตและการออกไข่นอกกระดองของแม่ปูทะเล

ผลการทดลองการเลี้ยงแม่ปูทะเลด้วยอาหารที่แตกต่างกันจำนวน 5 ชุดการทดลอง ได้แก่ ชุดการทดลองที่ 1 (ชุดควบคุม) แม่ปูทะเลที่ขุนเลี้ยงด้วยปลาสดและหอยแมลงภู่ ชุดการทดลองที่ 2 แม่ปูทะเลที่ขุนเลี้ยงด้วยอาหารที่มีไขมัน 10% และ สไปรูลิน่า 0% ชุดการทดลองที่ 3 แม่ปูทะเลที่ขุนเลี้ยงด้วยอาหารที่มีไขมัน 10% และ สไปรูลิน่า 3% ชุดการทดลองที่ 4 แม่ปูที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีไขมัน 13% และ สไปรูลิน่า 0% และชุดการทดลองที่ 5 แม่ปูที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีไขมัน 13% และ สไปรูลิน่า 3% พบว่าการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของแม่ปูทะเลเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ชุดการทดลองที่ 1-5 มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย -0.14, 4.11, -8.80, 6.02, และ 6.29 กรัม ตามลำดับ โดยชุดการทดลองที่ 1 มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเพิ่มขึ้นมากที่สุด แม่ปูทะเลมีอัตรารอด ในชุดการทดลอง control จำนวน 8 ตัว ชุดการทดลองที่ 1 จำนวน 8 ตัว ชุดการทดลองที่ 2 จำนวน 9 ตัว ชุดการทดลองที่ 3 จำนวน 9 ตัว และชุดการทดลองที่ 4 จำนวน 7 ตัว คิดเป็น 80, 80, 90, 90 และ 70%ตามลำดับ โดยชุดการทดลองที่ 2 และ 3 มีอัตรารอดมากที่สุด ชุดการทดลองที่ 1 ชุดการทดลองที่ 2 และชุดการทดลอง control แม่ปูออกไข่นอกกระดองได้มากที่สุด คือจำนวน 2 ตัว รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ 3 และชุดการทดลองที่ 4 แม่ปูสามารถออกไข่นอกกระดอง จำนวน 1 ตัว เมื่อนำผลมาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าไม่สามารถวิเคราะห์ได้เนื่องจากมีจำนวนแม่ปูที่ออกไข่น้อยเกินไป

การพัฒนารังไข่ของแม่ปูและการออกไข่นอกกระดองเริ่มจากแม่ปูมีการพัฒนารังไข่ระยะที่ 1-2 โดยในชุดการทดลอง Control ในเดือนที่ 1 แม่ปูมีการพัฒนารังไข่ระยะ 3 จำนวน 3 ตัว ออกไข่นอกกระดองจำนวน 1 ตัว ในเดือนที่ 2 แม่ปูมีการพัฒนารังไข่ระยะ 4 จำนวน 2 ตัว ไม่พบการออกไข่นอกกระดอง ในเดือนที่ 3 แม่ปูมีการพัฒนารังไข่ระยะ 3 จำนวน 2 ตัว ออกไข่นอกกระดองจำนวน 1 ตัว ชุดการทดลองที่ 1 ในเดือนที่ 1 แม่ปูมีการพัฒนารังไข่ระยะ 3 จำนวน 3 ตัว ไม่พบการออกไข่นอกกระดอง ในเดือนที่ 2 แม่ปูมีการพัฒนารังไข่ระยะ 3 จำนวน 1 ตัว ออกไข่นอกกระดองจำนวน 2

ตัว ในเดือนที่ 3 แม่ปูมีการพัฒนารังไข่ระยะ 3 จำนวน 1 ตัว ไม่พบการออกไข่นอกกระดอง ชุดการทดลองที่ 2 ในเดือนที่ 1 แม่ปูมีการพัฒนารังไข่ระยะ 3 จำนวน 4 ตัว ไม่พบการออกไข่นอกกระดอง ในเดือนที่ 2 แม่ปูมีการพัฒนารังไข่ระยะ 3 จำนวน 1 ตัว ระยะ 4 จำนวน 1 ตัว ออกไข่นอกกระดองจำนวน 1 ตัว ในเดือนที่ 3 แม่ปูไม่มีการพัฒนารังไข่ ชุดการทดลองที่ 3 ในเดือนที่ 1 แม่ปูมีการพัฒนารังไข่ระยะ 3 จำนวน 2 ตัว ไม่พบการออกไข่นอกกระดอง ในเดือนที่ 2 แม่ปูมีการพัฒนารังไข่ระยะ 3 จำนวน 4 ตัว ออกไข่นอกกระดองจำนวน 1 ตัว ในเดือนที่ 3 แม่ปูมีการพัฒนารังไข่ระยะ 3 จำนวน 2 ตัว ไม่พบการออกไข่นอกกระดอง ชุดการทดลองที่ 4 ในเดือนที่ 1 ไม่พบแม่ปูที่มีการพัฒนารังไข่ระยะ 3 และ 4 จำนวน 2 ตัว พบการออกไข่นอกกระดอง จำนวน 1 ตัว ในเดือนที่ 2 แม่ปูมีการพัฒนารังไข่ระยะ 3 จำนวน 1 ตัว ไม่พบการออกไข่นอกกระดองในเดือนที่ 3 แม่ปูมีการพัฒนารังไข่ระยะ 3 จำนวน 2 ตัว ไม่พบการออกไข่นอกกระดอง

2. ความดกไข่และการฟักไข่

จากผลการทดลอง พบว่าชุดการทดลองที่ 1 ไม่มีแม่ปูสามารถฟักเป็นตัวอ่อนระยะซูเอี้ยได้ ส่วนชุดการทดลองที่ 2 มีแม่ปูจำนวนมากที่สุดที่สามารถฟักเป็นตัวได้ลูกปูคือ 2 ตัว ส่วนชุดการทดลองที่ 3, 4 และ control แม่ปูสามารถฟักได้ลูกปูชุดการทดลองละ 1 ตัว

แม่ปูชุดควบคุมที่ขุนเลี้ยงด้วยอาหารสดมีค่าความดกไข่หรือจำนวนไข่ที่พร้อมฟักเป็นตัวเฉลี่ยมากที่สุดรองลงมาเป็นแม่ปูชุดการทดลองที่ 3 ที่ขุนเลี้ยงด้วยอาหารที่มีไขมัน 10% และ สไปรูลิน่า 3% รองลงมาเป็นแม่ปูชุดที่ 2 ชุดที่ 4 ชุดที่ 5 มีค่าความดกไข่เฉลี่ยน้อยที่สุดตามลำดับ จำนวนไข่เฉลี่ยของแม่พันธุ์ปูทะเลในทั้ง 5 ชุดการทดลองโดยชุดควบคุมมีมากที่สุด ส่วนแม่ปูชุดที่ 2 ชุดที่ 3 และชุดที่ 5 มีจำนวนไข่เฉลี่ยใกล้เคียงกัน และ ชุดที่ 3 มีจำนวนน้อยที่สุด

จำนวนแม่ปูไข่ติดหน้าท้องที่ไข่ฟักเป็นตัว ชุดการทดลองที่ 3 มีจำนวนมากที่สุด โดยมีแม่ปูที่มีไข่ติดหน้าท้อง 2 ตัวสามารถฟักเป็นตัวได้ทั้ง 2 ตัว คิดเป็นอัตรา 100% อย่างไรก็ตามมีแม่ปู 1 ตัวที่มีการเขี่ยไข่ทิ้งบางส่วน ชุดการทดลองที่ 4 และ 5 มีแม่ปูที่มีไข่ติดหน้าท้อง 1 ตัว สามารถฟักเป็นตัวได้ 1 ตัว คิดเป็นอัตรา 100% โดยชุดอาหารสดมีแม่ปูที่มีไข่ติดหน้าท้อง 2 ตัวสามารถฟักเป็นตัวได้ 1ตัว เนื่องจากแม่ปูอีก1 ตัวมีการเขี่ยไข่ทิ้งทั้งหมด คิดเป็นอัตรา 50% ส่วนชุดการทดลองที่ 2 มีแม่ปูที่มีไข่ติดหน้าท้อง 2 ตัว แต่ไม่มีแม่ปูที่มีไข่ฟักเป็นตัว เนื่องจากแม่ปูมีการเขี่ยไข่ทิ้งทั้งหมด

ตารางที่ 3 แม่ปูไข่ติดหน้าท้องที่ไข่ฟักเป็นตัว

	ชุดการทดลอง/ระดับไขมันในอาหารสำเร็จรูป (%)				
	1	2	3	4	5
จำนวนปูไข่ติดหน้าท้อง (ตัว/(%))	2 (25%)	2 (25%)	2 (22.2%)	1(11.1%)	1 (14.29%)
น้ำหนักไข่ทั้งชุดการทดลอง (กรัม)	73.51	62.92	59.97	17.99	31.37
น้ำหนักไข่เฉลี่ย (กรัม)	36.76±0.21	31.48±0.27	29.99±8.65	17.99	31.37
น้ำหนักไข่/น้ำหนักตัว (%)	15.05±2.33	11.32±1.22	11.04±2.89	8.05	12.55
จำนวนไข่เฉลี่ย ($x10^5$ ฟอง)	7.04±0.93	5.72±0.74	5.75±2.64	3.15	5.84
จำนวนแม่ปูที่ไข่ติดหน้าท้องที่ไข่ฟักเป็นตัว (ตัว)	1 (50%)	0 (0%)	2 (100%)	1 (100%)	1 (100%)

3.จำนวนลูกปูทะเลระยะซูเอี้ย

แม่ปูชุดการทดลองที่ 3 ที่ขุนเลี้ยงด้วยอาหารที่มีไขมัน 10% และ สไปรูลิน่า 3% สามารถฟักไข่เป็นลูกปูระยะซูเอี้ยได้เท่ากับ 92,000-310,000 ตัว/แม่ จำนวนซูเอี้ยเฉลี่ย $2.01x10^5$ ในขณะที่แม่ปูชุดการทดลองที่ 5 ที่ขุนเลี้ยงด้วยอาหารที่มีไขมัน 13% และ สไปรูลิน่า 3% สามารถฟักไข่เป็นลูกปูระยะซูเอี้ยได้เท่ากับ 110,000 ตัว/แม่ จำนวนซูเอี้ยเฉลี่ย $1.10x10^5$ แม่ปูชุดการทดลองที่ 4 ที่ขุนเลี้ยงด้วยอาหารที่มีไขมัน 13% และ สไปรูลิน่า 0% สามารถฟักไข่เป็นลูกปูระยะซูเอี้ยได้เท่ากับ 75,000 ตัว/แม่ จำนวนซูเอี้ยเฉลี่ย $0.75x10^5$ แม่ปูชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารสด สามารถฟักไข่เป็นลูกปูระยะซูเอี้ยได้เท่ากับ 54,000 ตัว/แม่ จำนวนซูเอี้ยเฉลี่ย $0.54x10^5$ และแม่ปูชุดการทดลองที่ 2 ที่ขุนเลี้ยงด้วยอาหารที่มีไขมัน 10% และ สไปรูลิน่า 0% ที่ขุนเลี้ยงด้วยอาหาร ไม่สามารถฟักเป็นลูกปูได้สำเร็จ ดังนั้น จำนวนเฉลี่ยของลูกปูทะเลที่ได้ในทั้ง 5 ชุดการทดลอง พบว่า ชุดการทดลองที่ 3 มีจำนวนมากที่สุด

4.การประเมินระดับของดัชนีอัตราการกินอาหารและระดับไขมันที่แม่ปูไข่ติดหน้าท้องได้รับ

จากตารางที่ 3 สูตรอาหารสำเร็จรูปสำหรับแม่ปูที่มีไขมัน 2 ระดับ และสาหร่ายสไปรูลิน่า 2 ระดับผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีอย่างหยาบ พบว่าอาหารสำเร็จรูปมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนใกล้เคียง กัน คือ 53.53- 54.84% อย่างไรก็ตามอาหารชุดที่ 3 – 4 มีเปอร์เซ็นต์ของไขมัน (12.96-13.31%) มากกว่าอาหารในชุดการทดลองที่ 1-2 (9.95-10.09%) เมื่อนำมาวิเคราะห์การกินอาหารของแม่ปู ได้ตารางที่ 10 การกินอาหารและสารอาหารที่กินของแม่ปูที่มีไข่ติดหน้าท้องที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง (น้ำหนักแห้ง)

ตารางที่ 4 การประเมินระดับของดัชนีอัตราการกินอาหารและระดับไขมันที่แม่ปูไข่ติดหน้าท้องได้รับ (น้ำหนักแห้ง)

	ชุดการทดลอง/ระดับไขมันในอาหาร (%)				
	1	2	3	4	5
อัตราการกินอาหาร (% น.น. ตัว/วัน)	1.82±0.46	1.15±0.14	1.26±0.35	0.92±0.00	1.05±0.12
โปรตีนที่กิน (กรัม/ตัว/วัน)	0.8±0.06(1)	1.55±0.07(4)	1.75±0.43(5)	1.28±0.14(2)	1.37±0.03(3)
ไขมันที่กิน (กรัม/ตัว/วัน)	0.04±0.00(1)	0.28±0.01(4)	0.32±0.08(5)	0.14±0.05(2)	0.27±0.05(3)
ARA ที่กิน (มก./ตัว/วัน)	1.12±0.01(1)	3.17±0.15(3)	2.91±0.71(2)	5.06±0.56(5)	4.02±0.09(4)
EPA ที่กิน (มก./ตัว/วัน)	1.69±0.03(1)	5.98±0.28(2)	6.14±1.5(3)	14.34±1.57(5)	12.05±0.27(4)
DHA ที่กิน (มก./ตัว/วัน)	2.57±0.03(1)	13.02±0.61(2)	13.57±3.31(3)	26.57±2.92(5)	20.89±0.47(4)
EPA+DHA ที่กิน (มก./ตัว/วัน)	4.26.00±0.07(1)	19.00±0.90(2)	19.71±4.81(3)	40.92±4.49(5)	32.94±0.75(4)

ชุดควบคุมมีอัตราการกินอาหารมากที่สุดมีน้ำหนักอาหารที่กิน 1.82%/ตัว/วัน และลดลงในชุดการทดลองที่ 3, 2, 5 และ 4 มีน้ำหนักอาหารที่กิน 1.26, 1.15, 1.05 และ 0.92 %/ตัว/วัน ตามลำดับ

5. การประเมินระดับของดัชนีและประสิทธิภาพของชุดการทดลอง

การประเมินระดับของดัชนีและประสิทธิภาพของชุดการทดลองใช้วิธีการประเมินสอดคล้องกับศุภลักษณ์และคณะ (2565) โดยแบ่งเป็นปัจจัยหลัก และปัจจัยรอง เนื่องจากการมีไข่ติดหน้าท้องมีผลจากอาหารทดลองโดยตรง จึงให้ความสำคัญลำดับแรก ส่วนการฟักเป็นตัวอาจมีอิทธิพลร่วมจากปัจจัยอื่นๆ เช่น คุณภาพน้ำหรือคุณภาพน้ำเชื้อ ปัจจัยหลักได้แก่ จำนวนปูไข่ติดหน้าท้อง จำนวนไข่เฉลี่ย และ น้ำหนักไข่ พบว่าประสิทธิภาพ ชุดควบคุมดีที่สุด รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ 2 สูตรที่มีไขมัน 10% และสไปรูลิน่า 0%, ชุดการทดลองที่ 3 สูตรที่มีไขมัน 10% และสไปรูลิน่า 3%, ชุดการทดลองที่ 5 สูตรที่มีไขมัน 13% และสไปรูลิน่า 3% และชุดการทดลองที่ 4 สูตรที่มีไขมัน 13% และสไปรูลิน่า 0% ตามลำดับ ส่วนปัจจัยรอง คือจำนวนแม่

ปูไข่ติดหน้าท้องที่ไข่ฟักเป็นตัวอ่อน อัตราการฟัก และ จำนวนตัวอ่อน พบว่าประสิทธิภาพชุดการทดลองที่ 3 ดีที่สุด รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ 4 และ 5 มีประสิทธิภาพเท่ากัน รองลงมาคือ control และชุดการทดลองที่ 2ตามลำดับ โดยระดับคะแนนประสิทธิภาพรวมพบว่าได้ 4, 2, 3 ,1 และ 2 ตามลำดับ ชุดการทดลองที่ 3 สูตรที่มีไขมัน 10% และสไปรูลิน่า 3% จึงเป็นชุดการทดลองที่ดีที่สุดในอาหารทั้ง 5 ชุด จากผลการทดลอง จำนวนแม่ปูที่มีการฟักเป็นตัวอ่อนระยะซูเอี้ย (ฟัก/ไม่ฟัก) พบว่าชุดการทดลองที่ 2 ไม่มีแม่ปูสามารถฟักเป็นตัวอ่อนระยะซูเอี้ยได้ ส่วนชุดการทดลองที่ 3 มีแม่ปูจำนวนมากที่สุดที่สามารถฟักเป็นตัวได้ลูกปูคือ 2 ตัว ส่วนชุดการทดลองที่ 4, 5 และชุดที่ขุนเลี้ยงด้วยอาหารสดแม่ปูสามารถฟักได้ลูกปูชุดการทดลองละ 1 ตัว แสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ว่าชนิดอาหารในแต่ละชุดการทดลองมีผลต่อแม่ปูส่งผลให้มีการฟักเป็นตัวของลูกปูทะเล

ในการศึกษาความดกไข่ แม่ปูชุดการทดลองที่ขุนเลี้ยงด้วยอาหารสด มีค่าความดกไข่เฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาเป็นแม่ปูชุดการทดลองที่ 3 ที่ขุนเลี้ยงด้วยอาหารที่มีไขมัน 10% และ สไปรูลิน่า 3% รองลงมาเป็นแม่ปูชุดที่ 2 ที่ขุนเลี้ยงด้วยอาหารที่มีไขมัน 10% และ สไปรูลิน่า 0% รองลงมาเป็นแม่ปูชุดที่ 4 ที่ขุนเลี้ยงด้วยอาหารที่มีไขมัน 13% และ สไปรูลิน่า 0% ชุดที่ 5 ที่ขุนเลี้ยงด้วยอาหารที่มีไขมัน 13% และ สไปรูลิน่า 3%มีค่าความดกไข่เฉลี่ยน้อยที่สุด

จากผลการทดลองนี้สามารถระบุได้ว่าการทดลองที่มีการให้อาหารสูตรที่มีไขมัน 10% และสไปรูลิน่า 3% ส่งผลให้ได้จำนวนไข่ที่มีอัตราฟักลูกปูดีที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยที่มีการระบุว่า eicosapentaenoic acid (EPA, C20:5n3) และdocosahexaenoic acid (DHA, C22:6n3) มีความสำคัญต่อการสืบพันธุ์ของ crustaceans เนื่องจากเป็นสารอาหารหลักที่พบในรังไข่ที่สมบูรณ์เต็มที่ของกุ้งทะเล (Middleditch *et al.*, 1980; Lytle *et al.*, 1990) และในรังไข่ที่สมบูรณ์เต็มที่ของปูทะเล (Tantikitti *et al*, 2015) แต่สูตรอาหารที่มีกรดไขมันที่มากถึง 13% ทั้งที่เสริมสไปรูลิน่าและไม่เสริมสไปรูลิน่ากลับให้ผลจำนวนซูเอี้ยที่น้อยกว่า อย่างไรก็ตามมีรายงานว่าระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของลิปิดในอาหารสำเร็จรูปเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ มีรายงานการศึกษาในกุ้งทะเลของ Wouters *et al.* (2001) กำหนดที่ระดับ 6-17% และหากมีปริมาณสูงกว่า 9% จะส่งผลต่อพัฒนาการของรังไข่แม่พันธุ์กุ้งขาว (*L. vannamei*)

มีความเป็นไปได้ว่าสไปรูลิน่านอกจากจะมีกรดไขมันที่จำเป็นต่อการพัฒนาไข่และตัวอ่อนแล้ว การมีสารต้านอนุมูลอิสระ (Asieh *et al.*, 2001) เช่น กลุ่ม phytonutrients และรงควัตถุต่างๆที่มีอยู่ในสไปรูลิน่ามีผลทำให้เกิดความสมบูรณ์ของไข่มากขึ้น โดยอาจส่งผลดีมากกว่าการใส่สารสีเช่น แอสตราซานทีนเพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตามผลแต่ละชุดการทดลองที่ได้แม่ปูไข่นอกกระดองจำนวนน้อยนั้น อาจมีหลายปัจจัยเช่น การกินอาหารของแม่ปูที่ต่ำกว่าอัตราการกินปกติคือ 3-5% (Mohamad and Ikhwanuddin, 2016) ต่อวันแต่ในขณะที่การทดลองทั้ง 5 ชุดการทดลองนี้แม่ปูมีอัตรากินอาหารอยู่ในช่วง 1.05-1.82% ต่อวัน นอกจากนี้ แม่ปูที่นำมาเลี้ยงอาจไม่ได้รับการผสมพันธุ์หรือวางไข่ไปหลายครั้งก่อนที่จะนำมาเลี้ยง ทำให้มีปริมาณน้ำเชื้อน้อย เนื่องจากถึงแม้จะมีการเลี้ยงรวมกันระหว่างตัวผู้และตัวเมียแต่ก็การตรวจสอบว่าได้รับการผสมพันธุ์แล้วหรือไม่เป็นการยาก และการนำแม่พันธุ์ปูทะเลจากฟาร์มเกษตรกรมาเพาะพันธุ์ โดยฟาร์มอาจมีการเลี้ยงผสมปูที่ได้จากการเพาะเลี้ยงและที่ได้จากธรรมชาติ ซึ่งอาจทำให้ได้แม่พันธุ์ที่มีความแข็งแรงแตกต่างกัน หรืออาจได้แม่ปูที่มีการวางไข่ไปแล้วหลายครั้งติดมาด้วย

สรุปผลการวิจัย

สรุปชุดการทดลองที่ 3 สามารถฟักเป็นตัวอ่อนระยะซูเอี้ยได้ดีที่สุด จากการศึกษาสรุปว่าการให้อาหารที่มีไขมัน 10% สไปรูลิน่า 3% เป็นอาหารสำหรับขุนเลี้ยงแม่พันธุ์ปูทะเลให้จำนวนลูกปูระยะซูเอี้ยดีที่สุด

อ้างอิง

กรมประมง. 2551. วิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. สำนักวิจัยและพัฒนาประมง ชายฝั่ง, กรมประมง. 233 หน้า.

บังอร ศรีมุกดา. 2538. การเลี้ยงแม่พันธุ์ปูทะเล *Scylla serrata*, Forskal ให้มีไข่แก่นอกกระดองในบ่อซีเมนต์และในกระชัง. เอกสารวิชาการฉบับที่ 6/2538. ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจันทบุรี. กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง. 46 หน้า.

บังอร ศรีมุกดา และ โชคชัย ยศยิ่งบันลือ. 2545. การผลิตแม่พันธุ์ปูทะเลไข่นอกกระดองเพื่อการเพาะพันธุ์. เอกสารวิชาการฉบับที่ 1/2545. ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจันทบุรี. กองเพาะเลี้ยง สัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง, 33 หน้า.

มาโนช หงส์พร้อมญาติ และบุญส่ง ศิริกุล. 2512. การเลี้ยงปูทะเลในบ่อ. รายงานประจำปี 2512. สถานีประมงจังหวัดจันทบุรี กรมประมง. หน้า 45-66.

รัชฎา แดงวัฒนกุล ประภาส ขาวหนูนา และ สำรวย ชุมวรฐายี. 2532. การเลี้ยงปูทะเล. วารสารการประมง ปีที่ 42(3): 197-201.

เลิศเกียรติ พูลผล. 2542การผลิตหอยแมลงภู่ (*Perna Viridis*) แช่เยือกแข็งแบบลมเย็นและแบบไครโอจินิค. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วสันต์ มีสวัสดิ์. 2515. การเลี้ยงปูไข่. รายงานประจำปี 2515 สถานีประมงจังหวัดจันทบุรี กรมประมง. หน้า 113-126.

วุฒิ คุปตะวาทิน. 2541. ผลของอุณหภูมิต่ออัตราการรอดตายและพัฒนาการของลูกปูทะเลวัยอ่อน, *Scylla serata* (Forskal). เอกสารวิชาการฉบับที่ 7/2541. สถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดระยอง กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง. 18 หน้า.

ศุภลักษณ์ ฉัตรจริยเวศน์ นางสาววารินทร์ ธนาสมหวัง นางรัชฎา ขาวหนูนา นายพิเชต พลายเพชร นางสาวปริศนา คลิ้งสุขคล้าย นายภาสกร ศิริพิพัฒน์ และ นายไมตรี กำเนิดมณี และ นายชลิต สง่างาม. 2565.โครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง การพัฒนาสูตรอาหารสำเร็จรูปสำหรับขุนเลี้ยงแม่ปูทะเล. สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ทุนวิจัยประจำปี พ.ศ. 2565.

ศูนย์สารสนเทศ. 2558. สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2558. กรมประมง, กรุงเทพฯ. 91 หน้า.

สรรเสริญ ช่อเจี้ยง ชัยรัตน์ พุ่มช่วย และ รัชฎา ขาวหนูนา. 2552. ความเป็นด่างของน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของลูกปูทะเล (*Scylla paramamosain*, Estampador, 1949)

เอกสารวิชาการฉบับที่ 8/2552. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งนครศรีธรรมราช. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง กรมประมง. 15 หน้า.

สุรชาติ ฉวีภักดิ์ และ เอกพงษ์ นาคะพงษ์. 2543. การเลี้ยงแม่พันธุ์ปูทะเล, *Scylla serrata* (Forskal) ให้มีไข่นอกกระดองในบ่อคอนกรีตที่มีพื้นต่างกัน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 19/2543. ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจันทบุรี. กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. กรมประมง. 19 หน้า.

Ahsan, M., Habib B. and Parvin, M. 2008. A Review on culture, production and use of Spirulina as food and feeds for domestic animals and fish. *FAO Fisheriea and Aquaculture Circular* No. 1034.

Asieh A., Mohammad F., Ali M.L., Hossain S. and Ali, C. 2016. A Review on Antioxidant Properties of Spirulina. *Journal of Applied Biotechnology Reports* 3(1):345-351

Association of Official Analytical Chemist (AOAC). 2005. Official Methods of Analysis. Association of AOAC International. 18th edition. Maryland. 1268 pp.

Bray,W.A and Lawrence, A.L. 1992. Reproduction of *Penaeus* species in captivity. *In* Fast, A.W. and Lester, L.J. (Eds.). Marine Shrimp Culture: Principle and Practices. Amsterdam: Elsevier. pp. 93-170.

Britton, G. 1995. UV/visible spectroscopy. *In* Britton G, Liaaen-Jensen S. and Pfander H (Eds.). Carotenoids: spectroscopy, Vol. 1B. Birkhäuser Verlag, Basel, pp. 13-63

Chang ES, O' Conner JD. 1983. Metabolism and transport 0f carbohydrates and lipids In: Mantel LH (ed) The Biology of Crustaceans, vol. V. Academic press, New York, pp263-287.

D'Abramo, L.R., Conklin. D.E. and Akiyama, J.M. 1997. Crustacean Nutrition. Advances in World Aquaculture. Vol. VI. Baton Rouge, Louisiana: The World Aquaculture Society.

Dall, W., Smith, D.M. and Moor, L.E. 1995. Carotenoids in the tiger prawn *Peneaus esculentus* during ovarian maturation. *Marine Biology* 123: 435-441.

Dalin, M., Saritha K. and Patterson, J. 2021. Lipid and fatty acid profile variations in *Perna indica* and *Perna viridis* of Kanyakumari district, South east and west coast of India. *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 20(3): 761 – 772.

จำนวนไข่ทั้งหมด

Gandhi, S.R. and Weete, J.D. 1991. Production of the polyunsaturated fatty acid, arachinodic acid and eicosapentaenoic acid. *Journal of General Microbiology* 13:1825-1830.

Harrison, K.E. 1990. The role of nutrition in maturation, reproduction and embryonic development of decapods crustacean: A review. *Journal of Shellfish Research* 9: 1-28.

Lorenz, R., Todd. 1998. A Review of Spirulina as a carrotenoid and vitamin source for cultured shrimp. Spirulina Pacific Technical Bulletin No.50. www.Cyanotech.com.

Lytle, J.S., Lytle, T.F. and Ogle, L.T. 1990. Polyunsaturated fatty acid profiles as comparative tool in assessing maturation diets of *Penaeus vannamei*. *Aquaculture* 89: 287-299.

Mann, D., Asakawa, T. and Blackshaw, A. 1999. Performance of mud crab *Scylla serrata* broodstock. *In* Proceedings of an International Scientific Forum in Mud Crab Aquaculture and Biology. (ed. Keenan, C.P. and Blackshaw, A.), Darwin, Australia, 21-24 April 1997, pp. 101-105.

Middleditch, B.S., Missler, S.R., Hines, H.B. and Lawrence, A.L. 1980. Metabolic profiles of penaeid shrimp: Dietary lipids and ovarian maturation. *Journal of Chromatography A* 195: 359-368.

Mohamad, N.A. and Ikhwanuddin, M. 2016. A review of maturation diets for mud crab genus Scylla broodstock: Present research, problems and future perspective. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 23: 257-267.

Mourente., G. and Vazquez, R. 1996. Changes in the content of total lipid, lipid classes and their fatty acids of developing eggs and unfed larvae of the Senegal sole, *Solea senegalensis* Kaup. Jun;15(3):221-35.

Paibulkitchakul, C., Piyatiratitivorakul, S., Sorgeloos, P. and Menasveta, P. 2008. Improve maturation of pond-reared, black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) using fish oil and astaxanthin supplements. *Aquaculture* 282: 83-89.

Pangantihon-Kuhlmann, M.P. and Hunter, W.B. 1999. Astaxanthin supplementation levels on the reproductive performance of pond sources *Penaeus monodon* broodstock. The 5 th Roche Aquaculture Conference. Imperial Queen's Park Hotel, Bangkok, Thailand, 26 August. 1999, pp. 71-85.

Pangantihon-Kuhlmann, M.P., Millamena, O. and Chern, Y. 1998. Effect of dietary astaxanthin and vitamin A on the reproductive performance of *Penaeus monodon* broodstock. *Aquatic Living Resource* 11: 403-409.

Perez-Velazquez M., A. L. Lawrence, D. M Gatlin III, M. L. González-Félix and W. A Bray. 2002. Replacement of fresh dietary components by a dry feed for successful maturation of male *Litopenaeus vannamei* (Boone) broodstock. Aquaculture Research. 33. pp.1091-1095.

Strickland, J.D.H. and Parsons, T.R. 1972. A Practical Hand Book of Seawater Analysis. Fisheries Research Board of Canada Bulletin 157, 2nd Edition. 310 p.

Sugeng, H. S., Chalida S., Enok R. Z., Agoes M. J., Ayu F. I., Saraswati and Sri, H. 2014. Chemical Composition and Fatty Acid Profile of Small Pelagic Fish (*Amblygaster sirm* and *Sardinella gibbosa*) from Muara Angke, Indonesia. *Oriental Journal of Chemistry*. September 2014. Vol. 30, No. (3): 1153-1158.

Tantikitti, C., Kaonoona, R. and Pongmaneerat, J. Fatty acid profiles and carotenoids accumulation in hepatopancreas and ovary of wild female mud crab (*Scylla paramamosain*, Estampador, 1949). 2015. *Songklanakarin Journal of Science and Technology* 37(6): 609-616.

Kaonoona, R. 2015. Effects of carotenoid supplementation on ovarian development and offspring quality of mud crab (*Scylla paramamosain*, Estampador, 1949). Thesis, Prince of Songkla University.

Warrier, S.R., Tirumalai, R. and Subramoniam, T. 2001. Occurrence of vertebrate steroids, estradiol 17beta and progesterone in the reproducing females of the mud crab *Scylla serrata*. Sep;130(2): pp.283-294.

Wouters, R., Lavens, P., Nieto, J. and Sorgeloos, P. 2001. Penaeid shrimp broodstock nutrition: An updated review on research and development aquaculture. *Aquaculture* 202: 1-21.

Yanga, Yi., Bing S.b., Zhanga, J., Yongning, W, b., and Duana, H. 2009. Determination of the residues of 50 anabolic hormones in muscle, milk and liver by very-high-pressure liquid chromatography–electrospray ionization tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography B*, 877: 489–496.

Session

วิทยาศาสตร์เคมี และเภสัช

P 9

การศึกษาเปรียบเทียบสมบัติของเม็ดอัลจิเนตผสมวุ้นจากสาหร่ายและเปลือกไข่เหลือทิ้ง

อุดมศักดิ์ ศรีพลับ[1] ซีฟาร์ มะแซ[1]จารุวรรณ มะยะกูล[2] และแก้วตา แก้วตาทิพย์[1*]

บทคัดย่อ

ปัจจุบันเม็ดอัลจิเนตนิยมนำมาใช้สำหรับห่อหุ้มสารชีวภาพ แต่อย่างไรก็ตามข้อจำกัดที่สำคัญของอัลจิเนตคือมีการสูญเสียสารชีวภาพในขณะขึ้นรูปเป็นเม็ด ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบอิทธิพลของวุ้นสาหร่ายและเปลือกไข่ที่มีผลต่อสมบัติของเม็ดอัลจิเนต ผลการศึกษาพบว่าเมื่อเติมผงเปลือกไข่และวุ้นสาหร่ายค่าความหนืดของสารละลายอัลจิเนตลดลง ซึ่งส่งผลต่อลักษณะของเม็ดอัลจิเนต และนอกจากนี้พบว่าผงเปลือกไข่และวุ้นสาหร่ายมีประสิทธิภาพในการเพิ่มเสถียรภาพทางความร้อนของเม็ดอัลจิเนต โดยเม็ดอัลจิเนตที่ผสมผงเปลือกไข่มีเสถียรภาพทางความร้อนสูงที่สุด และมีค่าอัตราการบวมตัวน้อยสุดเท่ากับ 37.92% ในขณะที่เม็ดอัลจิเนตที่ผสมวุ้นสาหร่ายมีค่าอัตราการบวมตัวเท่ากับ 68% เมื่อพิจารณาค่าความขาว (L*) พบว่าเมื่อผสมผงเปลือกไข่ค่าความขาวของเม็ดอัลจิเนตเพิ่มขึ้นเป็น 71.12 ในขณะที่ค่าความขาวของเม็ดอัลจิเนตไม่ผสมและผสมวุ้นสาหร่ายมีค่าเท่ากับ 44.77 และ 41.12 ตามลำดับ ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าผงเปลือกไข่เหลือทิ้งมีประสิทธิภาพในการปรับปรุงสมบัติของเม็ดอัลจิเนตให้เหมาะสมแก่การนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ

คำสำคัญ: วุ้นสาหร่าย ผงเปลือกไข่ เม็ดอัลจิเนต

---

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาสงขลานครินทร์, สงขลา, ไทย. 90110

[2] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาสงขลานครินทร์, สงขลา, ไทย. 90110

[1] Division of Physical Science, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Songkhla, Thailand. 90110

[2] Division of Biological Science, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Songkhla, Thailand. 90110

*Corresponding author: kaewta.k@psu.ac.th

Comparative study of alginate beads properties incorporating agar from seaweed and eggshell waste

Udomsak Sriplab[1], Shifa Masaea[1], Jaruwan Mayakun[1] and Kaewta Kaewtatip[1*]

Abstract

Currently, alginate beads are widely used for encapsulating bioactive substances. However, a major limitation of alginate is the loss of bioactive substances during bead formation. Therefore, this study aims to investigate and compare the influence of agar and eggshell on the properties of alginate beads. The results revealed that the addition of eggshell powder and agar reduced the viscosity of alginate solutions, which affected the characteristics of the alginate beads. Additionally, it was found that eggshell powder and agar effectively enhanced the thermal stability of alginate beads, with the alginate beads mixed with eggshell powder exhibiting the highest thermal stability and the lowest swelling rate at 37.92%. In contrast, the swelling rate of alginate beads mixed with agar was 68%. When considering the whiteness value (L*), it was observed that the addition of eggshell powder increased the whiteness value of alginate beads to 71.12, while the whiteness values of neat alginate beads and those mixed with agar were 44.77 and 41.12, respectively. Therefore, it can be concluded that waste eggshell powder is effective in improving the properties of alginate beads, making them suitable for various applications.

Keywords: Agar, Eggshell powder, Alginate beads.

บทนำ

ปัจจุบันเม็ดอัลจิเนตถูกนำมาใช้เป็นวัสดุห่อหุ้มสำหรับสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น ยา เอนไซม์ และแบคทีเรียโปรไบโอติก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมผลิตยา แต่อย่างไรเม็ดอัลจิเนตมีแนวโน้มเกิดการสูญเสียสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพระหว่างการขึ้นรูปเม็ด อีกทั้งมักเกิดการหดตัวและมีความแข็งแรงต่ำ เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวและปรับปรุงสมบัติของเม็ดอัลจิเนตให้สามารถใช้งานได้หลากหลายขึ้น การเติมพอลิเมอร์ชีวภาพอื่นๆ เช่น แป้ง ไคโตซาน เซลลูโลส เป็นวิธีที่สามารถปรับปรุงสมบัติต่างๆที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของเม็ดอัลจิเนต แป้งเป็นพอลิเมอร์ชีวภาพที่น่าสนใจสำหรับนำมาปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเม็ดอัลจิเนต เนื่องจากแป้งมีราคาที่ไม่แพง มีปริมาณมาก ย่อยสลายได้ทางชีวภาพและมาจากแหล่งหมุนเวียน จากงานวิจัยก่อนหน้านี้พบว่าเมื่อผสมแป้งมันสำปะหลังสามารถทำให้เม็ดอัลจิเนตมีลักษณะกลมมากขึ้น และยังสามารถช่วยให้กักเก็บเซลล์ของแบคทีเรียในเมทริกซ์ได้ดี (Rohman และคณะ (2021))

วุ้น (agar) เป็นพอลิเมอร์ชีวภาพที่สามารถสกัดได้จากสาหร่ายทะเลสีแดง (red algae) เช่น สาหร่ายผมนาง (*Gracilaria fisheri*) โครงสร้างของวุ้นมีซัลเฟตปริมาณเล็กน้อยโดยประกอบด้วยส่วนหลักคืออะกาโรส (agarose) เป็นพอลิเมอร์ที่เป็นกลางและอะกาโรเพคติน (agaropectin) เป็นพอลิเมอร์ที่มีสารซัลเฟต นอกจากนี้สาหร่ายผมนางยังอุดมไปด้วยสารอาหารหลายชนิด เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เกลือแร่ ธาตุไอโอดีน วิตามิน และกรดอะมิโนหลายชนิด โดยวุ้นที่สกัดจากสาหร่ายผมนางส่วนใหญ่นิยมนำมาเป็นเป็นสารเติมแต่งในอาหาร หรือวัตถุเจือปนในอาหาร เพื่อเป็นสารก่อเจล ทำให้เกิดเจล เป็นต้น จากการสืบค้นงานวิจัย Sasi และคณะ (2023) รายงานว่า การผสมกันระหว่างวุ้นจากสาหร่ายผมนางและอัลจิเนตทำให้ได้วัสดุที่เป็นเนื้อเดียวกัน และสามารถรักษาเสถียรภาพของ *Lactobacillus plantarum MB001* และยืดเวลาการปลดปล่อยในลำไส้ (Jayakody และคณะ (2022))

จากการสืบค้นงานวิจัยพบว่าการเติมสารประเภทอนินทรีย์ เช่น เคโอลิน (kaolin), มอนต์มอริลโลไนท์ (montmorillonite) และแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงสมบัติของเม็ดอัลจิเนต เปลือกไข่เป็นผลพลอยได้จากการแปรรูปไข่ โดยแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นส่วนประกอบอนินทรีย์ของเปลือกไข่ เป็นแหล่งแคลเซียมคุณภาพสูงและปลอดภัย (Abedanpour และคณะ (2025)) โดยเปลือกไข่ประกอบด้วยแคลเซียมคาร์บอเนตประมาณ 98.2% และสารอินทรีย์อื่นๆประมาณ 5% (Lei และคณะ (2024)) นอกจากนี้เปลือกไข่เป็นขยะเหลือทิ้งที่มีศักยภาพที่สามารถนำมาใช้งานได้หลากหลาย เช่น ใช้สำหรับผลิตปุ๋ย อาหารสัตว์ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และตัวดูดซับ เป็นต้น งานวิจัยก่อนหน้านี้คณะผู้วิจัยประสบความสำเร็จในการใช้ผงเปลือกไข่เหลือทิ้งสำหรับปรับปรุงสมบัติของพลาสติกชีวภาพจากแป้ง สอดคล้องกับปัจจุบันทั่วโลกกำลังให้ความสนใจแนวคิดเศรษฐกิจสีเขียวและเศรษฐกิจชีวภาพ โดยนักวิจัยมองหาการแทนที่วัสดุแบบดั้งเดิมที่ได้มาจากทรัพยากรที่ไม่สามารถหมุนเวียนได้ด้วยผลิตภัณฑ์ของเสียจากการเกษตรและอุตสาหกรรม

ดังนั้นงานวิจัยนี้สนใจศึกษาและเปรียบเทียบอิทธิพลของสารตัวเติมที่มาจากธรรมชาติคือ วุ้นจากสาหร่ายผมนางที่พบมากในจังหวัดสงขลา และเปลือกไข่ซึ่งเป็นขยะเหลือทิ้งที่มีปริมาณจากบ้านเรือนและอุตสาหกรรมอาหาร ที่มีผลต่อค่าสี การบวมตัว ลักษณะทางสัณฐานวิทยา และสมบัติทางความร้อนของเม็ดอัลจิเนต

วิธีดำเนินการวิจัย

เตรียมเม็ดอัลจิเนตผสมวุ้นสาหร่ายและผงเปลือกไข่

ผสมอัลจิเนต 2 กรัม กับวุ้นสาหร่ายหรือผงเปลือกไข่ ปริมาณ 4 wt% ในน้ำกลั่น 100 ml กวนของผสมเป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิห้อง และขึ้นรูปเม็ดโดยหยดของผสมอัลจิเนตลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 2 wt% โดยใช้กระบอกฉีดยาที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 cm ปล่อยให้เม็ดก่อตัวเต็มที่เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นล้างเม็ดด้วยน้ำกลั่น และอบให้แห้งในเตาอบที่อุณหภูมิ 45°C จนกระทั่งได้น้ำหนักคงที่

ทดสอบความหนืดของสารละลายอัลจิเนต

ความหนืดของสารละลายทดสอบโดยใช้เครื่องวัดค Brookfield (รุ่น DV2T, USA) สารละลายปริมาตร 600 ทดสอบที่อุณหภูมิ 25 ± 2°C ความชื้นสัมพัทธ์ 55 ± 2% โดยใช้แกนหมุนหมายเลข 62 ที่ความเร็วการผสม 100 รอบต่อนาที

ทดสอบสมบัติต่างๆของเม็ดอัลจิเนต

ทดสอบความเสถียรภาพทางความร้อน

อุณหภูมิการสลายตัวทางความร้อนของตัวอย่าง ทดสอบโดยใช้เครื่องวิเคราะห์เทอร์โมกราวิเมทริก (TGA 8000, Perkin Elmer, USA) ตัวอย่างถูกให้ร้อนจาก 50 ถึง 600°C ด้วยอัตรา 10°C /นาที ภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน

ทดสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยา (SEM)

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของตัวอย่างทดสอบโดยใช้ SEM (Quanta 400, Netherland) ตัวอย่างถูกติดบนแท่นด้วยเทปกาวสองหน้าและเคลือบด้วยชั้นบางๆ ของทอง

ทดสอบค่าสี

ทดสอบหาค่าสีโดยใช้เครื่อง (Color spectrophotometer) HunterLab UltraScan pro, Hunter Lab, USA เก็บชิ้นตัวอย่างทดสอบไว้ที่ความชื้นสัมพัทธ์% RH เท่ากับ 65 เป็นเวลา 7±2 วันก่อนการทดสอบ

ทดสอบการบวมตัว (Swelling)

การบวมตัวของตัวอย่างทำการทดสอบในน้ำโดยแช่เม็ดอัลจิเนต 0.25 กรัม ในน้ำกลั่น 10 ml การบวมตัวคำนวณดังนี้:

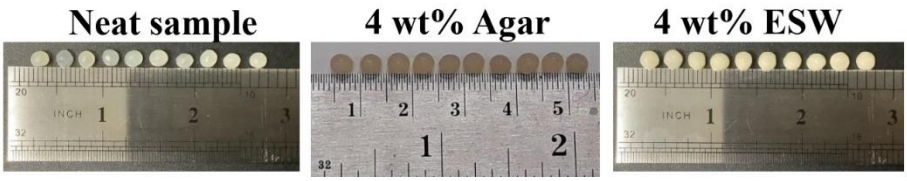
$$\text{ค่าการบวมตัว (\%)} = [(wf-wi)/wi)]\times 100$$

โดย wi คือ น้ำหนักเริ่มต้นของเม็ดอัลจิเนต (g) และ wf คือน้ำหนักสุดท้ายของเม็ดอัลจิเนต (g)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ความหนืดของสารละลายอัลจิเนตเป็นสมบัติที่สำคัญซึ่งมีผลต่อรูปร่างลักษณะของเม็ดอัลจิเนตที่เตรียมได้ เนื่องจากหากสารละลายอัลจิเนตมีความหนืดสูงลักษณะของเม็ดอัลจิเนตที่เตรียมได้จะมีความกลมลดลง และปรากฏลักษณะมีติ่งหรือหาง (tail-like protrusion) จากตารางที่ 1 พบว่าเมื่อผสมวุ้นสาหร่ายและเปลือกไข่ส่งผลให้ความหนืดของสารละลายอัลจิเนตลดลงเล็กน้อย ซึ่งสอดคล้องลักษณะทางกายภาพของเม็ดอัลจิเนต (รูปที่ 1) พบว่าเมื่อผสมวุ้นสาหร่ายและเปลือกไข่ ส่งผลให้เม็ดอัลจิเนตยังคงมี

ลักษณะกลม ไม่ปรากฏลักษณะมีติ่งหรือหาง และจากลักษณะทางสัณฐานวิทยาพบว่าเม็ดอัลจิเนตผสมวุ้นสาหร่ายและเปลือกไข่มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่ปรากฏลักษณะรูหรือช่องที่บ่งบอกถึงการแยกเฟส แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาค่าสีพบว่าเมื่อผสมวุ้นสาหร่ายส่งผลให้เม็ดอัลจิเนตมีความคล้ำมากขึ้น สอดคล้องกับค่า L* ลดลงจาก 44.77 สำหรับเม็ดอัลจิเนตไม่ผสมสารตัวเติมเป็น 41.12 เมื่อผสมวุ้นสาหร่าย แต่พบว่าค่า L* เพิ่มขึ้นเป็น 71.12 เมื่อผสมเปลือกไข่ ดังนั้นการผสมเปลือกไข่สามารถปรับปรุงค่าความขาวให้กับเม็ดอัลจิเนต ทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายมากขึ้น



รูปที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของของเม็ดอัลจิเนตไม่ผสมสารตัวเติม เม็ดอัลจิเนตผสมวุ้นสาหร่าย และเม็ดอัลจิเนตผสมเปลือกไข่

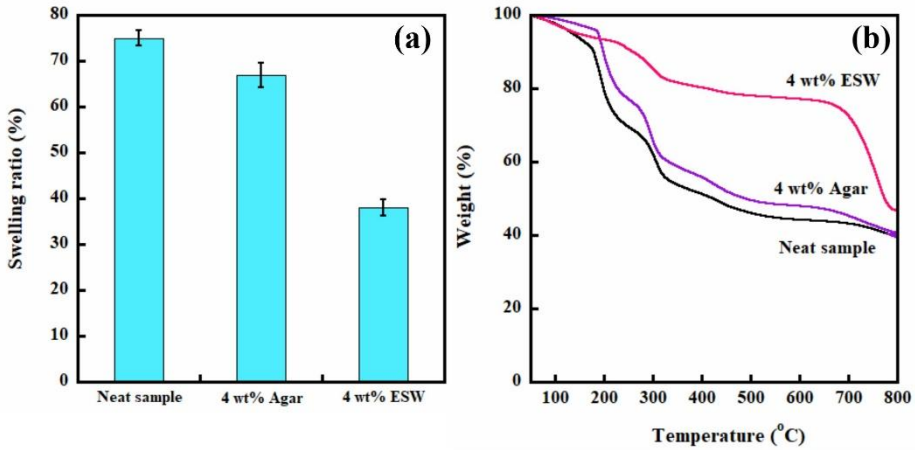
ตารางที่ 1 ค่าสีของเม็ดอัลจิเนตไม่ผสมสารตัวเติม เม็ดอัลจิเนตผสมวุ้นสาหร่าย และเม็ดอัลจิเนตผสมเปลือกไข่

ตัวอย่าง	ความหนืดของสารละลายอัลจิเนต (cP)	ค่าสี		
		L*	a*	b*
เม็ดอัลจิเนตไม่ผสมสารตัวเติม	193.50	44.77 ± 1.29	5.32 ± 0.56	6.12 ± 1.46
เม็ดอัลจิเนตผสมวุ้นสาหร่าย	179.40	41.12 ± 0.21	2.74 ± 0.07	2.48 ± 0.48
เม็ดอัลจิเนตผสมเปลือกไข่	154.60	71.12 ± 2.07	3.78 ± 0.41	12.80 ± 1.54

เม็ดอัลจิเนตไม่ผสมสารตัวเติมแสดงอัตราส่วนการบวมตัวในน้ำกลั่นสูงที่สุดเท่ากับ 75% (รูปที่ 2(a)) เมื่อเติมวุ้นสาหร่ายพบว่าทำให้ค่าการบวมตัวของเม็ดอัลจิเนตที่แช่ในน้ำกลั่นลดลงเท่ากับ 66.83% นอกจากนี้พบว่าเมื่อผสมเปลือกไข่ส่งผลให้ค่าการบวมตัวของเม็ดอัลจิเนตที่แช่ในน้ำกลั่นลดลงเท่ากับ 37.97% เป็นผลมาจากการกระจายตัวที่ดีของเปลือกไข่ในเมทริกซ์ของอัลจิเนตและความไม่ชอบน้ำของเปลือกไข่ ส่งผลให้สามารถขัดขวางการซึมผ่านของน้ำเข้าไปยังเม็ดอัลจิเนต

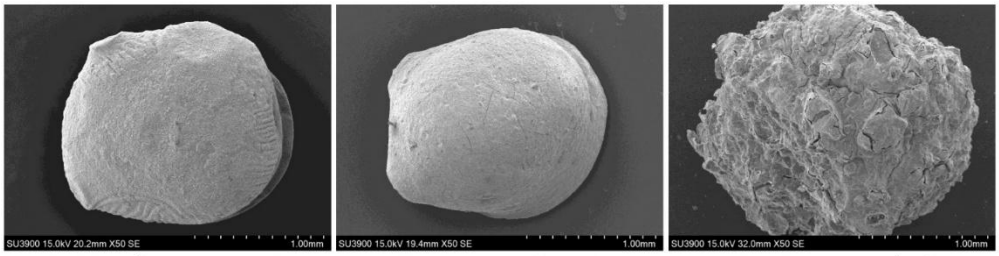
จากรูปที่ 2(b) พบว่ากราฟ TGA ของเม็ดอัลจิเนตไม่ผสมและผสมวุ้นสาหร่ายแสดงลักษณะที่คล้ายกัน โดยเม็ดอัลจิเนตมีขั้นตอนการสลายตัวทางความร้อน 2 ขั้นตอน คือ ช่วงแรกที่อุณหภูมิ 160–250°C และ 250–350°C (Yarnpakdee และคณะ (2015)) จากรายงานของ Kavoosi และคณะ (2018) พบว่าวุ้นสาหร่ายเกิดการสลายตัวทางความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 270°C ดังนั้นการสลายตัวของวุ้ยสาหร่ายจะเกิดทับซ้อนกันกับขั้นตอนการสลายตัวของอัลจิเนต เนื่องจากทั้งอัลจิเนตและวุ้นสาหร่ายมีโครงสร้างที่คล้ายคลึงกัน และเมื่อพิจารณากราฟ TGA ของเม็ดอัลจิเนตผสมเปลือกไข่พบว่าเกิดการสลายตัวที่อุณหภูมิสูงกว่า

เม็ดอัลจิเนตไม่ผสมและผสมวุ้นสาหร่าย นอกจากนี้ค่าน้ำหนักที่หายไปที่อุณหภูมิ 800°C ของเม็ดอัลจิเนตไม่ผสมสารตัวเติม เม็ดอัลจิเนตผสมวุ้นสาหร่ายและเม็ดอัลจิเนตผสมเปลือกไข่ มีค่าเท่ากับ 60%, 59% และ 50% ตามลำดับ ดังนั้นจากผลการทดลองบ่งบอกว่าเปลือกไข่มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงสมบัติทางความร้อนของเม็ดอัลจิเนต



รูปที่ 2 ค่าการบวมตัว (a) และกราฟ TGA (b) ของเม็ดอัลจิเนตไม่ผสมสารตัวเติม เม็ดอัลจิเนตผสมวุ้นสาหร่าย และเม็ดอัลจิเนตผสมเปลือกไข่

จากรูปที่ 3 พบว่าเม็ดอัลจิเนตไม่ผสมสารตัวเติม เม็ดอัลจิเนตผสมวุ้นสาหร่าย และเม็ดอัลจิเนตผสมเปลือกไข่มีลักษณะเป็นวงรีรูปไข่ (oval) เมื่อพิจาณาลักษณะผิวของเม็ดอัลจิเนตพบว่าเม็ดอัลจิเนตไม่ผสมสารตัวเติมและเม็ดอัลจิเนตผสมวุ้นสาหร่ายมีลักษณะผิวที่เรียบกว่าเม็ดอัลจิเนตผสมเปลือกไข่ ความหยาบที่เพิ่มขึ้นเกิดจากการมีอันตะระกิริยาที่ดีและการกระจายตัวที่ดีของ ผงเปลือกไข่ในสารละลายอัลจิเนต ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับการเติมเคโอลิน, มอนต์มอริลโลไนต์ และ $CaCO_3$ ลงในเม็ดอัลจิเนต (Lertsarawut และคณะ (2024)) นอกจากนี้พื้นผิวที่หยาบยังเพิ่มพื้นที่ผิวของเม็ดอัลจิเนตในการเพิ่มประสิทธิภาพในการกักสารออกฤทธิ์ (active compounds) (Wang และคณะ (2024))



รูปที่ 3 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเม็ดอัลจิเนตไม่ผสมสารตัวเติม เม็ดอัลจิเนตผสมวุ้นสาหร่าย และเม็ดอัลจิเนตผสมเปลือกไข่

สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้สนใจศึกษาและเปรียบเทียบอิทธิพลของสารตัวเติมที่มาจากธรรมชาติคือ วุ้นจากสาหร่ายผมนางและผงเปลือกที่มีผลต่อค่าสี การบวมตัว ลักษณะทางสัณฐานวิทยา และสมบัติทางความร้อนของเม็ดอัลจิเนต พบว่าผงเปลือกไข่มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงสมบัติของเม็ดอัลจิเนตได้ดีกว่าวุ้นจากสาหร่ายผมนาง โดยจากผลการทดลองพบว่าเม็ดอัลจิเนตผสมเปลือกไข่มีค่าความขาวสูงที่สุดเท่ากับ 71.12 และมีค่าการบวมตัวต่ำที่สุดเท่ากับ 37.92% และนอกจากนี้พบว่าเม็ดอัลจิเนตผสมเปลือกไข่มีค่าเสถียรภาพทางความร้อนสูงที่สุดเมื่อเปรียบกับเม็ดอัลจิเนตไม่ผสมสารตัวเติมและเม็ดอัลจิเนตผสมวุ้นสาหร่าย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการศึกษาทุนผู้ช่วยวิจัย (Research assistant: RA) ประจำปีการศึกษา 2566 จากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สัญญาทุนเลขที่ 1-2566-02-019 และทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย ประจำปีงบประมาณ 2567 และหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีพอลิเมอร์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เอกสารอ้างอิง

Abedanpour, M., Barzegar, M., Azizi, M. H., Yazdi, A. P. G., & Bazsefidpar, N. (2025). Fortification of pasta with eggshell powder as a natural source of calcium. Applied Food Research, 5(1), 100851.

Jayakody, M. M., Vanniarachchy, M. P. G., & Wijesekara, I. (2022). Seaweed derived alginate, agar, and carrageenan based edible coatings and films for the food industry: A review. Journal of Food Measurement and Characterization, 16(2), 1195-1227.

Kavoosi, G., Derakhshan, M., Salehi, M., & Rahmati, L. (2018). Microencapsulation of zataria essential oil in agar, alginate and carrageenan. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 45, 418-425.

Lei, Y., Jiao, H., Liu, Y., Gao, Y., Huo, J., Dong, S., & Li, S. (2024). Effects of eggshell powder emulsion gel on the oxidative stability and sustained-release effect of lavender essential oil. International Journal of Biological Macromolecules, 280, 136054.

Lertsarawut, P., Laksee, S., Rattanawongwiboon, T., & Hemvichian, K. (2024). Eco-friendly alginate-starch-based water super-absorbent beads spherically shaped and uniformly fabricated via spherification and radiation-assisted polymerization. Carbohydrate Polymer Technologies and Applications, 7, 100456.

Rohman, S., Kaewtatip, K., Kantachote, D., & Tantirungkij, M. (2021). Encapsulation of Rhodopseudomonas palustris KTSSR54 using beads from alginate/starch blends. Journal of Applied Polymer Science, 138(12), 50084.

Wang, L., Huang, Y., Ren, Y., Wang, H., Ding, Y., Ren, G., Wang, T., Li, Z., & Qiu, J. (2024). Effect of ethanol addition on the physicochemical, structural and in vitro digestive properties of Tartary buckwheat starch-quercetin/rutin complexes. Food Chemistry, 451, 139350.

P 10

การทำนายเส้นทางการกระตุ้นอะพอพโทซิสโดยสารสกัดเปลือกมะค่าแต้ผ่านการวิเคราะห์ชีวสารสนเทศ

สุจิตรา บุดดา[1]* ฐาปนี พฤกษตระกูล[2] นิษณา นามวาท[3] วัชรินทร์ ลอยลม[3] อาภรณ์หวังวิวัฒน์สิน[3] และปรเมษฐ์ กลั่นฤทธิ์[3]

บทคัดย่อ

มะค่าแต้ (*Sindora siamensis*) เป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยสารชีวภาพซึ่งมีศักยภาพในการต้านมะเร็ง ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเส้นทางการเกิดอะพอพโทซิสที่เกี่ยวข้องกับการเหนี่ยวนำการตายของเซลล์มะเร็งด้วยเทคโนโลยีชีวสารสนเทศ โดยการนำเปลือกของมะค่าแต้มาสกัดและวิเคราะห์หาสารสำคัญที่มีฤทธิ์ต้านมะเร็งด้วยเทคนิคทางเมทาบอโลมิกส์ร่วมกับการนำยีนที่เกี่ยวข้องไปศึกษาการเกิดอะพอพโทซิส จากการทดลองพบว่าสารสกัดเปลือกมะค่าแต้ประกอบด้วยสารสำคัญ ได้แก่ เควอซิทิน อิพิแคทิชิน และแคปไซซิน ซึ่งมีปฏิสัมพันธ์กับ Caspase-3 (CASP3) และมีผลต่อทั้งเส้นทางการตายของเซลล์ทางภายนอกและภายใน ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า CASP3 ซึ่งเป็นตัวกลางที่สำคัญในการเกิดกระบวนการอะพอพโทซิส นอกจากนี้ ยังพบว่าสารที่มีในมะค่าแต้มีบทบาทสำคัญต่อ B-cell leukemia/lymphoma 2 (BCL-2) และ BCL2 associated X, apoptosis regulator (BAX) ในการควบคุมกระบวนการแพอพโทซิสผ่านกลไกหลายประการ ข้อบ่งชี้ดังกล่าวเป็นข้อมูลเบื้องต้นสนับสนุนว่าสารสกัดจากเปลือกมะค่าแต้เป็นพืชที่มีศักยภาพในการพัฒนายาต้านมะเร็งใหม่ๆ และสามารถนำไปต่อยอดงานวิจัยในอนาคตได้อีกด้วย

คำสำคัญ: มะค่าแต้ ชีวสารสนเทศ อะพอพโทซิส

[1] นักศึกษาปริญญาโท, สาขาชีวเคมี คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002

[2] ผู้ช่วยวิจัย, ทีมวิจัยเคมีอินทรีย์ชีวภาพ กลุ่มวิจัยเทคโนโลยีไบโอรีไฟเนอรีและชีวภัณฑ์ ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ ปทุมธานี 10120

[3] อาจารย์, โครงการจัดตั้งสาขาวิชาชีววิทยาระบบและการแพทย์เชิงคอมพิวเตอร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002

[4] สถาบันวิจัยมะเร็งท่อน้ำดี มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002

[1] M.Sc. Student, Department of Biochemistry, Faculty of Medicine, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002

[2] Research assistant, Bio-organic Chemistry Research Team, Biorefinery and Bioproduct Technology Research Group, National Center for Genetic Engineering and Biotechnology, Pathum Thani, 10120

[3] Lecturer, Department of Systems Biosciences and Computational Medicine, Faculty of Medicine, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002

[4] Cholangiocarcinoma Research Institute, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

* Corresponding Author: E-mail: suchitra@kkumail.com, Tel: 0643164430

Bioinformatic Prediction of Apoptosis Pathways Induced by *Sindora siamensis* Bark Extracts

Suchittra Butda[1], Thapanee Pruksatrakul[2], Nisana Namwat[3], Watcharin Loilome[3], Arporn Wangwiwatsin[3], and Poramate Klanrit[3,4]

Abstract

Sindora siamensis is a rich source of bioactive compounds with potential anticancer properties. In this study, we investigated the apoptotic pathways involved in the induction of cancer cell death using bioinformatics approaches. The bark of *S. siamensis* was extracted, and the key anticancer constituents were identified through metabolomics techniques combined with gene analysis related to apoptosis. The results revealed that the bark extract contained significant bioactive compounds, including quercetin, epicatechin, and capsaicin, which interact with Caspase-3 (CASP3) and affect both the extrinsic and intrinsic apoptotic pathways. The findings demonstrated that CASP3 is a critical mediator in the apoptosis process. Furthermore, the compounds found in *S. siamensis* were shown to influence the regulation of apoptosis through multiple mechanisms involving B-cell leukemia/lymphoma 2 (BCL-2) and BCL2-associated X, apoptosis regulator (BAX). These preliminary results provide important evidence supporting the potential of S. siamensis bark extract as a promising source for developing novel anticancer agents and suggest directions for future research.

Keywords: *Sindora siamensis*, bioinformatics, apoptosis

บทนำ

โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชในสมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี หรือโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชฯ (อพ.สธ.) เป็นโครงการตามพระราชดำริที่มุ่งเน้นการรวบรวม อนุรักษ์ ฟื้นฟู และใช้ประโยชน์จากพันธุกรรมของพืช สัตว์ จุลินทรีย์ และทรัพยากรท้องถิ่นของประเทศไทยอย่างยั่งยืน ทั้งยังส่งเสริมการวิจัยและการปลูกฝังจิตสำนึกของประชาชนให้เห็นถึงความสำคัญของทรัพยากรเหล่านี้ หนึ่งในพืชท้องถิ่นที่ได้รับการบรรจุอยู่ในบัญชีรายชื่อของโครงการฯ คือ มะค่าแต้ *(Sindora siamensis)* ซึ่งเป็นพืชสมุนไพรที่มีการนำมาใช้ในตำรับยาแผนโบราณของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มายาวนาน

มะค่าแต้เป็นไม้ยืนต้นที่พบได้ในประเทศไทย ลาว และกัมพูชา โดยมีการใช้เปลือก ใบ และเมล็ดในการรักษาอาการอักเสบ ปวดเมื่อย และโรคเรื้อรังบางชนิด งานวิจัยสมัยใหม่รายงานว่าสารสกัดจากมะค่าแต้มีฤทธิ์ทางชีวภาพหลากหลาย เช่น ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ต้านจุลชีพ ต้านการอักเสบ และต้านมะเร็ง โดยสารสำคัญจำพวก flavonoids, terpenoids และ saponins มีบทบาทในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งผ่านกลไก เช่น การเหนี่ยวนำให้เกิดกระบวนการอะพอพโทซิส การยับยั้งการแบ่งตัว และการเคลื่อนที่ของเซลล์ (Jung et al., 2010; Rattanapotanan, 2019)อย่างไรก็ตาม กลไกการออกฤทธิ์ในระดับโมเลกุลยังไม่ชัดเจน เนื่องจากงานวิจัยส่วนใหญ่มักหยุดอยู่ที่ระดับฟีโนไทป์ เช่น การลดการมีชีวิตของเซลล์หรือการเพิ่มจำนวนเซลล์ที่เข้าสู่ภาวะอะพอพโทซิส โดยยังขาดข้อมูลเกี่ยวกับเส้นทางสัญญาณชีวโมเลกุลที่เกี่ยวข้องและเป้าหมายระดับยีนหรือโปรตีน

โรคมะเร็งยังคงเป็นหนึ่งในปัญหาสาธารณสุขระดับโลก แม้จะมีการพัฒนาวิธีการรักษาที่หลากหลาย เช่น เคมีบำบัด รังสีบำบัด และการรักษาแบบมุ่งเป้า แต่ก็ยังคงมีข้อจำกัดในด้านผลข้างเคียง ความเป็นพิษต่อเซลล์ปกติ และการเกิดภาวะดื้อยา จึงมีความจำเป็นเร่งด่วนในการค้นหาสารออกฤทธิ์ใหม่จากธรรมชาติที่มีความเฉพาะเจาะจงสูงและปลอดภัย โดยเฉพาะสารที่สามารถกระตุ้นกระบวนการอะพอพโทซิส ซึ่งเป็นการตายของเซลล์แบบมีการควบคุม และไม่กระตุ้นการอักเสบในเนื้อเยื่อ (Fesik, 2005)

ในปัจจุบัน เทคโนโลยีชีวสารสนเทศ (bioinformatics) กลายเป็นเครื่องมือสำคัญในการคาดการณ์กลไกของสารธรรมชาติ โดยสามารถวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารกับยีน ทำนายเส้นทางชีวโมเลกุล และคาดการณ์เป้าหมายของสารชีวภาพผ่านฐานข้อมูล เช่น KEGG เพื่อลดจำนวนการทดลองในห้องปฏิบัติการ และเพิ่มความแม่นยำของการวิจัย (Y. Wang et al., 2015; Hanauer et al., 2007) งานวิจัยนี้มีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากเป็นครั้งแรกที่มีการนำการวิเคราะห์เชิงคอมพิวเตอร์ (in silico) มาใช้ในการศึกษากลไกการกระตุ้นอะพอพโทซิสจากสารสกัดมะค่าแต้ โดยมุ่งเน้นไปที่การวิเคราะห์กระบวนการอะพอพโทซิสในเซลล์มะเร็งเป็นหลัก การศึกษานี้ได้เชื่อมโยงข้อมูลทางชีวสารสนเทศกับภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านเภสัชพฤกษศาสตร์ เพื่อคาดการณ์ผลกระทบของสารพฤกษเคมีที่สกัดได้ต่อการตายของเซลล์มะเร็ง แนวทางนี้จะนำไปสู่การประหยัดเวลาและเพิ่มความแม่นยำ เพื่อเจาะจงศึกษาสารสำคัญที่เป็นองค์ประกอบแบบมุ่งเป้ากับเซลล์มะเร็งจริงในระดับห้องปฏิบัติการและสัตว์ทดลองต่อไป ทั้งนี้เพื่อยืนยันการออกฤทธิ์ทางชีวภาพและ และอาจนำไปสู่การพัฒนาแนวทางการรักษาโรคมะเร็งที่มีประสิทธิภาพและยั่งยืนในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมสารสกัดจากพืช

การเตรียมสารสกัดหยาบจากเปลือกมะค่าแต้ เริ่มต้นด้วยการทำให้เปลือกมะค่าแต้แห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 ℃ เป็นเวลา 7 วัน หลังจากนั้นจะทำการสับและบดให้เป็นผงละเอียด จากนั้นนำผงพืชจำนวน 50 กรัมไปหมักในตัวทำละลายเอทานอลและเอทิลอะซิเตต โดยใช้ปริมาตรตัวทำละลายอย่างละ 200 มิลลิลิตร และมีจำนวนตัวอย่าง n = 5 ต่อกลุ่ม การหมักจะดำเนินต่อเนื่องเป็นเวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิห้อง พร้อมกับการเขย่าด้วยเครื่องเขย่าในตู้บ่ม (incubator shaker; Bio-Active, ประเทศจีน) หลังจากนั้น สารสกัดที่ได้จะถูกระเหยเพื่อแยกตัวทำละลายภายใต้สุญญากาศ โดยใช้เครื่องระเหยแบบหมุน (rotary evaporator; Buchi, ประเทศสวิตเซอร์แลนด์) สารสกัดหยาบจากเปลือกมะค่าแต้จะถูกเก็บแยกกันและรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 ℃ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ในขั้นตอนถัดไป

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วย LC-MS/MS

ตัวอย่างสารสกัดหยาบที่มีความเข้มข้น 5 มก./มล. ถูกนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยใช้เทคนิคโครมาโตกราฟีของเหลวสมรรถนะสูงแบบไม่ระบุเป้าหมาย (non-targeted ultra-high performance liquid chromatography; UHPLC) ซึ่งเชื่อมต่อกับเครื่องแมสสเปกโตรมิเตอร์ชนิด QTOF (Bruker Daltonics, ประเทศเยอรมนี) การแยกสารดำเนินการด้วยคอลัมน์ Intensity Solo 2 C18 (ขนาด 2.1 × 100 มม., ขนาดอนุภาค 2.1 ไมโครเมตร) โดยมีอัตราการไหลของตัวพาอยู่ที่ 0.4 มล./นาที และรักษาอุณหภูมิของคอลัมน์ที่ 40 ℃ เฟสเคลื่อนที่ A ประกอบด้วยน้ำและเมทานอลในอัตราส่วน 99:1 พร้อมด้วยสารเติมแต่ง คือแอมโมเนียมฟอร์เมต 5 มิลลิโมลาร์ และกรดฟอร์มิก 0.01% v/v ขณะที่เฟสเคลื่อนที่ B เป็นเมทานอลที่มีแอมโมเนียมฟอร์เมต 5 มิลลิโมลาร์ และกรดฟอร์มิก 0.01% v/v เช่นเดียวกัน สภาวะการแยกสารแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เงื่อนไขตัวทำละลาย (gradient elution) สำหรับการสกัดหยาบจากเปลือกมะค่าแต้โดยใช้เครื่อง UHPLC-HRMS

ลำดับที่	เวลา (นาที)	อัตราการไหล (มล./นาที)	เฟสเคลื่อนที่ A	เฟสเคลื่อนที่ B
1	0.0	0.4	99.9	0.1
2	1.0	0.4	99.9	0.1
3	10.0	0.4	0.1	99.9
4	12.0	0.4	0.1	99.9
5	12.1	0.4	99.9	0.1
6	15.0	0.4	99.9	0.1

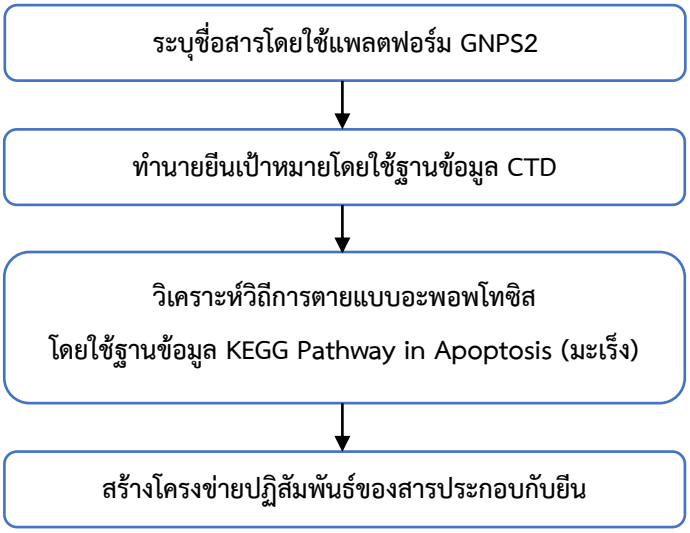
การวิเคราะห์โครงข่ายโมเลกุลและการคัดเลือกยีนเป้าหมาย

นำข้อมูลสเปกตรัมที่แสดงอัตราส่วนมวลต่อประจุ (mass-to-charge ratio) มาประมวลผลด้วยซอฟต์แวร์ MetaboScape เพื่อสร้างตารางคุณลักษณะ (feature table) และแบบแผนการแตกตัวของ MS2 ซึ่งจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล Global Natural Product Social Molecular Networking (GNPS) (M. Wang et al., 2016) นอกจากนี้ยังมีการทำนายโครงสร้างของเมแทบอไลต์โดยใช้ซอฟต์แวร์ SIRIUS (Dührkop et al., 2019) เพื่อระบุสารประกอบที่มีแนวโน้มจะพบในตัวอย่าง ต่อมา จะมีการวิเคราะห์เชิงสถิติโดยใช้สถิติการเชื่อมโยงโมเลกุลแบบอิงคุณลักษณะ (feature-based molecular

networking statistics; FBMN-STAT) (Shah et al., 2023) และใช้ชื่อสารที่ได้ในการค้นหายีนเป้าหมายที่เกี่ยวข้องผ่านฐานข้อมูล Comparative Toxicogenomics Database (CTD) โดยคัดเลือกยีนที่มีการโต้ตอบสูงสุดจากการวิเคราะห์โครงข่ายปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารกับยีน (compound–gene interaction)

การวิเคราะห์เส้นทางวิถีการตายแบบอะพอพโทซิส

ยีนเป้าหมายที่ได้รับการคัดเลือกได้ถูกนำมาวิเคราะห์การมีส่วนร่วมในเส้นทางชีววิถี โดยใช้ฐานข้อมูล Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes (KEGG) ซึ่งมุ่งเน้นไปที่เส้นทางที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการอะพอพโทซิสและโรคมะเร็ง เพื่อศึกษาความเชื่อมโยงเชิงกลไกระดับโมเลกุลของสารสกัดจากเปลือกมะค่าแต้ในการกระตุ้นการตายของเซลล์มะเร็ง ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยแสดงในรูปที่ 1



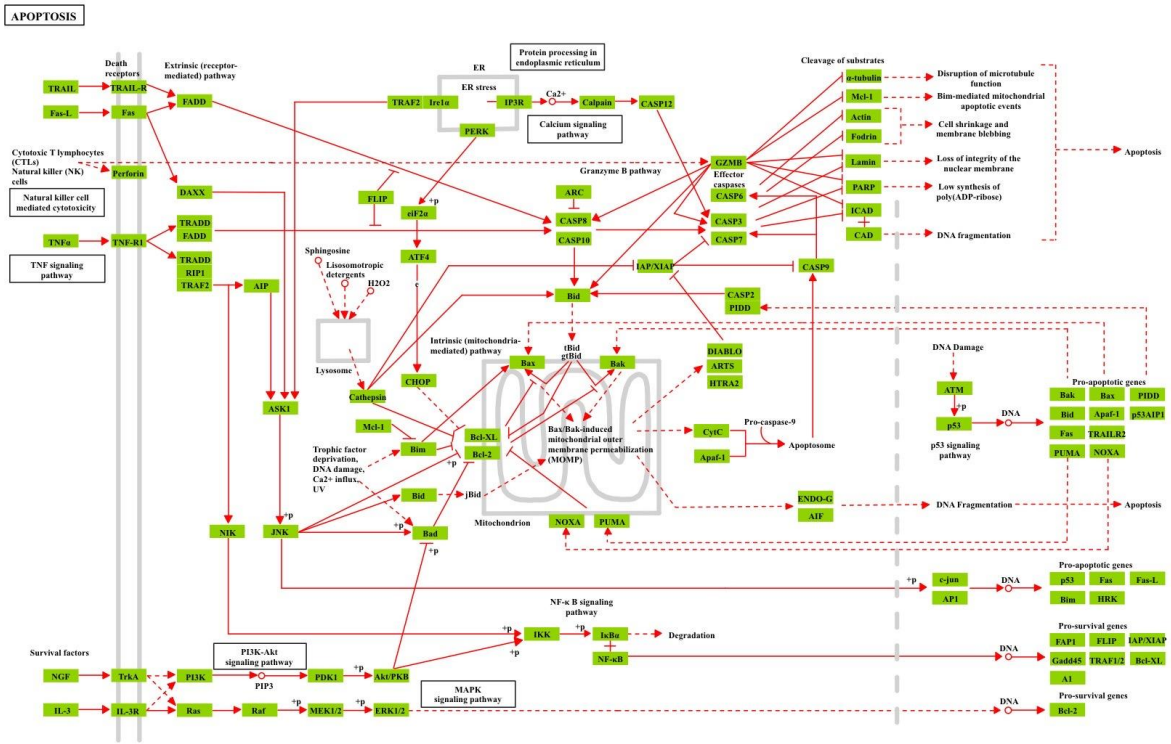
รูปที่ 1 กระบวนการดำเนินงานวิจัยเพื่อหาสารสำคัญและสารที่มีฤทธิ์ต้านมะเร็งในเปลือกมะค่าแต้ด้วยเทคโนโลยีชีสารสนเทศ

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างด้วยเทคนิค LC-MS/MS และการเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล Global Natural Products Social Molecular Networking (GNPS) พบสารประกอบธรรมชาติที่มีความน่าสนใจหลายชนิด เช่น เควอเซทิน อีพิคาเทชิน แคมป์เฟอรอล ไดออสเจนิน พิเซอาทานอล กรดวานิลลิก การ์เซนอล และลูพีโอล สารเหล่านี้จัดอยู่ในกลุ่ม ฟลาโวนอยด์ เทอร์พีนอยด์ และ ฟีนอลิก ซึ่งมีรายงานว่าสามารถออกฤทธิ์ ต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ และต้านมะเร็ง ได้ (Huang et al., 2021; de Luna et al., 2023; Tsao, 2010)

จากการศึกษา พบว่าเซลล์ที่ได้รับการกระตุ้นมีการเกิดอะพอพโทซิสผ่าน 3 เส้นทางหลัก ได้แก่ (1) วิถีการตายของเซลล์แบบอะพอพโทซิสจากปัจจัยภายนอก (extrinsic pathway) ซึ่งเซลล์ตอบสนองต่อสัญญาณจากภายนอก เช่น การจับของ ligand กับ death receptor (เช่น Fas หรือ TNFR) บนเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้เกิดการกระตุ้น caspase-8 และต่อเนื่องไปยัง caspase-3 ส่งผลให้เกิดการตายของเซลล์ (Ashkenazi & Dixit, 1998) (2) วิถีการตายของเซลล์แบบอะพอพโทซิสจากปัจจัยภายใน (intrinsic

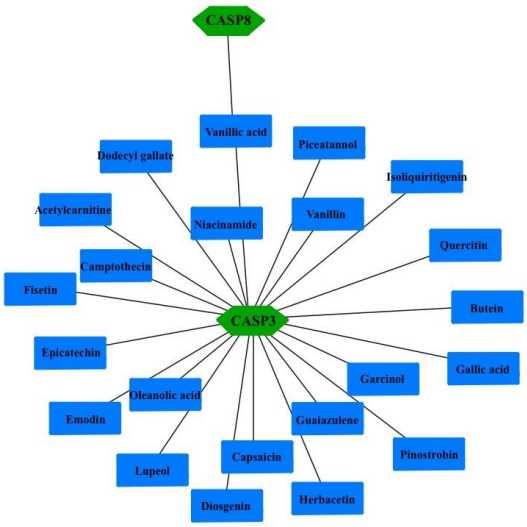
pathway) การเสียหายของ DNA หรือความผิดปกติของไมโตคอนเดรียกระตุ้นโปรตีนในกลุ่ม Bcl-2 family เช่น BAX และ BAK1 ส่งผลให้มีการปล่อย cytochrome c จากไมโตคอนเดรีย กระตุ้นการทำงานของ caspase-9 และต่อเนื่องไปยัง caspase-3 (Youle & Strasser, 2008) (3) การสื่อสารระหว่างวิถีภายนอกและภายใน (crosstalk) โดย caspase-8 ที่ถูกกระตุ้นจากวิถีภายนอกสามารถตัดโปรตีน Bid ให้กลายเป็น tBid ซึ่งกระตุ้นการปล่อย cytochrome c จากไมโตคอนเดรียและกระตุ้นวิถีภายในให้เข้มข้นขึ้น (Basu et al., 2006)



รูปที่ 2 เส้นทางการเกิดอะพอพโทซิส (Apoptosis Pathway) ของเซลล์มะเร็ง ที่มา: KEGG Pathway (https://www.kegg.jp/pathway/hsa04210)

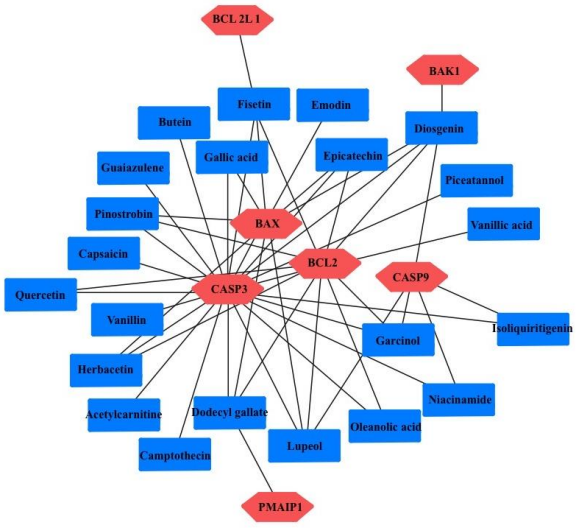
ผลการวิเคราะห์โครงข่ายแสดงให้เห็นว่า CASP3 เป็นโปรตีนหลักที่มีบทบาทสำคัญในการเป็นเป้าหมายของสารประกอบหลายชนิด ซึ่งอาจมีฤทธิ์ในการกระตุ้นหรือยับยั้งกระบวนการตายของเซลล์ผ่านวิถีภายนอก ดังที่แสดงในรูปที่ 3 การที่สารประกอบจำนวนมากสามารถเชื่อมโยงกับ CASP3 ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของโปรตีนนี้ในกระบวนการอะพอพโทซิส นอกจากนี้การควบคุมการทำงานของ CASP3 โดยสารธรรมชาติเหล่านี้อาจเป็นกลไกสำคัญในการพัฒนาแนวทางการรักษาโรคที่เกี่ยวข้องกับความผิดปกติของการตายของเซลล์ เช่น โรคมะเร็งและโรคระบบประสาทเสื่อม (Porter & Jänicke, 1999) ในขณะเดียวกัน การที่ CASP8 เชื่อมโยงกับสารประกอบเพียงชนิดเดียวคือ กรดวานิลลิก อาจบ่งชี้ถึงความเฉพาะเจาะจงในการควบคุม caspase-8 หรืออาจแสดงว่ามีสารอื่นที่มีปฏิสัมพันธ์กับ caspase-8 ที่ยังไม่ได้รับการค้นพบ ตัวอย่างเช่น เควอเซทิน อีพิคาเทชิน และแคปไซซิน ซึ่งพบในพืชและอาหารทั่วไป มีรายงานว่ามีฤทธิ์ต้านมะเร็งและกระตุ้นการเกิดอะพอพโทซิส (Aggarwal et al., 2012) การ

ค้นพบว่าสารเหล่านี้สามารถเชื่อมโยงกับ CASP3 ได้ เป็นการสนับสนุนสมมติฐานเกี่ยวกับกลไกการทำงานของสารธรรมชาติในการควบคุมการตายของเซลล์ ซึ่งถือเป็นแนวทางที่สำคัญสำหรับการพัฒนายาต้านมะเร็งในอนาคต



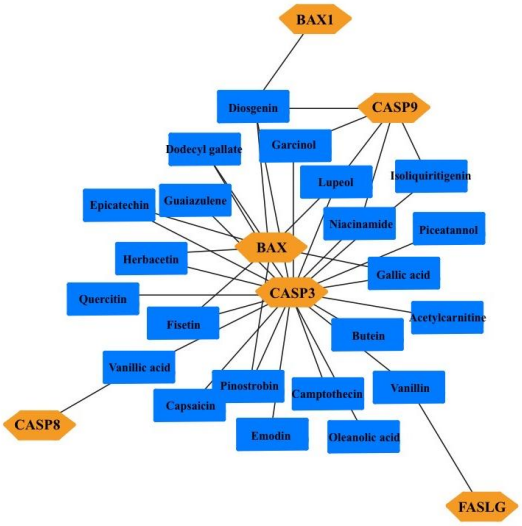
รูปที่ 3 โครงข่ายปฏิสัมพันธ์ของสารประกอบกับยีน (compound–gene interaction) ในวิถีการตายของเซลล์มะเร็งแบบอะพอพโทซิสจากปัจจัยภายนอก (extrinsic apoptotic pathway)

รูปที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์โครงข่ายปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารประกอบและยีนที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยภายใน พบว่า CASP3 มีบทบาทเป็นศูนย์กลางที่สำคัญ โดยเชื่อมโยงกับสาร 22 ชนิด ขณะที่ BAX และ BCL2 เชื่อมโยงกับสาร 8 และ 10 ชนิด ตามลำดับ ส่วน CASP9 เชื่อมโยงกับ 5 ชนิด การที่สารประกอบ เช่น ไนอะซินาไมด์ ลูพีโอล ไดออสเจนิน ไอโซลิคิริทิเจนิน และการ์ซินอล มีปฏิสัมพันธ์กับยีนในทั้งสองเส้นทางนี้ ชี้ให้เห็นถึงบทบาทของสารเหล่านี้ในการปรับสมดุลระหว่างโปรตีนที่ส่งเสริมการตายของเซลล์ (pro-apoptotic) และโปรตีนที่ต่อต้านการตายของเซลล์ (anti-apoptotic) ซึ่งเป็นกลไกสำคัญในการควบคุมการตายของเซลล์อย่างมีประสิทธิภาพ (Fulda & Debatin, 2006)



รูปที่ 4 โครงข่ายปฏิสัมพันธ์ของสารประกอบกับยีน (compound–gene interaction) ในวิถีการตายของเซลล์มะเร็งแบบอะพอพโทซิสจากปัจจัยภายใน (intrinsic apoptotic pathway)

การวิเคราะห์โครงข่ายปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารประกอบและยีนเผยให้เห็นว่า CASP3 เป็นศูนย์กลางที่สำคัญซึ่งเชื่อมโยงกับสารประกอบถึง 22 ชนิด ขณะที่ BAX ซึ่งมีบทบาทในกระบวนการอะพอพโทซิสที่เชื่อมโยงระหว่างวิถีภายนอกและภายใน (รูปที่ 5) เชื่อมโยงกับ 8 ชนิด และ CASP9 เชื่อมโยงกับเพียง 5 ชนิด นอกจากนี้ยังไม่พบการเชื่อมโยงโดยตรงระหว่างสารประกอบกับ BAK1 และ FASLG อย่างไรก็ตาม การที่สารธรรมชาติจำนวนมากมีปฏิสัมพันธ์กับทั้ง CASP3 และ BAX แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการควบคุมกลไกการตายของเซลล์ในหลายเส้นทาง



รูปที่ 5 โครงข่ายปฏิสัมพันธ์ของสารประกอบกับยีน (compound–gene interaction) ในการสื่อสารระหว่างวิถีอะพอพโทซิสภายนอกและภายใน (crosstalk between extrinsic and intrinsic apoptotic pathways)

ตารางที่ 2 สรุปปฏิสัมพันธ์ของสารประกอบกับยีน (compound–gene interaction) ในวิถีการตายของเซลล์มะเร็งแบบอะพอพโทซิส

ชื่อสาร	ยีนที่มีการโต้ตอบสูงสุด
อะซีทิลคาร์นิทีน	CASP3[1,2,3]
ไนอะซินาไมด์	CASP3[1,2,3], CASP9[2,3]
อีพิคาเทชิน	CASP3[1,2,3], BAX[2,3], BCL2[2]
วานิลลิน	CASP3[1,2,3], FASLG[3]
เฮอร์บาเซติน	BAX[2,3], BCL2[2], CASP3[1,2,3]
ลูพีโอล	BCL2[2], BAX[2,3], CASP3[1,2,3], CASP9[2,3]
กรดโอเลอาโนลิก	CASP3[1,2,3], BCL2[2]
กัวเอียซูลีน	CASP3[1,2,3]
ไพโนสโตรบิน	CASP3[1,2,3], BAX[2,3], BCL2[2]
กรดกัลลิก	CASP3[1,2,3], BAX[2,3]
โดเดซิลกัลเลต	BAX[2,3], BCL2[2], CASP3[1,2,3], PMAIP1[2]
แคปไซซิน	CASP3[1,2,3]
กรดวานิลิก	CASP3[1,2,3], CASP8[1,3]
ไดออสเจนิน	CASP3[1,2,3], CASP9[2,3], BCL2[2], BAX[2,3], BAK1[2,3]
ไพเซียแทนนอล	CASP3[1,2,3]
บิวทีน	CASP3[1,2,3]
ไฟเซติน	CASP3[1,2,3], BAX[2,3], BCL2[2], BCL2L1[2]
ไอโซลิควิริทิเจนิน	CASP3[1,2,3], CASP9[2,3]
อีโมดิน	CASP3[1,2,3]
เควอซิทิน	CASP3[1,2,3], BCL2[2]
แคมป์โทเธซิน	CASP3[1,2,3]
การ์ซินอล	CASP3[1,2,3], BCL2[2], CASP9[2,3]

[1] คือ วิถีการตายของเซลล์แบบอะพอพโทซิสจากปัจจัยภายนอก [2] คือ วิถีการตายของเซลล์แบบอะพอพโทซิสจากปัจจัยภายนอก และ [3] คือ การสื่อสารระหว่างวิถีอะพอพโทซิสภายนอกและภายใน

สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า CASP3 เป็นโปรตีนที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการอะพอพโตซิสของเซลล์มะเร็ง โดยมีส่วนร่วมในทั้งวิถีการกระตุ้นภายนอกและภายใน รวมถึงการเชื่อมโยงระหว่างสองวิถี ซึ่งสามารถถูกกระตุ้นหรือยับยั้งโดยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น เควอซิทิน อิพิแคทิชิน และแคปไซซิน การวิเคราะห์โครงข่ายปฏิสัมพันธ์ระหว่างยีนและสารประกอบแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของ CASP3 ในการเป็นเป้าหมายเชิงโมเลกุลสำหรับการควบคุมการตายของเซลล์มะเร็งอย่างแม่นยำในอนาคต ดังนั้น การศึกษาต่อไปควรมุ่งเน้นที่การศึกษาผลของสารสกัดพฤกษเคมีจากต้นมะค่าแต้ หรือสารประกอบแบบบริสุทธิ์ (pure compound) ที่วิเคราะห์ได้จากงานวิจัยนี้กับเซลล์มะเร็งชนิดต่างๆ ทั้งในระดับห้องปฏิบัติการและสัตว์ทดลอง เพื่อศึกษากลไกการกระตุ้น CASP3 อย่างเฉพาะเจาะจงในเซลล์มะเร็งจริง เพื่อการประเมินประสิทธิภาพของสารกระตุ้นในแบบจำลอง *in vitro* และ *in vivo* และการใช้ข้อมูลโอมิกส์ร่วมกับเทคโนโลยีนำส่งสารที่มุ่งเป้า เพื่อพัฒนาแนวทางการรักษาโรคมะเร็งที่มีประสิทธิภาพและปลอดภัยยิ่งขึ้น

คำขอบคุณ

ข้าพเจ้าขอขอบคุณแหล่งทุนวิจัย ได้แก่ โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชในสมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี หรือโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชฯ (อพ.สธ.) และสถาบันวิจัยมะเร็งท่อน้ำดี รวมถึงผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องและให้การสนับสนุนในการทำงานวิจัยครั้งนี้ ซึ่งเป็นการศึกษาที่มีความสำคัญในการพัฒนาเทคนิคการรักษามะเร็ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งขอขอบคุณอาจารย์ปรเมษฐ์ กลั่นฤทธิ์ ที่ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นที่มีคุณค่าในการทำวิจัย และการสนับสนุนทางวิชาการตลอดระยะเวลาในการทำงานวิจัยนี้ รวมทั้งคณาจารย์และเจ้าหน้าที่จากภาควิชาชีวเคมี มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุนทั้งในด้านอุปกรณ์และทรัพยากรต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับการทดลอง

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ นางสาวฐาปนี พฤกษตระกูล ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการระบุสารประกอบที่อยู่ในสารสกัดจากเปลือกมะค่าแต้ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการศึกษาในครั้งนี้ นอกจากนี้ ข้าพเจ้าขอขอบคุณเพื่อนนักศึกษาและผู้ร่วมงานที่ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ที่ทำให้การวิจัยดำเนินไปได้อย่างราบรื่น รวมถึงครอบครัวที่ให้การสนับสนุนทั้งทางด้านจิตใจและกำลังใจตลอดระยะเวลาการศึกษาและทำวิจัย

ขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการทำวิจัยนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ผลการวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ในการใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงวิธีการรักษามะเร็งในอนาคต เพื่อให้เกิดผลลัพธ์ที่ดีและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นต่อผู้ป่วยในระยะยาว

อ้างอิง

Aggarwal, B. B., Prasad, S., Yadav, V. R., Park, B., Kim, J. H., Gupta, S. C., Yoon, S. W., Lavasanifar, A., & Sung, B. (2012). Targeting inflammatory pathways by dietary agents for prevention and therapy of cancer. *Journal of Food and Drug Analysis*, *20*(SUPPL.1), 231–236. https://doi.org/10.38212/2224-6614.2123

Ashkenazi, A., & Dixit, V. M. (1998). Death receptors: Signaling and modulation. *Science*, *281*(5381), 1305–1308. https://doi.org/10.1126/science.281.5381.1305

Basu, A., Castle, V. P., Bouziane, M., Bhalla, K., & Haldar, S. (2006). Crosstalk between extrinsic and intrinsic cell death pathways in pancreatic cancer: Synergistic action of estrogen metabolite and ligands of death receptor family. *Cancer Research*, *66*(8), 4309–4318. https://doi.org/10.1158/0008-5472.CAN-05-2657

de Luna, F. C. F., Ferreira, W. A. S., Casseb, S. M. M., & de Oliveira, E. H. C. (2023). Anticancer Potential of Flavonoids: An Overview with an Emphasis on Tangeretin. *Pharmaceuticals*, *16*(9). https://doi.org/10.3390/ph16091229

Dührkop, K., Fleischauer, M., Ludwig, M., Aksenov, A. A., Melnik, A. V., Meusel, M., Dorrestein, P. C., Rousu, J., & Böcker, S. (2019). SIRIUS 4: a rapid tool for turning tandem mass spectra into metabolite structure information. *Nature Methods*, *16*(4), 299–302. https://doi.org/10.1038/s41592-019-0344-8

Fesik, S. W. (2005). Promoting apoptosis as a strategy for cancer drug discovery. *Nature Reviews Cancer*, *5*(11), 876–885. https://doi.org/10.1038/nrc1736

Fulda, S., & Debatin, K. M. (2006). Extrinsic versus intrinsic apoptosis pathways in anticancer chemotherapy. *Oncogene*, *25*(34), 4798–4811. https://doi.org/10.1038/sj.onc.1209608

Hanauer, D., Rhodes, D., Sinha-Kumar, C., & Chinnaiyan, A. (2007). Bioinformatics Approaches in the Study of Cancer. *Current Molecular Medicine*, *7*(1), 133–141. https://doi.org/10.2174/156652407779940431

Huang, M., Lu, J. J., & Ding, J. (2021). Natural Products in Cancer Therapy: Past, Present and Future. *Natural Products and Bioprospecting*, *11*(1), 5–13. https://doi.org/10.1007/s13659-020-00293-7

Jung, H. J., Chung, S. Y., Nam, J. W., Chae, S. W., Lee, Y. J., Seo, E. K., & Lee, H. J. (2010). Inhibition of P-glycoprotein-induced multidrug resistance by a clerodane-type diterpenoid from Sindora sumatrana. *Chemistry and Biodiversity*, *7*(8), 2095–2101. https://doi.org/10.1002/cbdv.201000010

Porter, A. G., & Jänicke, R. U. (1999). Emerging roles of caspase-3 in apoptosis. *Cell Death and Differentiation*, *6*(2), 99–104. https://doi.org/10.1038/sj.cdd.4400476

Rattanapotanan, N. (2019). Plant diversity and utilization of medicinal plants by traditional healers. *Naresuan University Journal: Science and Technology 2019*, *27*(1), 55–64.

Shah, A. K. P., Walter, A., Ottosson, F., Russo, F., & Navarro-, M. (2023). *Supporting Information The Hitchhiker ' s Guide to Statistical Analysis of Feature-based Molecular Networks from Non-Targeted Metabolomics Data*.

Tsao, R. (2010). Chemistry and biochemistry of dietary polyphenols. *Nutrients*, *2*(12), 1231–1246. https://doi.org/10.3390/nu2121231

Wang, M., Carver, J. J., Phelan, V. V., Sanchez, L. M., Garg, N., Peng, Y., Nguyen, D. D., Watrous, J., Kapono, C. A., Luzzatto-Knaan, T., Porto, C., Bouslimani, A., Melnik, A. V., Meehan, M. J., Liu, W. T., Crüsemann, M., Boudreau, P. D., Esquenazi, E., Sandoval-Calderón, M., … Bandeira, N. (2016). Sharing and community curation of mass spectrometry data with Global Natural Products Social Molecular Networking. *Nature Biotechnology*, *34*(8), 828–837. https://doi.org/10.1038/nbt.3597

Wang, Y., Xing, J., Xu, Y., Zhou, N., Peng, J., Xiong, Z., Liu, X., Luo, X., Luo, C., Chen, K., Zheng, M., & Jiang, H. (2015). In silico ADME/T modelling for rational drug design. *Quarterly Reviews of Biophysics*, *48*(4), 488–515. https://doi.org/10.1017/S0033583515000190

Youle, R. J., & Strasser, A. (2008). The BCL-2 protein family: Opposing activities that mediate cell death. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, *9*(1), 47–59. https://doi.org/10.1038/nrm2308

Session

ฟิสิกส์ วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาตร์และคอมพิวเตอร์

P 11

การพัฒนาโปรแกรมควบคุมโดรนตรวจจับวัตถุด้วยโครงข่ายประสานส่วนลึกแบบเรียลไทม์

ศิริชัย ลาภาสระน้อย [1] อนันท์ เกสูงเนิน[2] เกรียงกมล มงคลเมือง[2] อัตถ์ ศรีเนตร[2]
ภากร นาคศรี[2] ปรเมษฐ์ นวมโคกสูง[2] และ ปิยรัตน์ งามสนิท[3]

บทคัดย่อ

การตรวจจับวัตถุเป็นหนึ่งในองค์ประกอบการพัฒนาซอฟต์แวร์หลักการมองเห็นของคอมพิวเตอร์ มีความสำคัญต่อเทคโนโลยียานยนต์ ระบบช่วยเหลือการขับขี่ขั้นสูง หุ่นยนต์ และโดรนหลบหลีกสิ่งกีดขวางอัตโนมัติ ทำงานร่วมกับวิธีระบุตำแหน่งด้วยเซนเซอร์จีพีเอส (GPS) เมื่อนำไปใช้ในพื้นที่อับสัญญาณอาทิเช่น ในอาคาร ชั้นใต้ดิน และถ้ำ อาจทำให้ประสิทธิภาพลดลง ซึ่งเป็นงานที่ซับซ้อนท้าทายโดยเฉพาะอย่างยิ่งหากจำเป็นต้องดำเนินการแบบเรียลไทม์ บทความนี้นำเสนอเทคนิคการโปรแกรมควบคุมโดรน Tello EDU ตรวจจับวัตถุด้วยโมดูล Mobile Net SSD สมองกลฝังตัวร่วมกับโครงข่ายประสานส่วนลึก ไลบรารี OpenCV โมเดลที่ได้รับการฝึกฝนล่วงหน้า เพื่อระบุวัตถุหลายชิ้น ค้นหาตำแหน่ง และสร้างกรอบขอบเขตวัตถุ ผลการทดสอบควบคุมการบินด้วยคีย์บอร์ดคอมพิวเตอร์สามารถรักษาตำแหน่งได้เป็นอย่างดีโดยไม่ต้องใช้สัญญาณจีพีเอส ทั้งนอกอาคารหรือในอาคารพื้นที่จำกัด จอภาพแสดงผลพารามิเตอร์มุมมองนักบินที่หนึ่ง (FPV) เวลาใกล้เคียงความจริง เช่น พลังงานแบตเตอรี่ ความเร็ว ความสูง ระยะทางจากจุดปล่อย เวลาที่ใช้ ความแรงสัญญาณ Wi-Fi ขอบเขตภาพการตรวจจับวัตถุได้หลายชิ้นพร้อมระบุชื่อความน่าจะเป็น ค่าความคลาดเลื่อนการทำนายสูงขึ้นเมื่อระยะจากโดรนถึงเป้าหมายมากขึ้นจะได้ความแม่นยำลดน้อยลงมีแนวโน้มเป็นเชิงเส้น

คำสำคัญ: การตรวจจับวัตถุ โครงข่ายประสาทส่วนลึก , Tello EDU, Mobile Net SSD

[1] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา
[2] อาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา
[3] อาจารย์ ระบบสารสนเทศ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา
[1] Assistant Professor Faculty of Engineering and Technology Rajamangala University of Technology Isan Mueang Nakhonratchasima.
[2] Lecturer Faculty of Engineering and Technology Rajamangala University of Technology Isan Mueang Nakhonratchasima.
[3] Lecturer Information System Faculty of Business Administration Rajamangala University of Technology Isan Mueang Nakhonratchasima.

An object detection drone driver with deep neural network in near real time.

Sirichai Lapasanoi[1] Anan Kesungnoen[2] Kreangkamol Mongkolmuang[2] Ath Srinate[2]
Phakon Naksri[2] Paramet Nuamkolosung[3] Noppanut Chitgreeyan[2] and Piyarat Ngamsanit[3]

Abstract

Object detection is one of the main computer vision software components. important to automotive technology Advanced driving assistance systems, robots and autonomous obstacle avoidance drones Works with GPS sensor positioning. Performance may be reduced in confined areas of buildings, basements, and caves. This is a challenging complex task, especially if it needs to be done in real time. This paper presents a technique to program a Tello EDU object-detection drone embedded with a Mobile Net SSD module combined with a deep neural network, OpenCV libraries, pre-trained models to identify multiple objects, locate and create object boundaries. The test results are flight control with computer keyboards that can maintain position very well without GPS signal either outside the building or in a limited space building. The monitor displays near real time first pilot's view (FPV) parameters such as battery power, speed, altitude, distance to launch point, elapsed time, Wi-Fi signal strength. Multiple object detection image scope with named probability. The higher prediction error value greater distance from drone to target less accurate tends to be linear.

Keywords: Object detection, Deep Neural Networks, Tello EDU, Mobile Net SSD

1. บทนำ

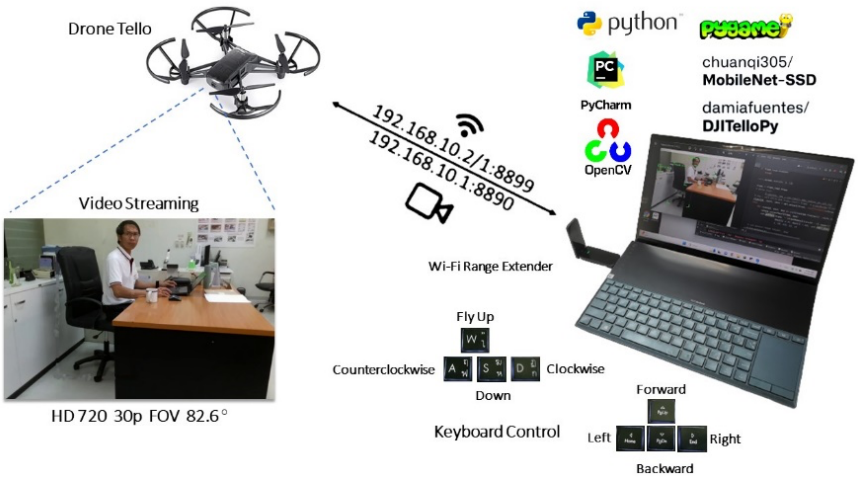
เทคโนโลยีโดรน (Drone) ในปัจจุบันเติบโตอย่างรวดเร็วราคาไม่แพงมีวางจำหน่ายทั่วไป มาพร้อมกับการควบคุมที่ไม่ซับซ้อน เชื่อถือได้ถูกใช้งานมากขึ้นในหลากหลายสาขาตั้งแต่การจัดส่งอาหารและพัสดุ การเฝ้าระวังทางทหาร [1] กล้องที่ติดตั้งในโดรนให้ข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับสภาพแวดล้อม ความสูง ข้อมูลพื้นผิว ทำให้ความเข้าใจข้อมูลมากกว่าเมื่อเทียบกับเซนเซอร์ประเภท LIDAR เรดาร์ อัลตราโซนิก ฯลฯ แต่เป็นงานที่ซับซ้อนและท้าทายมากสำหรับคอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer Vision)[2] โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากจำเป็นต้องดำเนินการตรวจจับวัตถุ (Object Detection)[3] แบบใกล้เคียงเวลาจริง (Real Time) [4] การประมวลผลรูปภาพเจาะลึกลงไปได้อีกหลายแขนง เช่น ตรวจจับหน้าคน (Face Detection) [5] ตรวจจับคนเดินถนน ตรวจนับสิ่งของ ด้านรักษาความปลอดภัย และรถยนต์ไร้คนขับ เป็นต้น การมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์มีการวิจัยที่กล่าวถึงแนวทางต่าง ๆ เช่น Haar Cascade Classifier [6] SVMs หรือวิธีการของหน้าต่างเลื่อน [7] นอกจากนี้โมเดลการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) [8] แบบโครงข่ายประสาทเทียม (Convolutional Neural Network: CNN) มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นกว่าเดิม แนวทางใหม่ที่ใช้ CNN เชิงลึก เช่น Fast R-CNNs [9] หรือ Faster R-CNNs [10] มีปัญหาเวลาตอบสนองช้าในขณะที่ได้ค่าเฉลี่ยความแม่นยำ เท่าเดิมหรือต่ำกว่าเมื่อเทียบกับกระบวนการทำงานเพียงรอบเดียวในการตรวจจับวัตถุที่มีการตีกรอบแล้วไล่เรียงไปทีละส่วนแยกส่วนความต่างอย่างเช่น YOLO (You Only Look Once) [11] และ Mobile Net SSD (Single Shot Detector) [12][13] เหมาะสมกับอุปกรณ์พบพาประเภทสมองกลฝังตัว (Embedded) โปรแกรมควบคุมโดรน DJI Tello EDU [14] ตรวจจับวัตถุด้วยการเรียนรู้เชิงลึกในเวลาใกล้ความจริงที่นำเสนอนี้ผ่านการทดลอบในหลากหลายภารกิจ มีเนื้อหาที่เรียบเรียงต่อจากหัวข้อ 1) บทนำ หัวข้อ 2) เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง หัวข้อ 3) อธิบายการติดตั้งโปรแกรมที่ใช้งาน หัวข้อ 4) นำเสนอผลลัพธ์ที่ได้รับ ส่วนสุดท้ายบทสรุปและคำแนะนำสำหรับงานในอนาคต

2. วัสดุและวิธีการ

ส่วนนี้จะอธิบายถึงฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้โดรน Tello EDU เป็นยานพาหนะหลักที่ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊คใช้ Wi-Fi สำหรับซอฟต์แวร์ตรวจจับวัตถุ Mobile Net SSD ซึ่งนำเข้าและใช้งานในภาษา Python ไลบรารี่ต่าง ๆ ที่จำเป็นประกอบด้วย Djitellopy [15] OpenCV [2] PyGame [16] และโปรแกรม PyCharm Community [17]

2.1 โดรน Dji Tello EDU

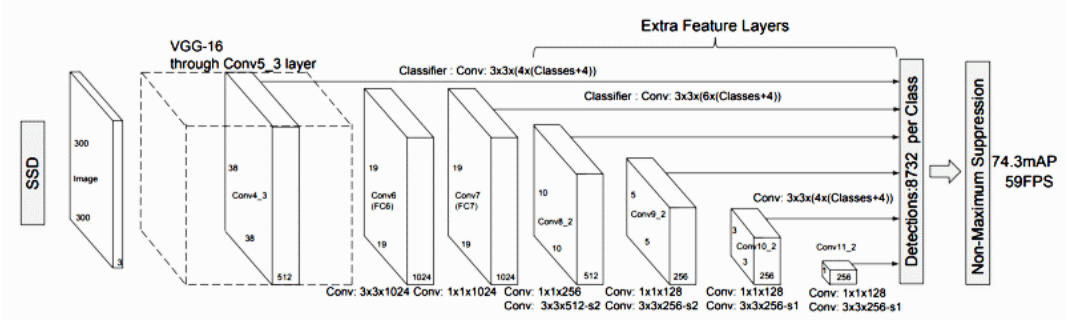
โดรน Tello EDU [14] เป็นโดรนขนาดเล็กผลิตโดย Ryze Tech ร่วมกับ Scratch และ Swift ดังแสดงในรูปที่ 1 การออกแบบและขนาดมีไว้สำหรับผู้ที่สนใจในเทคโนโลยี UAV พัฒนาโปรแกรมผ่าน Python SDK มาพร้อมทั้งหน่วยประมวลผล Intel 14-Core Processor กล้องความ ละเอียด 5MP (2,592x1,936) ถ่ายวิดีโอความละเอียด HD720 p30 มุมมอง FOV 82.6° ระบบป้องกันภาพสั่นไหวแบบดิจิตอล ระยะการบินสูงสุด 100 เมตร ความเร็วสูงสุด 8 เมตร/วินาที ความสูงของเที่ยวบินสูงสุด 30 เมตร เซนเซอร์ตรวจจับสิ่งกีดขวางใต้ท้องแบบแสง ไม่มี GPS สำหรับกำหนดตำแหน่ง แต่จะใช้เซนเซอร์ต่างๆ ในการบินนิ่งๆ ฟังก์ชันในตัว Range Finder Barometer Acceleration LED Vision System Telemetric Sensor และ Real-time Streaming สามารถควบคุมได้ด้วยสมาร์ทโฟนหรือคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊คโดยใช้การสื่อสาร Wi-Fi 2.4 GHz 802.11n แบตเตอรี่ถอดออกได้พิกัด 3.8 V / 1.1Ah ชาร์จผ่านพอร์ต Micro USB เวลาในการชาร์จ 1.5 ชั่วโมง บินได้นาน 13 นาที ต่อการชาร์จเต็ม 1 ครั้ง



รูปที่ 1 ระบบโดรนตรวจจับวัตถุด้วยการเรียนรู้เชิงลึกในเวลาใกล้ความจริง

2.2 สถาปัตยกรรม Mobile Net SSD [14]

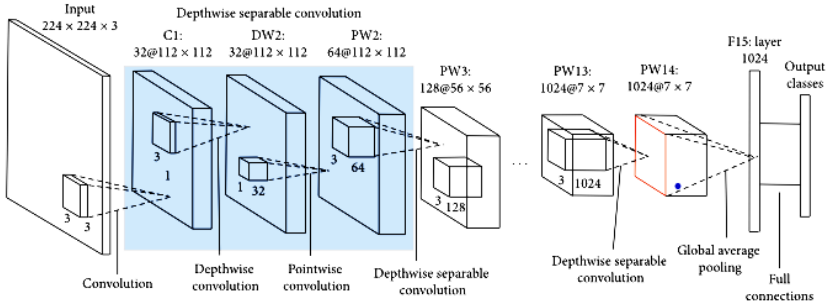
นักวิจัยจาก Google เผยแพร่สถาปัตยกรรม SSD ในปี 2559 โดยนำเสนอแบบจำลองการตรวจจับวัตถุที่ใช้โครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึกเครือข่ายเดียวที่รวมข้อเสนอระดับภูมิภาคและการแยกคุณลักษณะ ชุดของกล่องเริ่มต้นสำหรับอัตราส่วนกว้างยาวและสเกลต่างๆ จะถูกใช้และนำไปใช้กับการแผนที่คุณลักษณะ (Map) ถูกคำนวณโดยการส่งรูปภาพผ่านเครือข่ายการจำแนกรูปภาพ ดังนั้นการแยกคุณลักษณะสำหรับกล่องขอบเขตจึงแยกออกมาในขั้นตอนเดียว คะแนนถูกสร้างขึ้นสำหรับทุกหมวดหมู่ของออบเจกต์ในทุกกรอบขอบเขตเริ่มต้นเพื่อให้พอดีกับกล่อง (Box) ความจริงด้านล่างมากขึ้น การปรับค่าชดเชยจะถูกคำนวณสำหรับทุกกล่อง แผนผังคุณลักษณะรูปที่ 2 แตกต่างกันภายในเครือข่าย Convolutional สอดคล้องกับฟิลด์รับสัญญาณที่แตกต่างกัน และใช้เพื่อจัดการกับวัตถุในระดับต่างๆ ตามธรรมชาติ เนื่องจากการคำนวณทั้งหมดรวมอยู่ในเครือข่ายเดียวและมีความเร็วในการคำนวณที่ค่อนข้างสูง (เช่น สำหรับอินพุต 300 × 300 59 FPS) สำหรับการใช้งาน เราจะตรวจสอบไฟล์การกำหนดค่าตัวอย่างต่างๆ สำหรับ SSD พารามิเตอร์หลายตัวมีความสำคัญเมื่อใช้ประโยชน์จากสถาปัตยกรรม SSD และเราจะประเมินอีกครั้งทีละตัว



รูปที่ 2 โครงสร้างเครือข่าย SSD [14]

เครือข่ายการจำแนกประเภทต่างๆ มีจุดแข็งและจุดอ่อนที่แตกต่างกันเป็นเครือข่ายที่ได้รับการฝึกอบรมเพื่อลดทรัพยากรการคำนวณที่ระบุจำนวนของพารามิเตอร์ ประสิทธิภาพของเครือข่ายการแยกคุณลักษณะบน ImageNet และชุดข้อมูลดั้งเดิมที่ได้รับการฝึกอบรมจึงเป็นพร็อกซีที่ดีสำหรับการแลกเปลี่ยนประสิทธิภาพ/ความเร็ว ตัวแยกคุณสมบัติกำหนดไว้ในเลเยอร์ Feature Eextractor พารามิเตอร์ชุดที่สองคือการตั้งค่าสำหรับกล่องเริ่มต้นและอัตราส่วนกว้างยาว ขึ้นอยู่กับประเภทของปัญหา การวิเคราะห์สเกลของกรอบขอบเขตข้อมูลที่มีป้ายกำกับและอัตราส่วนกว้างยาวต่างๆ นั้นคุ้มค่า ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของปัญหา การตั้งค่าอัตราส่วนภาพและมาตรา

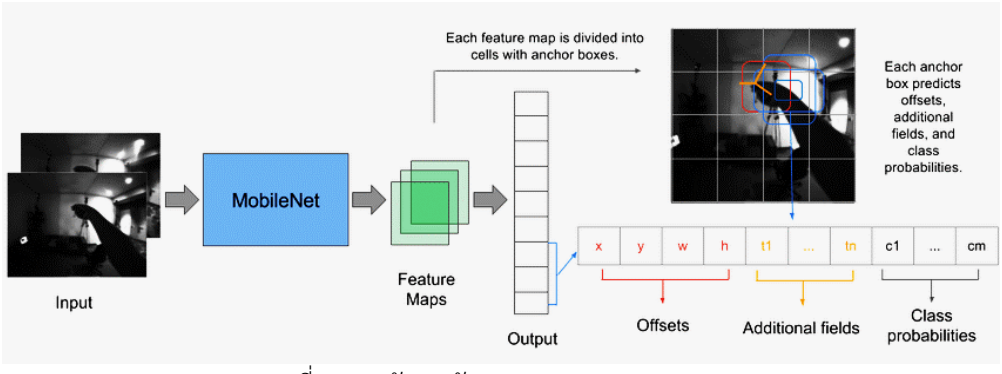
ส่วนจะช่วยให้มั่นใจได้ว่าเครือข่ายจะไม่ทำการคำนวณที่ไม่จำเป็น เราจะสามารถปรับแต่งสิ่งเหล่านี้ได้ในเลเยอร์ Ssd Anchor Generator โปรดทราบว่าการเพิ่มมาตราส่วนและอัตราส่วนกว้างยาวจะส่งผลให้ประสิทธิภาพดีขึ้น แต่โดยทั่วไปผลตอบแทนจะลดลง ประการที่สาม เมื่อฝึกโมเดล สิ่งสำคัญคือต้องตั้งค่าขนาดรูปภาพและตัวเลือกการเพิ่มข้อมูลภายในส่วน Data Augmentation Options และ Image Resizer ขนาดภาพที่ใหญ่ขึ้นจะทำงานได้ดีขึ้น เนื่องจากวัตถุขนาดเล็กมักตรวจจับได้ยาก แต่จะมีค่าใช้จ่ายในการคำนวณสูง การเพิ่มข้อมูลมีความสำคัญมากในบริบทของ SSD เพื่อให้สามารถตรวจจับวัตถุในระดับต่างๆ ได้ (แม้ในระดับที่ไม่สามารถแสดงข้อมูลการฝึกอบรมได้) สุดท้าย การปรับแต่ง Train Config การตั้งค่าอัตราการเรียนรู้และขนาดแบทช์มีความสำคัญมากในการลดการใช้มากเกินไป และสามารถพึ่งพาขนาดของชุดข้อมูลที่เรามีได้อย่างมาก โดยที่รุ่น SSD300 ภาพอินพุต 300×300 ความเร็วต่อภาพ 59 เฟรมต่อวินาที (FPS) พร้อมแผนที่ 74.3% ความละเอียดต่ำแต่เร็วกว่า และ SSD512 ภาพอินพุต 512×512 ความละเอียดสูงแม่นยำยิ่งขึ้น 22 FPS พร้อมแ mAP 76.9%



รูปที่ 3 สถาปัตยกรรม Mobile Net [14]

สถาปัตยกรรม Mobile Net [12] [14] เป็นโมเดลที่ถูกออกแบบมาสำหรับมือถือโมเดลด้วยข้อมูลจากฐานข้อมูล ImageNet ที่ภายในรวบรวมภาพจำนวนหลายล้าน รองรับงานได้หลากหลายสำหรับมือถือและแบบสมองกลฝังตัว โมเดลประเภทนี้มีพื้นฐานมาจากสถาปัตยกรรมดังรูปที่ 3 ซึ่งใช้การบิดแบบแยกส่วนในเชิงลึก (Depthwise Convolution) สร้างโครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึกที่มีน้ำหนักเบา มันแยกการบิดมาตรฐานออกเป็นความลึกและการบิด 1 × 1 ที่เรียกว่าการบิดแบบจุด Deep Convolution ใช้หนึ่งตัวกรองกับแต่ละช่องอินพุตในกรณีของ Mobile Nets จากนั้นการบิดจุดจะสร้างการบิด 1 × 1 เพื่อรวมผลลัพธ์ของการบิดเชิงลึก Convolution มาตรฐานมีขั้นตอนเดียวสำหรับทั้งการกรองและการรวมอินพุตเข้ากับเอาต์พุตชุดใหม่ แต่การโน้มน้าวใจที่แยกส่วนลึกได้แยกออกเป็นสองชั้น ชั้นแยกต่างหากสำหรับการหมุนตามจุดและชั้นแยกต่างหากสำหรับการรวม การแยกตัวประกอบนี้ช่วยลดการคำนวณและขนาดแบบจำลองลงอย่างมาก อาจจะมีความแม่นยำน้อยกว่าโมเดลเต็มรูปแบบที่เป็นที่นิยม แต่ก็แลกมากับเวลาแฝง (Latency) ที่น้อยลง และขนาดที่เล็กลงมาก ส่งผลให้ใช้การประมวลผลน้อยลงด้วยโมเดลขนาดเล็ก ที่ทำงานได้เร็ว Latency ต่ำใช้พลังงานในการประมวลผลไม่มากถูกออกแบบมาสำหรับงานที่มีทรัพยากรจำกัดสามารถใช้งานได้ทั้ง Classification Detection Embedding และ Segmentation

การผสมผสานทั้งสถาปัตยกรรม Mobile Net และเฟรมเวิร์ก SSD ดังรูปที่ 4 เราจะได้วิธีการตรวจจับออบเจกต์ที่ใช้การเรียนรู้เชิงลึกที่มีประสิทธิภาพและรวดเร็ว เป็นโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Convolutional ถูกใช้เพื่อพัฒนาโมเดลที่ประกอบด้วยหลายเลเยอร์ (Layer) สำหรับจำแนกวัตถุที่กำหนดให้เป็นคลาสใดคลาสหนึ่งที่กำหนดไว้ วัตถุเหล่านี้ถูกตรวจจับโดยใช้แผนที่ (Map) คุณลักษณะที่มีความละเอียดสูงซึ่งเป็นไปได้ด้วยความก้าวหน้าล่าสุดในการเรียนรู้เชิงลึกด้วยการประมวลผลภาพแบบจำลองการตรวจจับวัตถุที่คำนวณกล่องขอบเขตเอาต์พุต (Box predict) และคลาสวัตถุจากอิมเมจอินพุต (Input) โมเดลการตรวจจับวัตถุแบบ SSD นี้ใช้ Mobile Net เป็นแกนหลักและสามารถตรวจจับวัตถุได้อย่างรวดเร็วซึ่งปรับให้เหมาะกับอุปกรณ์พกพา



รูปที่ 4 แผนผังสถาปัตยกรรม Mobile Net-SSD

(ที่มา: https://www.researchgate.net/figure/MobileNet-SSD)

2.3 เทคนิคการสร้างโปรแกรมตรวจจับวัตถุ

โมดูล Mobile Net SSD รวมกับโครงข่ายประสานส่วนลึก (Deep neural network : dnn) ในไลบรารี OpenCV เพื่อสร้างตัวตรวจจับระบุวัตถุหลายชิ้น ค้นหาตำแหน่งของวัตถุ และสร้างกรอบขอบเขต เครือข่ายที่ได้รับการฝึกอบรมล่วงหน้าซึ่งมีให้ทางออนไลน์ ดาวน์โหลดไฟล์เก็บไฟล์ไว้ในตำแหน่งที่สามารถเข้าถึงได้

2.3.1 นำเข้าไลบรารี

โปรแกรมส่วนพัฒนา PyCharm Community [15] เป็นสภาพแวดล้อมการพัฒนาแบบบูรณาการที่ใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมใน Python มีการวิเคราะห์โค้ด ดีบักเกอร์แบบกราฟิก ตัวทดสอบหน่วยแบบรวม การรวมกับระบบควบคุมเวอร์ชัน และสนับสนุนการพัฒนาเว็บด้วย Django PyCharm พัฒนาโดยบริษัท JetBrains ของสาธารณรัฐเช็ก นำเข้าไลบรารีที่สำคัญ ประกอบด้วย Djitellopy [16] PyGame [17] OpenCV [18] และ NumPy Array ดังรูปที่ 5

```
1   from djitellopy import Tello     # Tello.py SDK Dji Drone
2   import cv2                       # OpenCV
3   import pygame                    # Extension of Python
4   import time
5   import numpy as np               # Array of Matrix
```

รูปที่ 5 นำเข้าไลบารีที่จำเป็น

2.3.2 โหลดไฟล์เครือข่ายที่ผ่านการฝึกอบรม

การตรึงกราฟโมเดล (Frozen Model) ทั่วไปมักใช้ Tensorflow Model [19] ที่ผ่านการฝึกอบรมแล้วและให้บริการบนเว็บเซิร์ฟเวอร์ เป็นกระบวนการระบุและบันทึกเช่น กราฟ น้ำหนัก อคติ ตัวยึดตำแหน่ง การไล่ระดับสี ไฮเปอร์พารามิเตอร์ ตัวแปรการฝึกอบรมที่ไม่จำเป็น และสรุปข้อมูลทั้งหมดไว้ในไฟล์เดียว ไฟล์ห่อหุ้มเดี่ยวนี้ (นามสกุล .pb) เรียกว่า frozen graph def โดยพื้นฐานแล้วมันเป็นบัฟเฟอร์โปรโตคอล frozen_inference_graph.pb เป็นแบบอนุกรมซึ่งเขียนลงดิสก์ สำหรับ Mobile Net SSD กำหนดค่าน้ำหนัก (Weight) ของเครือข่ายได้รับฝึกฝนไว้ล่วงหน้าและชุดข้อมูล COCO (Common Objects in Context) บันทึกไว้ในไฟส์ ssd_mobilenet_v3_large_coco_2020_01_14.pbtxt ดังรูปที่ 6 น้ำหนักและโครงร่างได้รับการฝึกล่วงหน้า ดังนั้นจึงไม่ต้องฝึกซ้ำอีกในแบบจำลอง

```
23  configPath = 'ssd_mobilenet_v3_large_coco_2020_01_14.pbtxt'
24  weightsPath = "frozen_inference_graph.pb"
```

รูปที่ 6 ไฟล์เครือข่ายที่ผ่านการ Train เข้าถึงข้อมูลได้ที่ https://github.com/zafarRehan/object_detection_COCO

2.3.3 โหลดป้ายกำกับคลาส

โมเดลการเรียนรู้เชิงลึกชุดข้อมูลไฟล์ coco.names มีวัตถุจากบริบทในชีวิตประจำวัน จัดเตรียมการติดฉลากและการแบ่งส่วนของวัตถุในภาพ 91 หมวดหมู่วัตถุของภาพที่มีป้ายชื่อและแบ่งส่วนในไฟล์ ดังนั้นโมเดลของเราจึงสามารถตรวจจับและระบุวัตถุได้ประเภทการเรียนรู้ชื่อคลาส จำเป็นต้องดาวน์โหลดไฟล์ข้อมูล coco.names และแยกเป็นรายการสำหรับรุ่นที่จะอ้างอิงในขณะที่จัดประเภท

```
17  classNames = []
18  classFile = 'coco.names'
19  with open(classFile, 'rt') as f:
20      classNames = f.read().split('\n')
21  print(classNames)
```

รูปที่ 7 โหลดป้ายกำกับวัตถุ https://github.com/pjreddie/darknet/blob/master/data/coco.names

เนื่องจาก coco.names มี 80 หมวดหมู่ของออบเจกต์จำเป็นต้องหาวิธีดึงชื่อเหล่านี้มาใช้งานรูปที่ 7 จัดการไฟล์และสตริง อ่านไฟล์โดยใช้ f.read() ลบหรือตัดช่องว่างทางด้านขวาของคำโดยใช้ .rstrip(\n) และแยกคำโดยแบ่งบรรทัดที่มีช่องว่างโดยใช้ split(\n)

2.3.4 ตรวจหารุ่นและจัดเก็บเพื่อใช้อ้างอิง

หลังจากโหลดข้อมูลน้ำหนักและข้อมูลการกำหนดค่าแล้ว เราจะรวมข้อมูลเหล่านั้นไว้ในแบบจำลอง รูปที่ 8 จะใช้คำสั่ง .dnn_DetectionModel() เป็นโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึกที่ช่วยในการโหลดโมเดลที่ได้รับการฝึกอบรมล่วงหน้า (ในกรณีของเราคือ mobilenet-ssd) โมดูล DNN อนุญาตให้โหลดโมเดลที่ได้รับการฝึกฝนล่วงหน้าของเฟรมเวิร์ก (Frame Work)เป็นเครื่องมือที่เป็นประโยชน์สำหรับโปรแกรมเมอร์และนักพัฒนาเพื่อใช้ในการสร้างเว็บไซต์และแอพพลิเคชันอื่น ๆ การเรียนรู้เชิงลึกที่เป็นที่นิยมมากที่สุดรวมถึง Tensorflow Caffe Darknet และ PyTorch

```
26  net = cv2.dnn_DetectionModel(weightsPath, configPath)
27  net.setInputSize(320, 320)              # as model is 320x320 in configuration file
28  net.setInputScale(1.0 / 127.5)          # 255/2 = 127.5
29  net.setInputMean((127.5, 127.5, 127.5))
30  net.setInputSwapRB(True)                # so automatic conversion from BGR (OpenCV default)
```

รูปที่ 8 ตรวจหารุ่น DNN *และตั้งค่าอินพุตโมเดล*

โหลดโมเดลการฝึกฝนแล้วจะต้องตั้งค่าพารามิเตอร์สำหรับการป้อนข้อมูลที่โมเดลจะใช้ในขณะที่ดำเนินการจำแนกประเภทและระบุตัวตน พารามิเตอร์อินพุตต้องเหมือนกับ 'mobilenet' (หรือโมเดลที่ฝึกไว้ล่วงหน้าอื่นๆ) ข้อมูลนี้สามารถพบได้ในไฟล์ Configuration ที่ดาวน์โหลดมาก่อนหน้านี้ขนาดอินพุตคือ 320×320 สีของภาพใช้กับสเกล 127.5 อินพุตเริ่มต้นสำหรับ OpenCV คือ BGR และเซนเซอร์ปกติของให้ข้อมูลในรูปแบบสี RGB ดังนั้นการแปลงจาก BR เป็น RB จึงเสร็จสิ้น

2.3.5 อ่านโมเดลและตรวจหาคลาสของรูปภาพ

ข้อมูลรูปภาพที่จัดเก็บไว้ในชื่อตัวแปร frame จากกล้องโดรน Tello รูปที่ 9 หลังจากดาวน์โหลดรูปภาพและเตรียมรูปภาพล่วงหน้าแล้วจะใช้โมเดลเพื่อทำการจัดประเภท คำสั่ง model.detect มีเอาต์พุต 3 รายการคือ classIds ดัชนีคลาส (ClassIds) ระดับความเชื่อมั่น (Conf) และข้อมูลขอบเขตกล่องขอบเขต (Bbox) b ใน bbox ใช้สำหรับผูกมัดกล่องขอบอาจมีประโยชน์เป็นรูปร่างแบบโดดเดียวแต่โดยหลักแล้วจะใช้สำหรับการประมาณรูปร่างที่ซับซ้อนมากขึ้น เพื่อเพิ่มความเร็วในการดำเนินการถูกเก็บไว้ในตัวแปรที่แตกต่างกันสามตัว ดัชนีคลาสการพิมพ์เป็นคำสั่งเสริมที่ใช้เพื่อตรวจสอบว่าการจัดหมวดหมู่กำลังดำเนินการกับเครือข่ายตามที่ต้องการหรือไม่ เกณฑ์แจ้งว่าคะแนนการคาดคะเน (ความเชื่อมั่น)

```
27      frame = Tello.get_frame_read()      # Read Camera fo Tello Drone
28      classIds, confs, bbox = net.detect(frame,confThreshold=thres)
29      # print(classIds,bbox)
```

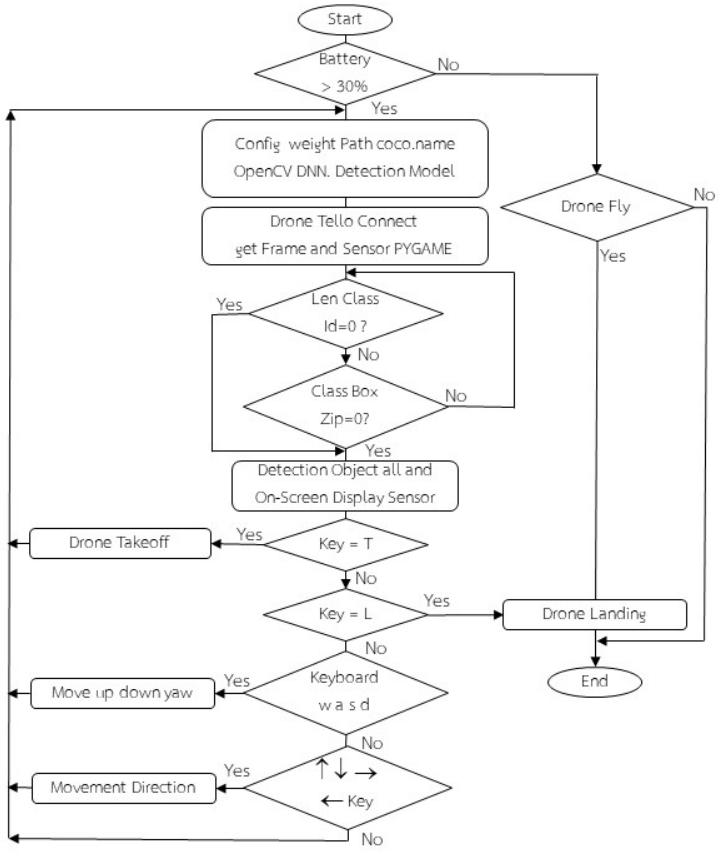
รูปที่ 9 คำสั่งอ่านค่ารูปภาพและตรวจหาคลาส

2.3.6 วาดกรอบขอบเขตและแสดงชื่อคลาสที่เกี่ยวข้อง

สร้างชุดรายการจากค่าที่นำมาโดยขบวนการ Python zip() พื้นที่ดัชนีที่คล้ายกันของคอนเทนเนอร์รวบรวมไว้หลายอันเพื่อให้เป็นอันเดียวกัน ฟังก์ชัน .flatten() วิธีการแปลงรายการหลายมิติเป็นรายการหนึ่งมิติ มันเป็นวิธีการรวมรายการย่อยทั้งหมดของรายการที่ซ้อนกันเป็นรายการเดียวรูปที่ 10 การวาดกรอบขอบเขตรอบๆ ส่วนภาพที่ตรวจพบ สำหรับสิ่งนี้เราจะใช้ข้อมูลกล่องขอบเขต (bbox) และสร้างสี่เหลี่ยมผืนผ้ารอบภาพที่ตรวจพบแบบ for loop ซึ่งสามารถมีวัตถุหลายชิ้นอยู่ในภาพเดียวกัน สิ่งนี้จะช่วยให้เราสร้างขอบเขตรอบรูปภาพที่ตรวจพบทั้งหมดใช้ฟอนต์ FONT_HERSHEY_COMPLEX และสีขาว (255,255,255) OpenCV มีการกำหนดค่า BGR (สีน้ำเงิน เขียว แดง)

```
if len(classIds) != 0:
    for classId, confidence,box in zip(classIds.flatten(),confs.flatten(),bbox):
        cv2.rectangle(frame,box,color=(255,255,255),thickness=2)
        cv2.putText(frame,classNames[classId-1].upper(),(box[0]+10,box[1]+30),
                    cv2.FONT_HERSHEY_COMPLEX,1,(255,255,255),2)
        cv2.putText(frame,str(round(confidence*100,2)),(box[0]+200,box[1]+30),
                    cv2.FONT_HERSHEY_COMPLEX,1,(255,255,255),2)
cv2.imshow("Output",frame)
cv2.waitKey(1)
```

รูปที่ 10 คำสั่งวาดกรอบขอบเขตและแสดงชื่อคลาส



รูปที่ 11 ผังงานขั้นตอนการทำงานโปรแกรมควบคุมระบบ

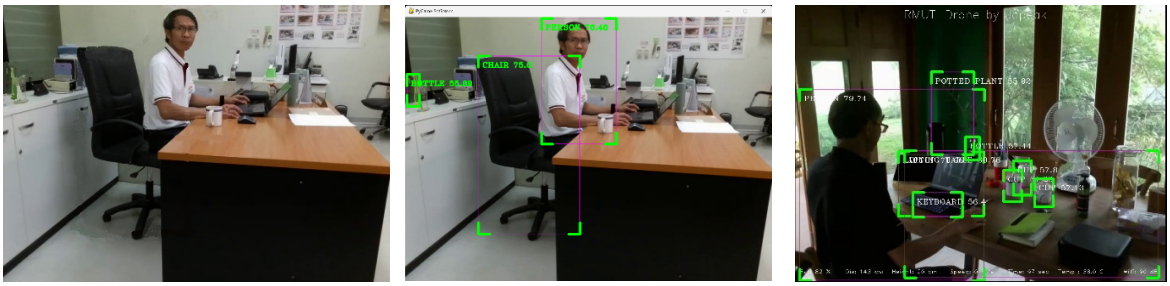
2.4 โปรแกรมควบคุมโดรนตรวจจับวัตถุด้วยคีย์บอร์ด

แผนผังโครงงานนี้แสดงไว้ในรูปที่ 11 ประกอบด้วยโปรแกรมฟังก์ชันโมดูลโครงข่ายประสานส่วนลึก Mobile Net SSD (รายละเอียดหัวข้อ 2.3) เฟรมเวอร์ Djitellopy โดรน Tello ไลบรารี OpenCV และ Pygame ใช้คีย์บอร์ดสัญญาณควบคุมการขึ้นบิน

(Takeoff) กดคีย์บอร์ด T ลงจอด L (Landing) เดินหน้า (PgUp) ถอยหลัง (PgDn) หมุนขวา (D) หมุนซ้าย (A) บินขึ้นไต่ระดับ (W) ลงระดับลง (S) เอียงไปด้านซ้าย (Home) และบินเอียงไปด้านขวา (End) ทั้งนี้ผู้ใช้งานสามารถควบคุมการบินจากคีย์บอร์ดพร้อม ๆ กันได้ อย่างเช่น กด PgUp+A บินเดินหน้าพร้อมกับหมุนซ้าย หรือ PgDn+S บินถอยหลังลดระดับลง ภาพจากกล้องและการส่งภาพเคลื่อนไหวผ่าน Wi-Fi สร้างตัวตรวจจับระบุวัตถุหลายชิ้น ค้นหาตำแหน่งของวัตถุ สร้างกรอบขอบเขต และแสดงค่าพารามิเตอร์บนจอคอมพิวเตอร์

3.ผลการดำเนินงาน

วิดีโอสตรีมมิ่งตามเวลาจริงจากโดรนสัญญาณ Wi-Fi ช่อง 192.168.10.1 พอร์ต 8890 รูปที่ 1 มายังคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊คเพื่อประมวลผลภาพการเรียนรู้ของเครื่อง คำสั่งข้อความจากโน้ตบุ๊คถูกส่งไปยังโดรนช่อง 192.168.10.2/1 พอร์ต 8899 ผลลัพธ์การทดสอบบินภายในอาคารดังรูปที่ 12



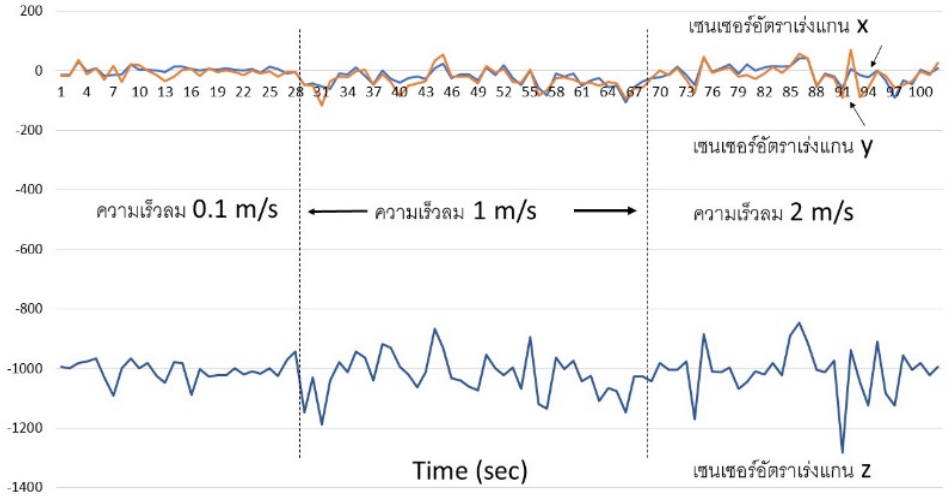
ก) ภาพต้นฉบับ ข) โมดูล Mobile Net SSD ค) ตรวจจับวัตถุหลายชนิด

รูปที่ 12 ผลการบินโดรนตรวจจับวัตถุในอาคาร

แสดงผลค่าพารามิเตอร์ขณะบินภายในอาคารรูปที่ 13 การสอบสมรรถนะบินรักษาระดับ และตำแหน่ง แรงลมจากพัดลมตั้งพื้นมีความเร็วลม 3 ระดับ เครื่องวัดความเร็วลมหน่วย m/s บันทึกผลการทดลองจากจอ On-Screen Display (OSD) แสดงค่าเซนเซอร์อัตราเร่งแกน x y และ z นำค่าไปพล็อตกราฟเทียบกับเวลาที่ใช้ในการบินผลลัพธ์สมรรถนะการรักษาตำแหน่งขณะเปลี่ยนความเร็วลมรูปที่ 14

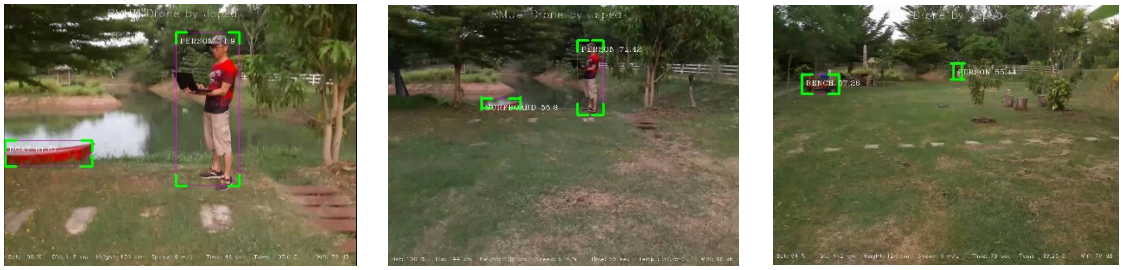
ก) แสดงผลการตรวจจับวัตถุเต็มจอภาพ ข) ส่วนขยายแสดงผลลัพธ์เซนเซอร์อัตราเร่ง

รูปที่ 13 OSD แสดงค่าเซนเซอร์แกน x y และ z



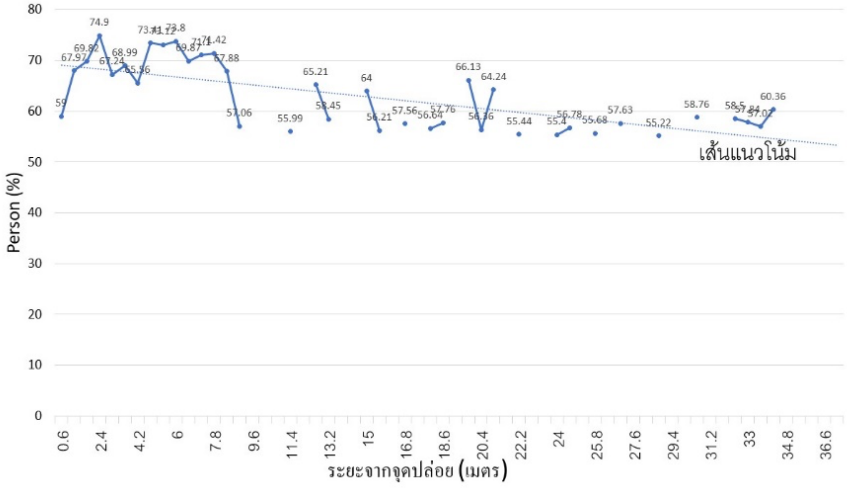
รูปที่ 14 ผลลัพธ์การบินในขณะที่ลมแรงเปลี่ยนแปลง

การทดลองบินนอกอาคารควบคุมด้วยคีย์บอร์ดครั้งนี้ไม่ได้ใช้ตัวขยายสัญญาณ Wi-Fi ตรวจจับวัตถุ บันทึกคนยืนดังรูปที่ 15 แล้วบินถ่อยหลังออกไป ความสูงคงที่ 130 เซนติเมตร มุมกล้องคงที่ได้ระยะทางสำหรับตรวจจับบุคคลไม่เกิน 30 เมตร กราฟแสดงการตรวจจับบุคคลความน่าเทียบกับระยะทางรูปที่ 16 และ 17

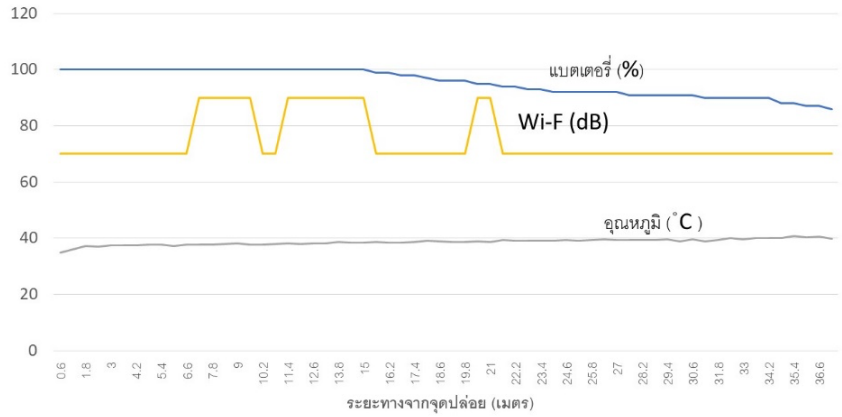


ก) จากจุดปล่อย 2 เมตร ข) ระยะ 6 เมตร ค) ระยะทาง 25 เมตร

รูปที่ 15 ผลลัพธ์การบินนอกอาคาร ระดับความสูงประมาณ 130 เซนติเมตร



รูปที่ 16 กราฟแสดงการตรวจจับบุคคลความน่าจะเป็นเทียบกับระยะทาง

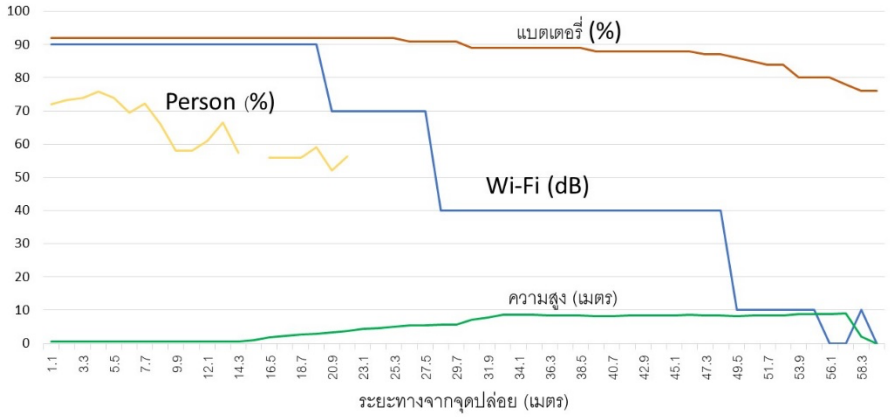


รูปที่ 17 กราฟแสดงอุณหภูมิในโดรน แบตเตอรี่ เทียบกับระยะทางไม่มีอุปกรณ์ขยายสัญญาณ

ตัวขยายสัญญาณเพื่อทดสอบระยะของสัญญาณ Wi-Fi บันทึกคนยืนดังรูปที่ 18 แล้วบินถ่อยหลังออกไป ความสูงเพิ่มขึ้นตามระยะทางสำหรับตรวจจับบุคคลไม่เกิน 60 เมตร กราฟแสดงการตรวจจับบุคคลความน่าเทียบกับระยะทางรูปที่ 19

ก) จากจุดปล่อย 2 เมตร ข) ระยะ 30 เมตร ค) ระยะทาง 60 เมตร

รูปที่ 18 ผลลัพธ์การบินนอกอาคาร ระดับความสูงเพิ่มขึ้นตามระยะทาง



รูปที่ 19 กราฟแสดงการตรวจจับบุคคลความน่าเทียบกับระยะทาง

โดรน Tello ที่ไม่มี GPS ในการรักษาตำแหน่งแต่ใช้เซนเซอร์ออปติคัล (Optical) ใต้ท้องตัวลำ แสงกระทบพื้นผิวต้องไม่สะท้อนเงาเพราะอาจทำให้การขึ้นบิน หรือลงจอดผิดพลาด การบินในขณะที่ลมแรงจะแกว่งไปแกว่งสังเกตุได้จากค่าเซนเซอร์อัตราเร่งแกน x y และ z อนึ่งก่อนขึ้นบินทุกครั้งควรสังเกตแผ่นระบายความร้อนใต้ท้องถ้าอุณหภูมิสูงระบบจะไม่ทำงาน

4. บทสรุป

การพัฒนาโปรแกรมควบคุมโดรน Tello ที่ใช้หน่วยประมวลผลกลางสมองกลฝังตัวอัลกอริทึมตรวจจับวัตถุด้วยโมดูล Mobile Net SSD ร่วมกับโครงข่ายประสานส่วนลึกค้นหาตำแหน่งและสร้างกรอบขอบเขตวัตถุ สามารถควบคุมการบินด้วยคีย์บอร์ดแบบมัลติทาส์กิงรักษาตำแหน่งได้เป็นอย่างดีทั้งนอกหรือในอาคาร พื้นที่เสี่ยภัย ค้นหาในถ้ำ หรือบริเวณที่ไม่มีสัญญาณจีพีเอส การตรวจจับวัตถุแบบเรียลไทม์บนสตรีมวิดีโอที่มีการเคลื่อนไหวอย่างรวดเร็วทำให้ภาพพร่ามัว ขนาดของวัตถุงานที่ทับซ้อนในภาพเปลี่ยนแปลงได้อย่างรวดเร็วได้ความแม่นยำที่ลดลง ในทางกลับกันความเร็วในการตรวจจับที่เร็วแบบครั้งเดียวใช้ได้ถึงแม้วัตถุมีขนาดเล็ก ผลลัพธ์ภาพพารามิเตอร์ที่จำเป็นต่อมุมมองนักบิน แบตเตอรี่ ความเร็ว ความสูง ระยะทางจากจุดปล่อย เวลาที่ใช้ สัญญาณการสื่อสาร อุณหภูมิขอบเขตภาพการตรวจจับวัตถุได้หลายชิ้นพร้อมระบุชื่อข้อมูลนี้มีวัตถุจากบริบทในชีวิตประจำวันจำนวน 91 หมวดหมู่ความน่าจะเป็นได้ในระยะ 20-25 เมตร ความเร็วสูงสุด 2 เมตรต่อวินาที สัญญาณสื่อสารไร้สายไม่ควรเกิน 60 เมตร นอกจากนี้มอเตอร์ที่ใช้เป็นแบบแปรงถ่านซึ่งมีราคาถูกกว่ามอเตอร์แบบไร้แปรงถ่านแต่ก็มีประสิทธิภาพน้อยกว่า เป็นที่ทราบกันดีว่าบางครั้งอาจไหม้ได้เนื่องจากคุณภาพต่ำหรือการใช้งานที่ไม่ดียังไวต่อแรงกระแทกที่รุนแรงอีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเทพรัตน์ เจียมธนานุรักษ์ นักบินทดสอบ โรงเรียนอัสสัมชัญนครราชสีมา สมาคมกีฬาเครื่องบินจำลองและวิทยุบังคับ สโมสรกีฬาทางอากาศและการบินจังหวัดนครราชสีมา ชมรมศิษย์เก่าเทคโนไฟฟ้า

เอกสารอ้างอิง

[1] Peter Burt (2021) “Human Security and Emerging Military Technology”, Published Drone War UK Oxford www.chriswoodwarddesign.co.uk.

[2] OpenCV (2023) “Open-Source Computer Vision” เข้าถึงข้อมูลได้ที่ https://docs.opencv.org/4.x/d6/d00/tutorial_py_root.html

[3] Jirat Boonphun (2021) “Object Detection สำหรับรูปภาพเบื้องต้น” เข้าถึงข้อมูลได้ที่ https://jirat-boonphun.medium.com/object-detection

[4] Anuparp Boonsongsrikul and Jirapon Eamsaard (2023) “Real- Time Human Motion Tracking by Tello EDU Drone”https://doi.org/10.3390/s23020897

[5] Murtaza’s Workshop,(2020) ,“Drone Face Tracking using OpenCV Python Tello” , https://www.computervision.zone/courses/drone-programming-course/

[6] Li Cuimei, Qi Zhiliang, Jia Nan, Wu Jianhua, “Human face detection algorithm via Haar cascade classifier combined with three additional classifiers”, IEEE 13th International Conference on Electronic Measurement & Instruments. 2017.

[7] Felzenszwalb P. F., Girshick R. B., McAllester D., & Ramanan D. “Object detection with discriminatively trained part-based models”, IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, 32(9), pp. 1627-1645, 2010.

[8] Goodfellow I., Bengio Y., Courville A., & Bengio Y. “Deep learning”, vol.1, Cambridge: MIT press, 2016.

[9] Girshick R. (2015) “Fast r-cnn” In Proceedings of the IEEE international conference on computer vision, pp. 1440-1448, 2015.

[10] Ren S., He K., Girshick R. & Sun J. “Faster r-cnn: Towards real-time object detection with region proposal networks” In Advances in neural information processing systems, pp. 91-99, 2015.

[11] Redmon J., Divvala S., Girshick R., & Farhadi A. “You only look once: Unified, real-time object detection” In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition, pp. 779-788, 2016.

[12] Anurag Singh Choudhary (2023) , “Object Detection Using YOLO And Mobilenet SSD” https://www.analyticsvidhya.com/blog/2022/09

[13] RYZE (2023) https://www.ryzerobotics.com/tello-edu

[14] Yash Patel (2021) ,“Object Detection Using MobileNet SSD” https://18it107.medium.com/object-detection-using-mobilenet-ssd-8ddf64d5de9a

[15] Damià Fuentes Escoté (2021) “Library for interacting with DJI Ryze Tello drones” เข้าถึงข้อมูลได้ที่ https://github.com/damiafuentes/DJITelloPy

[16] C0derGeorge , (2021) https://github.com/damiafuentes/DJITelloPy/examples/manual-control-pygame.py

[17] JetBrains s.r.o (2023) “PyCharm Community” https://www.jetbrains.com/pycharm/download/

[18] Ankit Sachan (2023) “Freeze Tensorflow models and serve on web” https://cv-tricks.com/freeze-tensorflow-models/

P 12

การศึกษาเชิงทดลองการนำความร้อนตามแนวยาวในทองเหลืองและสแตนเลสโดยใช้ชุดเครื่องมือ TH 310 HEAT CONDUCTION

ชามีม สุภาวนิต[1] และมารีนา มะหนิ[2]*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะการนำความร้อนตามแนวยาวของทองเหลืองและสแตนเลส โดยใช้ชุดทดลอง TH 310 HEAT CONDUCTION ทำการวัดค่าอุณหภูมิ ณ ตำแหน่ง 3 ระยะตามแนวยาวของตัวอย่างวัสดุ ได้แก่ 10, 20 และ 30 มิลลิเมตรจากแหล่งให้ความร้อน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าค่าอุณหภูมิมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อระยะห่างจากแหล่งให้ความร้อนเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับหลักการของกฎการนำความร้อนของฟูเรียร์ (Fourier's Law) ที่อธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการถ่ายเทความร้อน พื้นที่หน้าตัด ความแตกต่างของอุณหภูมิ และระยะทางการนำความร้อน ผลลัพธ์จากการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปใช้เพื่อทำความเข้าใจและอธิบายสมบัติการนำความร้อนของวัสดุทั้งสองชนิดภายใต้สภาวะการทดลองที่กำหนด

คำสำคัญ: ทองเหลือง สแตนเลส การนำความร้อนตามแนวยาว การวัดอุณหภูมิ กฎการนำความร้อนของฟูเรียร์

[1]นิสิตปริญญาตรี, คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ จังหวัดสงขลา 90000

[2]ผู้ช่วยศาสตราจารย์, คณะวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยทักษิณ จังหวัดสงขลา 90000

[1] Undergraduate Student, Faculty of Education, Thaksin University, Songkhla 90000

[2] Assistant Professor, Faculty of Science and Digital Innovation, Thaksin University, Songkhla 90000

* Corresponding Author: E-mail: sumsiyha@gmail.com., Tel: 0862987700

Experimental Study of Longitudinal Heat Conduction in Brass and Stainless Steel Using the TH 310 HEAT CONDUCTION Apparatus

Chamim Supavinit[1] and Marina Mani[2*]

Abstract

This study aims to investigate the characteristics of longitudinal heat conduction in brass and stainless steel using the TH 310 Heat Conduction experimental apparatus. Temperature measurements were conducted at three positions along the length of each material sample, specifically at distances of 10, 20, and 30 millimeters from the heat source. The experimental results indicate a consistent decrease in temperature with increasing distance from the heat source. This trend is consistent with Fourier's Law of Heat Conduction, which describes the relationship between the rate of heat transfer, cross-sectional area, temperature gradient, and the distance over which conduction occurs. The findings from this study contribute to a deeper understanding and explanation of the thermal conductivity properties of both materials under defined experimental conditions.

Keywords: brass, stainless steel, longitudinal heat conduction, temperature measurement, Fourier's Law of Heat Conduction

บทนำ

การนำความร้อนเป็นปรากฏการณ์การถ่ายเทพลังงานความร้อนผ่านวัสดุอันเนื่องมาจากการสั่นของอะตอมหรือการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระ ซึ่งเป็นกลไกสำคัญในการถ่ายโอนความร้อนในสถานะของแข็ง [5] ความเข้าใจในกระบวนการนำความร้อนและสมบัติการนำความร้อนของวัสดุต่าง ๆ จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการออกแบบและพัฒนาเทคโนโลยีและระบบทางวิศวกรรมศาสตร์หลากหลายแขนง ไม่ว่าจะเป็นระบบทำความเย็นและปรับอากาศ [6] การออกแบบเครื่องยนต์สันดาปภายใน หรือแม้กระทั่งการพัฒนาวัสดุสำหรับอุปกรณ์ผลิตพลังงานที่มีประสิทธิภาพสูงและการจัดการพลังงานเพื่อความยั่งยืน การควบคุมและจัดการการนำความร้อนอย่างเหมาะสมสามารถนำไปสู่การประหยัดพลังงาน ลดการสูญเสีย และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีนัยสำคัญ

ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้อธิบายปรากฏการณ์การนำความร้อนในวัสดุ คือ กฎการนำความร้อนของฟูเรียร์ (Fourier's Law of Heat Conduction) ซึ่งระบุว่าอัตราการถ่ายโอนความร้อนผ่านวัสดุเป็นสัดส่วนโดยตรงกับพื้นที่หน้าตัดที่ตั้งฉากกับการไหลของความร้อน และสัดส่วนโดยผกผันกับความหนาของวัสดุ และเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างสองด้านของวัสดุ [7] สำหรับการนำความร้อนแบบหนึ่งมิติในสภาวะคงตัว กฎของฟูเรียร์สามารถเขียนในรูปสมการได้ดังนี้ [7]

$$\dot{Q} = -KA\frac{dT}{dx}$$

โดยที่ $\dot{Q}$ คือ อัตราการถ่ายโอนความร้อน (W), K คือ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุ (W/m·K), A คือ พื้นที่หน้าตัดที่ตั้งฉากกับการไหลของความร้อน (m^2) และ $\frac{dT}{dx}$ คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตามระยะทาง (K/m) ส่วนเครื่องหมายลบแสดงให้เห็นว่าความร้อนจะไหลจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า

การศึกษาการนำความร้อนแบบเชิงเส้น (one-dimensional heat conduction) เป็นพื้นฐานสำคัญในการทำความเข้าใจพฤติกรรมการถ่ายโอนความร้อนในวัสดุที่มีรูปทรงเรียบง่าย เช่น แท่งหรือแผ่น โดยภายใต้สภาวะที่เหมาะสม การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจะเกิดขึ้นในทิศทางเดียวตามแนวความยาวของวัสดุ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและระยะทางภายในวัสดุที่มีลักษณะการนำความร้อนแบบเชิงเส้น โดยจะทำการศึกษาเปรียบเทียบสมบัติการนำความร้อนของวัสดุสองชนิดที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนแตกต่างกัน ได้แก่ ทองเหลืองและสแตนเลส โดยจะทำการวัดอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ตามแนวยาวของชิ้นงานทดสอบภายใต้สภาวะการนำความร้อนแบบคงตัว นอกจากนี้การศึกษานี้ยังมุ่งเน้นที่จะศึกษาลักษณะการไหลของความร้อนและยืนยันความสอดคล้องกับสมการการนำความร้อนของฟูเรียร์ โดยใช้ชุดเครื่องมือ TH 310 HEAT CONDUCTION ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบมาสำหรับการศึกษาปรากฏการณ์การนำความร้อนในวัสดุต่าง ๆ โดยเฉพาะ ผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้จะช่วยเสริมสร้างความเข้าใจในกลไกการนำความร้อนในวัสดุ และเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการประยุกต์ใช้ในงานวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายโอนความร้อนต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ในการศึกษาการนำความร้อนเชิงเส้นผ่านวัสดุที่มีความแตกต่างด้านคุณสมบัติทางกายภาพ ได้เลือกใช้วัสดุตัวอย่างสองชนิด ได้แก่ ทองเหลือง (Brass) และสแตนเลส (Stainless Steel) โดยวัสดุทั้งสองมีลักษณะเป็นแท่งทรงกระบอกตัน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร เพื่อให้มีพื้นที่หน้าตัดสำหรับการถ่ายเทความร้อนเท่ากันในแต่ละการทดลอง โดยที่ชุดทดลอง TH 310 Heat Conduction ถูกนำมาใช้เป็นอุปกรณ์หลักในการศึกษา โดยส่วนประกอบที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ชุดทดลองการนำความร้อนเชิงเส้น (Linear heat conduction unit) ซึ่งได้รับการติดตั้งแท่งวัสดุตัวอย่าง (ทองเหลือง หรือ สแตนเลส) ให้สัมผัสกับแหล่งให้ความร้อน (Heat Source) ที่ปลายด้านหนึ่ง และมีการติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (Thermometer Sensor) จำนวนหลายจุดตามแนวแกนยาวของแท่งวัสดุ เพื่อตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามระยะทาง การเชื่อมต่อระหว่างแหล่งให้ความร้อน เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ และชุดควบคุมการถ่ายเทความร้อน (Heat transfer service unit) จะดำเนินการตามคู่มือการใช้งานของชุดทดลอง TH 310 Heat Conduction เพื่อทำให้ค่าของการส่งผ่านพลังงานความร้อนและการอ่านค่าอุณหภูมิที่ถูกต้องแม่นยำ ชุดอุปกรณ์แสดงดังภาพที่ 1

สำหรับการทดลองในแต่ละครั้ง จะมีการควบคุมกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับแหล่งให้ความร้อน และรอจนกระทั่งระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวทางความร้อน (Steady State) ซึ่งพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงของค่าอุณหภูมิที่วัดได้จากเซนเซอร์แต่ละจุดที่มีค่าคงที่หรือเปลี่ยนแปลงน้อยมากในช่วงเวลาที่กำหนด จากนั้นจะทำการบันทึกค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ และค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่าย เพื่อนำไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างการถ่ายเทความร้อนและคุณสมบัติของวัสดุต่อไป

ภาพที่ 1 ชุดทดลอง TH 310 Heat Conduction

2. เพื่อการวัดและบันทึกข้อมูลอุณหภูมิอย่างมีประสิทธิภาพ จึงมีการติดตั้งและกำหนดค่าโปรแกรมเฉพาะสำหรับชุดทดลอง TH 310 Heat Conduction โปรแกรมนี้ได้รับการออกแบบให้สามารถสื่อสารกับระบบควบคุมและเซนเซอร์วัดอุณหภูมิของชุดทดลองได้โดยตรง ทำให้สามารถแสดงค่าอุณหภูมิแบบดิจิทัล ณ ตำแหน่งต่างๆ บนแท่งวัสดุตัวอย่างแบบ Real-time นอกจากนี้ โปรแกรมยังมีความสามารถในการเชื่อมต่อกับระบบคอมพิวเตอร์ เพื่อบันทึกข้อมูลอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาได้อย่างต่อเนื่อง การทำงานของโปรแกรมและสถานะการเชื่อมต่อกับเครื่องมือจะได้รับการตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้มั่นใจในความถูกต้องของข้อมูลที่ได้

3. ในการทดลองนี้วัสดุตัวอย่างแต่ละชนิด (ทองเหลืองและสแตนเลส) จะได้รับการทดสอบภายใต้สภาวะการให้ความร้อน 3 ระดับที่แตกต่างกัน ได้แก่ 8.4 วัตต์, 14.7 วัตต์ และ 21.2 วัตต์ สำหรับแต่ละระดับความร้อนจะทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือและสามารถนำไปวิเคราะห์ทางสถิติได้

การวัดอุณหภูมิบนแท่งวัสดุตัวอย่างจะดำเนินการโดยใช้เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (Thermocouples) จำนวน 8 ตำแหน่ง ซึ่งถูกติดตั้งใน 3 ส่วนตามแนวแกนยาวของแท่งวัสดุ ดังนี้:

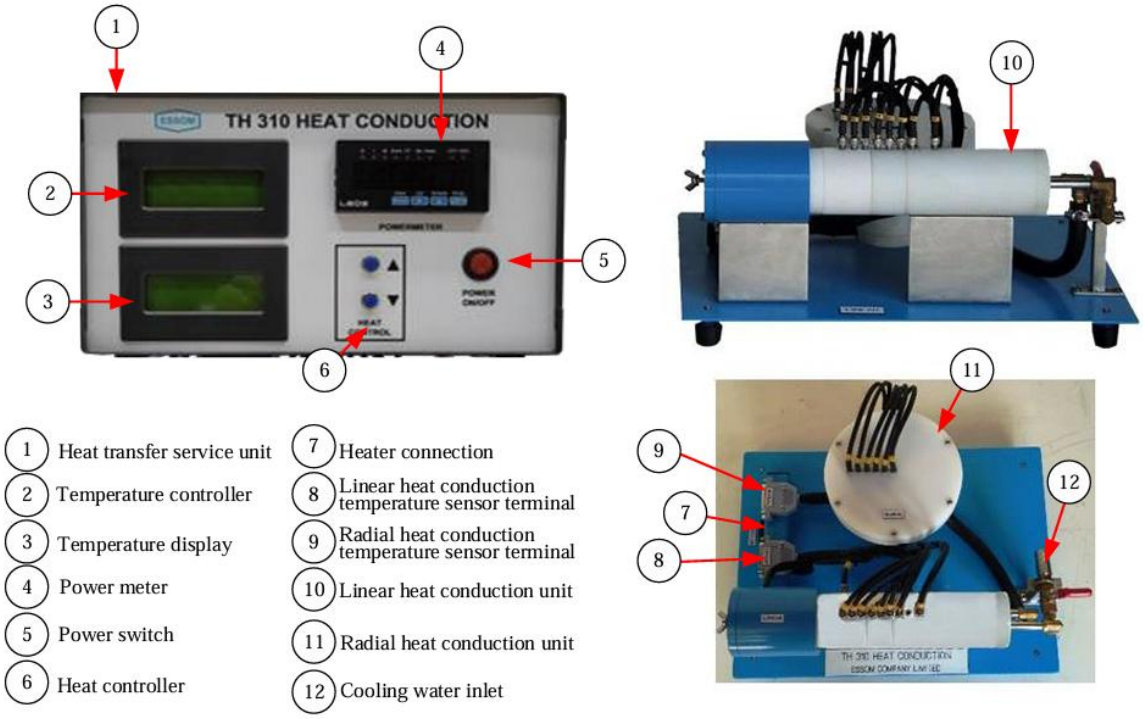
ส่วนที่ 1 (ใกล้แหล่งความร้อน): ติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ 3 ตัว โดยมีระยะห่างระหว่างเซนเซอร์แต่ละตัวเท่ากับ 10 มิลลิเมตร

ส่วนที่ 2 (ส่วนกลาง): ติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ 3 ตัว โดยมีระยะห่างระหว่างเซนเซอร์แต่ละตัวเท่ากับ 10 มิลลิเมตร ถัดจากเซนเซอร์ตัวสุดท้ายของส่วนที่ 1

ส่วนที่ 3 (ใกล้ส่วนระบายความร้อน): ติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ 2 ตัว โดยมีระยะห่างระหว่างเซนเซอร์ทั้งสองเท่ากับ 20 มิลลิเมตร และส่วนนี้มีการติดตั้งระบบระบายความร้อนด้วยน้ำหล่อเย็นเพื่อควบคุมอุณหภูมิที่ปลายอีกด้านของแท่งวัสดุ

ข้อมูลอุณหภูมิจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิทั้ง 8 ตำแหน่งจะถูกบันทึกทุกๆ 1 นาที เป็นระยะเวลา 60 นาที สำหรับการทดลองในแต่ละสภาวะ (ชนิดวัสดุและระดับความร้อน) รายละเอียดการจัดวางเซนเซอร์วัดอุณหภูมิบนชุดทดลอง TH 310 Heat Conduction แสดงดังภาพที่ 2

การดำเนินการทดลองตามขั้นตอนที่กล่าวมานี้ จะช่วยให้ได้ข้อมูลอุณหภูมิที่ละเอียดและครอบคลุมตามแนวแกนของวัสดุภายใต้สภาวะการให้ความร้อนที่แตกต่างกัน ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการวิเคราะห์พฤติกรรมการนำความร้อนของวัสดุแต่ละชนิด

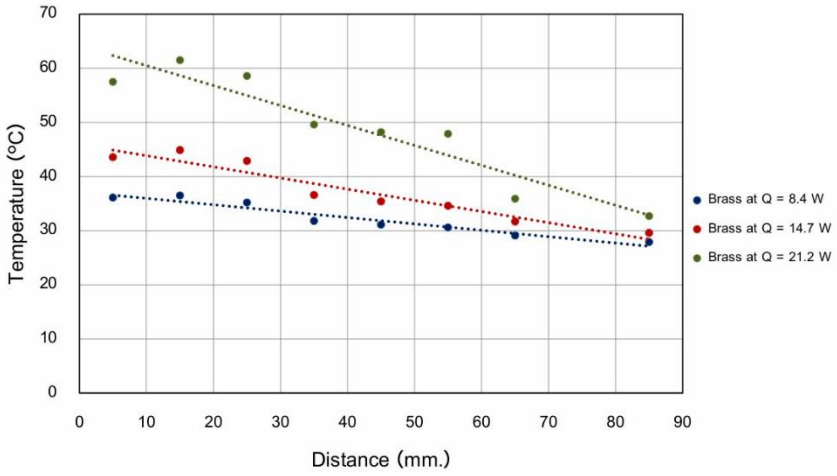


ภาพที่ 2 แสดงรายละเอียดของชุดทดลอง TH 310 Heat Conduction

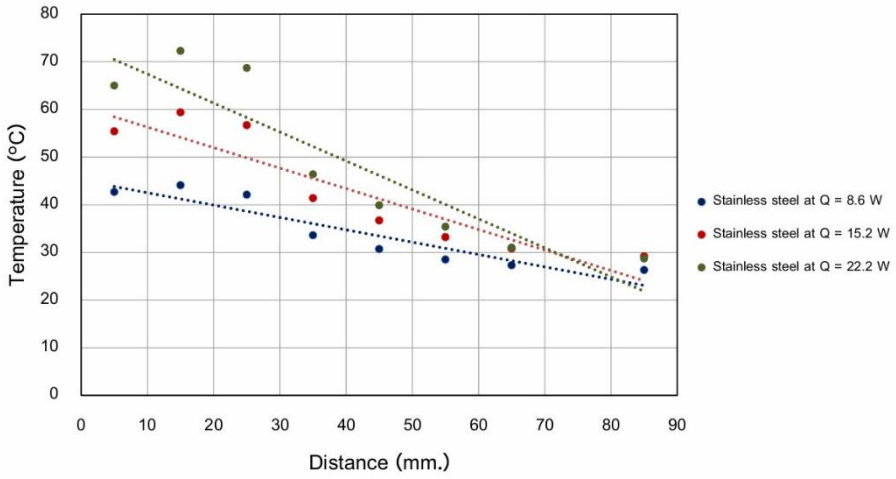
4. ภายใต้สภาวะการให้ความร้อนตามที่ระบุไว้ในข้อ 3 (8.4 วัตต์, 14.7 วัตต์ และ 21.2 วัตต์) วัสดุตัวอย่างแต่ละชนิด (ทองเหลืองและสแตนเลส) จะได้รับการให้ความร้อนเป็นระยะเวลาประมาณ 60 นาที เพื่อให้กระบวนการถ่ายเทความร้อนสามารถเกิดขึ้นและดำเนินไปจนกระทั่งเข้าใกล้สภาวะคงตัว (Steady State) ในระหว่างช่วงเวลาการให้ความร้อนนี้ระบบคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อกับชุดทดลอง TH 310 Heat Conduction จะทำการบันทึกข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิทั้ง 8 ตำแหน่งอย่างต่อเนื่องตามช่วงเวลาที่กำหนด (ทุก 1 นาที) ข้อมูลอุณหภูมิที่ได้จะถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์และคำนวณค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity) ของวัสดุแต่ละชนิด โดยอาศัยกฎการนำความร้อนของฟูเรียร์ (Fourier's Law of Heat Conduction) ตามสมการที่ (1)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาพฤติกรรมการนำความร้อนในแท่งทองเหลืองและแท่งสแตนเลสทรงกระบอกตัน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร โดยใช้ชุดทดลอง TH 310 HEAT CONDUCTION ภายใต้การจ่ายพลังงานความร้อน ($\dot{Q}$) ในระดับที่แตกต่างกัน (8.4 วัตต์, 14.7 วัตต์ และ 21.2 วัตต์) และภายใต้สภาวะแวดล้อมที่ไม่มีการระบายอากาศเพิ่มเติม (absence of forced convection) ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตามแนวแกนยาวของแท่งทองเหลืองและแท่งสแตนเลสอย่างชัดเจน (ดังแสดงในภาพที่ 3 และ 4)



ภาพที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับระยะห่างจากแหล่งให้ความร้อนตามแนวยาวเชิงเส้นของแท่งทองเหลือง



ภาพที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับระยะห่างจากแหล่งให้ความร้อนตามแนวยาวเชิงเส้นของแท่งสแตนเลส

จากภาพที่ 4 และ5 เมื่อพิจารณาจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับตำแหน่งบนแท่งทองเหลืองและแท่งสแตนเลส พบว่า ณ ระดับการจ่ายพลังงานความร้อนแต่ละค่านั้นอุณหภูมิมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องตามระยะทางที่เพิ่มขึ้นจากแหล่งความร้อน (บริเวณส่วนที่ 1) ไปยังส่วนปลายของแท่งวัสดุ (บริเวณส่วนที่ 3) ซึ่งเป็นไปตามหลักการพื้นฐานของการนำความร้อนที่พลังงานความร้อนจะถ่ายเทจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ลักษณะของการลดลงของอุณหภูมิตามระยะทางยังคงมีรูปแบบที่คล้ายคลึงกัน โดยมีความชันของกราฟอุณหภูมิเทียบกับตำแหน่งที่เพิ่มขึ้นตามระดับพลังงานความร้อนที่สูงขึ้น ซึ่งบ่งชี้ถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตามระยะทาง (temperature gradient) ที่มากขึ้น

พิจารณาภาพที่ 4 พบว่าเมื่อระดับพลังงานความร้อนที่จ่ายเพิ่มขึ้น (8.4 วัตต์, 14.7 วัตต์ และ 21.2 วัตต์) อุณหภูมิที่วัดได้ ณ ตำแหน่งต่างๆ บนแท่งทองเหลืองมีค่าสูงขึ้นอย่างชัดเจนในทุกระดับพลังงานความร้อน และอุณหภูมิมีแนวโน้มลดลงอย่างสม่ำเสมอตลอดความยาวของแท่ง โดยลักษณะการลดลงของอุณหภูมิเป็นไปในเชิงเส้นค่อนข้างชัดเจน ซึ่งบ่งชี้ถึงการถ่ายเทความร้อนแบบนำความร้อนเป็นกลไกหลัก [1]

พิจารณาภาพที่ 5 ซึ่งเป็นของสแตนเลสโดยที่ระดับพลังงานความร้อนที่จ่ายใกล้เคียงกันกับที่ให้กับแท่งทองเหลือง (8.6 วัตต์, 15.2 วัตต์ และ 22.2 วัตต์) จะพบแนวโน้มเช่นเดียวกับแท่งทองเหลือง คือ เมื่อระดับพลังงานความร้อนเพิ่มขึ้น อุณหภูมิที่วัดได้มีค่าสูงขึ้น และอุณหภูมิจะลดลงตามระยะทางที่เพิ่มขึ้นจากแหล่งความร้อน อย่างไรก็ตาม สังเกตได้ว่าอัตราการลดลงของอุณหภูมิตามระยะทางในแท่งสแตนเลสมีความชันมากกว่าเมื่อเทียบกับทองเหลืองภายใต้ระดับพลังงานความร้อนที่ใกล้เคียงกัน [3]

ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับหลักการพื้นฐานของการนำความร้อน ที่พลังงานความร้อนจะถ่ายเทจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า การที่อุณหภูมิลดลงตามระยะทางที่เพิ่มขึ้นจากแหล่งความร้อนเป็นผลมาจากการสูญเสียความร้อนระหว่างการถ่ายเทผ่านเนื้อวัสดุและการถ่ายเทความร้อนสู่สิ่งแวดล้อมผ่านพื้นผิว [2]

ความแตกต่างที่สำคัญระหว่างพฤติกรรมการนำความร้อนของทองเหลืองและสแตนเลสที่สังเกตได้จากกราฟ คือ อัตราการลดลงของอุณหภูมิตามระยะทาง (temperature gradient) ทองเหลืองแสดงให้เห็นถึงการลดลงของอุณหภูมิที่ค่อนข้างชันน้อยกว่าสแตนเลส ภายใต้ระดับพลังงานความร้อนที่ใกล้เคียงกัน หมายความว่า ทองเหลืองสามารถนำความร้อนได้ดีกว่าสแตนเลส [7]

เหตุผลเชิงกายภาพสำหรับความแตกต่างนี้มาจากการที่ทองเหลืองมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Thermal Conductivity, k) ที่สูงกว่าสแตนเลส โดยทั่วไปทองเหลืองเป็นโลหะผสมที่มีส่วนประกอบหลัก คือ ทองแดง ซึ่งเป็นวัสดุที่มีค่าการนำความร้อนสูง ในขณะที่สแตนเลสเป็นโลหะผสมที่มีเหล็กเป็นส่วนประกอบหลัก และมีธาตุอื่นๆ เช่น โครเมียมและนิกเกิล ซึ่งทำให้โครงสร้างผลึกมีความซับซ้อนกว่าและมีแนวโน้มที่จะต้านทานการไหลของความร้อนมากกว่า [4]

ด้วยค่าการนำความร้อนที่สูงกว่าทองเหลืองจึงสามารถถ่ายเทพลังงานความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้การลดลงของอุณหภูมิตามแนวแกนเป็นไปอย่างค่อยเป็นค่อยไป ในทางตรงกันข้ามสแตนเลสที่มีค่าการนำความร้อนต่ำกว่าจะมีความต้านทานต่อการไหลของความร้อนสูงกว่าทำให้เกิดการสะสมความร้อนในบริเวณใกล้แหล่งกำเนิดความร้อนมากกว่า และมีการลดลงของอุณหภูมิอย่างรวดเร็วตามระยะทาง [5]

ผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าวัสดุที่มีค่าการนำความร้อนสูง เช่น ทองเหลือง เหมาะสำหรับการใช้งานที่ต้องการการกระจายความร้อนอย่างรวดเร็วและสม่ำเสมอ ในขณะที่วัสดุที่มีค่าการนำความร้อนต่ำ เช่น สแตนเลส อาจถูกนำไปใช้ในงานที่ต้องการการกักเก็บความร้อนหรือเป็นฉนวนความร้อน

อย่างไรก็ตามควรพิจารณาถึงปัจจัยอื่นๆ ที่อาจมีผลต่อการทดลอง เช่น ความแม่นยำของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ การสูญเสียความร้อนสู่สิ่งแวดล้อมที่ไม่สามารถควบคุมได้ทั้งหมด และความสม่ำเสมอของการสัมผัสระหว่างแหล่งความร้อนกับแท่งวัสดุซึ่งอาจส่งผลต่อความแม่นยำของผลการทดลองในระดับหนึ่ง

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาการนำความร้อนเชิงเส้นผ่านแท่งทองเหลืองและแท่งสแตนเลส พบว่าเมื่อระดับพลังงานความร้อนที่จ่ายเพิ่มขึ้น อุณหภูมิบนแท่งวัสดุทั้งสองชนิดจะสูงขึ้น และอุณหภูมิจะลดลงตามระยะทางที่เพิ่มขึ้นจากแหล่งความร้อน อย่างไรก็ตาม พบความแตกต่างที่สำคัญ คือ ทองเหลืองแสดงอัตราการลดลงของอุณหภูมิตามระยะทางที่น้อยกว่าสแตนเลสอย่างชัดเจน ภายใต้ระดับพลังงานความร้อนที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งบ่งชี้ว่าทองเหลืองมีประสิทธิภาพในการนำความร้อนได้ดีกว่าสแตนเลส

อ้างอิง

[1] Varagorn, P., Thiansiri, L., Weerapol, W., Sompoom, M., Supavadee, L., & Samart, M. (2021). Analysis of heat transfer behavior through building walls with different surface materials using row method. *Air Force Science and Technology Journal, 17(1)*, 1–10.

[2] Chootichai, H., Songkran, W., & Paisan, N. (2019). Study on flow and heat transfer behavior in a heat sink for thermoelectric cooling module using computational fluid dynamics. *Engineering Journal of Srinakharinwirot University, 14(2)*, 48–60.

[3] Tanachon, C., Phanurut, R., & Kitti, N. (2024). Characteristics of heat transfer and refrigerant R134a flow during boiling in a heat exchanger with copper foam inserts. *Journal of Industrial Technology, 20(3)*, 31–45.

[4] Wang, H. (2023).Research of the problems of heat conduction in fluids. *Journal of Physics: Conference Series, 2634(1)*, 1–8.

[5] Çengel, Y. A. (2003). *Heat transfer: A practical approach* (2nd ed.). McGraw-Hill.

[6] Lienhard, J. H. IV, & Lienhard, J. H. V. (2024). *A heat transfer textbook* (6th ed.). Phlogiston Press.

[7] Incropera, F. P., DeWitt, D. P., Bergman, T. L., & Lavine, A. S. (2007). *Fundamentals of heat and mass transfer* (6th ed.). Wiley.

P 13

การศึกษาเชิงทดลองการนำความร้อนในแนวรัศมีของแท่งทองเหลืองทรงกระบอกตัน โดยใช้ชุดเครื่องมือ TH 310 HEAT CONDUCTION

ธนายุต มะลิสุวรรณ[1] และมารีนา มะหนิ[2]*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะการนำความร้อนในแนวรัศมีของวัสดุทองเหลือง โดยใช้ชุดทดลอง TH310 HEAT CONDUCTION ทำการวัดค่าอุณหภูมิ ณ ตำแหน่ง 6 ระยะตามแนวรัศมีจากแหล่งให้ความร้อน ได้แก่ 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 มิลลิเมตร ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องตามระยะทางที่เพิ่มขึ้นจากแหล่งความร้อน ซึ่งเป็นไปตามหลักการของกฎการนำความร้อนของฟูเรียร์ (Fourier's Law) ที่ระบุว่าอัตราการถ่ายเทความร้อนมีความสัมพันธ์โดยตรงกับพื้นที่หน้าตัดและความแตกต่างของอุณหภูมิ และมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับระยะทางการนำความร้อน ผลจากการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปใช้อธิบายสมบัติการนำความร้อนของวัสดุทองเหลืองภายใต้สภาวะการทดลองที่กำหนดได้

คำสำคัญ: การนำความร้อนแนวรัศมี ทองเหลือง กฎการนำความร้อนของฟูเรียร์ การกระจายอุณหภูมิ

[1] นิสิตปริญญาตรี, คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ จังหวัดสงขลา 90000

[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์, คณะวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยทักษิณ จังหวัดสงขลา 90000

[1] Undergraduate Student, Faculty of Education, Thaksin University, Songkhla 90000

[2] Assistant Professor, Faculty of Science and Digital Innovation, Thaksin University, Songkhla 90000

* Corresponding Author: E-mail: sumsiyha@gmail.com., Tel: 0862987700

An Experimental Study of Radial Heat Conduction in a Solid Brass Cylinder Using the TH 310 HEAT CONDUCTION Apparatus

Thanayut malisuwan[1] and Marina Mani[2*]

Abstract

his research aims to investigate the characteristics of radial heat conduction in brass material using the TH310 HEAT CONDUCTION experimental apparatus. Temperature measurements were taken at six radial distances from the heat source: 0, 10, 20, 30, 40, and 50 millimeters. The experimental results show a continuous decrease in temperature as the distance from the heat source increases. This behavior aligns with Fourier's Law of Heat Conduction, which states that the rate of heat transfer is directly proportional to the cross-sectional area and the temperature gradient, and inversely proportional to the distance over which heat is conducted. The findings from this study provide a basis for understanding the heat conduction properties of brass under the specified experimental conditions.

Keywords: radial heat conduction, brass, Fourier's Law of Heat Conduction, temperature distribution

บทนำ

การนำความร้อนเป็นปรากฏการณ์การถ่ายเทพลังงานความร้อนผ่านวัสดุอันเนื่องมาจากการสั่นของอะตอมหรือการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระ ซึ่งเป็นกลไกสำคัญในการถ่ายโอนความร้อนในสถานะของแข็ง [5] กระบวนการนำความร้อนและสมบัติการนำความร้อนของวัสดุต่าง ๆ จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการออกแบบและพัฒนาเทคโนโลยีและระบบทางวิศวกรรมศาสตร์หลากหลายแขนง ไม่ว่าจะเป็นระบบทำความเย็นและปรับอากาศ [6] การออกแบบเครื่องยนต์สันดาปภายใน หรือแม้กระทั่งการพัฒนาวัสดุสำหรับอุปกรณ์ผลิตพลังงานที่มีประสิทธิภาพสูงและการจัดการพลังงานเพื่อความยั่งยืน การศึกษาการนำความร้อนอย่างเหมาะสมสามารถนำไปสู่การประหยัดพลังงาน และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้อธิบายปรากฏการณ์การนำความร้อนในวัสดุ คือ กฎการนำความร้อนของฟูเรียร์ (Fourier's Law of Heat Conduction) ซึ่งระบุว่าอัตราการถ่ายโอนความร้อนผ่านวัสดุเป็นสัดส่วนโดยตรงกับพื้นที่หน้าตัดที่ตั้งฉากกับการไหลของความร้อน และสัดส่วนโดยผกผันกับความหนาของวัสดุ และเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างสองด้านของวัสดุ สำหรับการนำความร้อนแบบหนึ่งมิติในสภาวะคงตัว กฎของฟูเรียร์สามารถเขียนในรูปสมการได้ดังนี้ [7]

$$\dot{Q} = -kA\frac{dT}{dx}$$

โดยที่ $\dot{Q}$ คือ อัตราการถ่ายโอนความร้อน (W), k คือ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุ (W/m·K), A คือ พื้นที่หน้าตัดที่ตั้งฉากกับการไหลของความร้อน (m^2) และ $\frac{dT}{dx}$ คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตามระยะทาง (K/m) ส่วนเครื่องหมายลบแสดงให้เห็นว่าความร้อนจะไหลจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า

การศึกษาการนำความร้อนในแนวรัศมีของวัสดุทรงกระบอกตัน (Radial Heat Conduction in a Solid Cylinder) เป็นการวิเคราะห์ปรากฏการณ์การถ่ายเทพลังงานความร้อนผ่านตัวกลางที่มีรูปทรงสมมาตรแบบทรงกระบอกตัน ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม ซึ่งส่งผลให้อุณหภูมิภายในวัสดุมีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวตามแนวรัศมีจากจุดศูนย์กลาง ลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิภายใต้สภาวะการนำความร้อนในแนวรัศมีนี้ มีความสำคัญอย่างยิ่งในหลากหลายสาขาทางวิศวกรรมศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ อาทิ การออกแบบเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ การวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนในอนุภาคนาโนทรงกลม การควบคุมกระบวนการให้ความร้อนและความเย็นในอุตสาหกรรม, และการศึกษาคุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุต่างๆ [5]

การศึกษาการนำความร้อนในแนวรัศมีของวัสดุเป็นการวิเคราะห์การถ่ายเทพลังงานความร้อนผ่านตัวกลางที่มีรูปทรงสมมาตร โดยอุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงหลักในทิศทางตามแนวรัศมี งานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและระยะทางภายในวัสดุที่มีลักษณะการนำความร้อนในแนวรัศมี โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการกระจายตัวของอุณหภูมิภายในตัวอย่างวัสดุ และลักษณะการไหลของความร้อนตามแนวรัศมีภายใต้สภาวะการนำความร้อนแบบคงตัว

ในการศึกษาครั้งนี้จะทำการวัดอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ตามแนวรัศมีของแท่งทองเหลืองทรงกระบอกตัน ซึ่งเป็นวัสดุที่มีค่าการนำความร้อนที่ทราบค่า ภายใต้สภาวะการนำความร้อนแบบคงตัว (Steady-State Heat Conduction) เพื่อให้ได้ข้อมูลอุณหภูมิที่สัมพันธ์กับตำแหน่งรัศมี การวิเคราะห์ลักษณะการไหลของความร้อนจะดำเนินการโดยอ้างอิงจากกฎการนำความร้อนของฟูเรียร์ (Fourier's Law of Heat Conduction) ซึ่งเป็นหลักการพื้นฐานที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการถ่ายเทความร้อน พื้นที่หน้าตัดของการถ่ายเทความร้อน ค่าการนำความร้อนของวัสดุ และเกรเดียนท์อุณหภูมิ (Temperature gradient)

สำหรับการดำเนินการทดลองจะมีการใช้ชุดเครื่องมือ TH 310 HEAT CONDUCTION ซึ่งเป็นอุปกรณ์เฉพาะที่ได้รับการออกแบบมาสำหรับการศึกษาปรากฏการณ์การนำความร้อนในวัสดุต่างๆ อย่างเป็นระบบและแม่นยำ ข้อมูลที่ได้จากการทดลองนี้จะถูก

นำมาวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและระยะทางในแนวรัศมี และตรวจสอบความสอดคล้องกับทฤษฎีการนำความร้อน [1]

ผลจากการวิจัยนี้คาดว่าจะช่วยให้เข้าใจถึงลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิและการไหลของความร้อนในวัสดุทรงกระบอกตันภายใต้สภาวะการนำความร้อนในแนวรัศมีได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการประยุกต์ใช้ในงานวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทความร้อน เช่น การออกแบบระบบแลกเปลี่ยนความร้อน การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของฉนวนความร้อนทรงกระบอก และการทำนายพฤติกรรมทางความร้อนของส่วนประกอบทางวิศวกรรมที่มีรูปทรงกระบอก เป็นต้น [5]

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมอุปกรณ์ โดยการติดตั้งแท่งทองเหลืองทรงกระบอกตันเข้ากับชุดทดลองการนำความร้อนในแนวรัศมี (โดยให้พื้นผิวของแหล่งให้ความร้อนสัมผัสโดยตรงกับบริเวณจุดกึ่งกลางของแท่งทองเหลืองอย่างแนบสนิท ทำการเชื่อมต่อเซนเซอร์วัดอุณหภูมิแต่ละตัวเข้ากับช่องวัดอุณหภูมิที่ติดตั้งไว้ตามแนวรัศมีของแท่งทองเหลืองในตำแหน่งที่กำหนดและเชื่อมต่อสายสัญญาณจากแหล่งให้ความร้อนและเซนเซอร์วัดอุณหภูมิไปยังชุดควบคุมการถ่ายเทความร้อน (Heat transfer service unit) เพื่อควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้าและอ่านค่าอุณหภูมิ แสดงชุดอุปกรณ์ทั้งหมดดังภาพที่ 1

2. กำหนดค่ากำลังไฟฟ้าเริ่มต้นที่ต้องการจ่ายให้กับแหล่งให้ความร้อนผ่านชุดควบคุม และเริ่มการจ่ายพลังงานไฟฟ้าเพื่อให้ความร้อนถูกส่งผ่านไปยังแท่งทองเหลือง สังเกตค่าอุณหภูมิที่วัดได้จากเซนเซอร์แต่ละตำแหน่งอย่างต่อเนื่องจากคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อกับชุดอุปกรณ์การทดลองจนกระทั่งระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวทางความร้อน โดยพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงของค่าอุณหภูมิที่วัดได้จากเซนเซอร์แต่ละตำแหน่งมีค่าคงที่หรือเปลี่ยนแปลงน้อยมากในช่วงเวลาที่กำหนด (เช่น ไม่เกิน ±0.1 °C ในช่วงระยะเวลา 5 นาที) [2] บันทึกค่าอุณหภูมิที่อ่านได้จากเซนเซอร์แต่ละตำแหน่ง และบันทึกค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับแหล่งความร้อนในขณะนั้น

3. ทำการทดลองซ้ำในข้อที่ 2 โดยปรับเปลี่ยนค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับแหล่งให้ความร้อนไปยังระดับต่างๆ ที่ต้องการศึกษา

ภาพที่ 1 ชุดอุปกรณ์ TH 310 Heat Conduction ที่ใช้ในการทดลอง

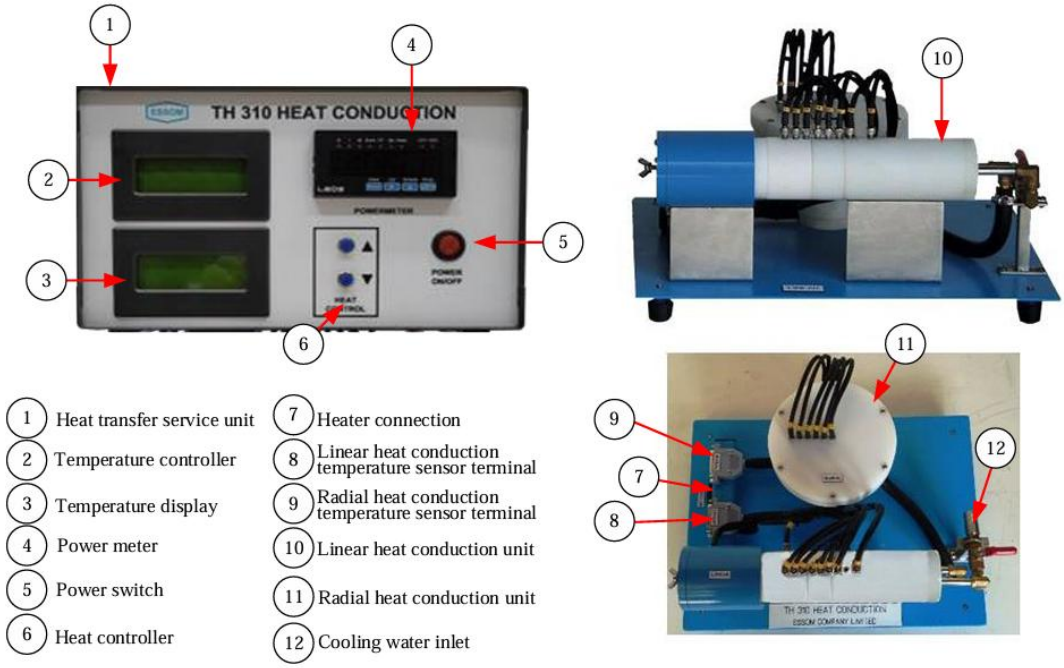
4. เพื่อให้การวัดและบันทึกข้อมูลอุณหภูมิเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและมีความแม่นยำสูง ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้มีการติดตั้งและกำหนดค่าโปรแกรมเฉพาะสำหรับชุดทดลอง TH 310 Heat Conduction โปรแกรมดังกล่าวได้รับการออกแบบมาเพื่อ

สื่อสารโดยตรงกับระบบควบคุมและเซนเซอร์วัดอุณหภูมิของชุดทดลอง ทำให้สามารถแสดงค่าอุณหภูมิแบบดิจิทัล ณ ตำแหน่งต่างๆ บนแท่งทองเหลืองตัวอย่างได้แบบเวลาจริง (Real-time) นอกจากนั้นยังมีศักยภาพในการเชื่อมต่อกับระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งเอื้อต่อการบันทึกข้อมูลอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาได้อย่างต่อเนื่องและเป็นระบบ

5. ในการศึกษาการนำความร้อนผ่านแท่งทองเหลืองทรงกระบอกตันครั้งนี้ ได้กำหนดสภาวะการให้ความร้อนไว้ 3 ระดับที่แตกต่างกัน เพื่อศึกษาผลของปริมาณความร้อนต่อการกระจายตัวของอุณหภูมิ โดยมีค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับแหล่งความร้อนดังนี้ คือ 9.2 วัตต์, 15.5 วัตต์ และ 22.3 วัตต์ และสำหรับการทดลองในแต่ละระดับความร้อนจะดำเนินการซ้ำจำนวน 3 ครั้ง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้อง แม่นยำ และลดความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นจากการวัด

การตรวจวัดอุณหภูมิบนแท่งทองเหลืองทรงกระบอกตันตามแนวรัศมีนั้น ดำเนินการโดยใช้เซนเซอร์วัดอุณหภูมิชนิดเทอร์มอคัปเปิล (Thermocouples) จำนวน 6 ตำแหน่ง โดยเซนเซอร์วัดอุณหภูมิหมายเลข 1 ติดตั้งบริเวณที่สัมผัสกับแหล่งความร้อนโดยตรง ส่วนเซนเซอร์วัดอุณหภูมิหมายเลข 2 ถึง 6 ติดตั้งเรียงตามแนวรัศมี โดยมีระยะห่างระหว่างเซนเซอร์แต่ละคู่เท่ากับ 10 มิลลิเมตร รายละเอียดการจัดวางตำแหน่งของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิบนชุดทดลอง TH 310 Heat Conduction แสดงรายละเอียดดังภาพที่ 2

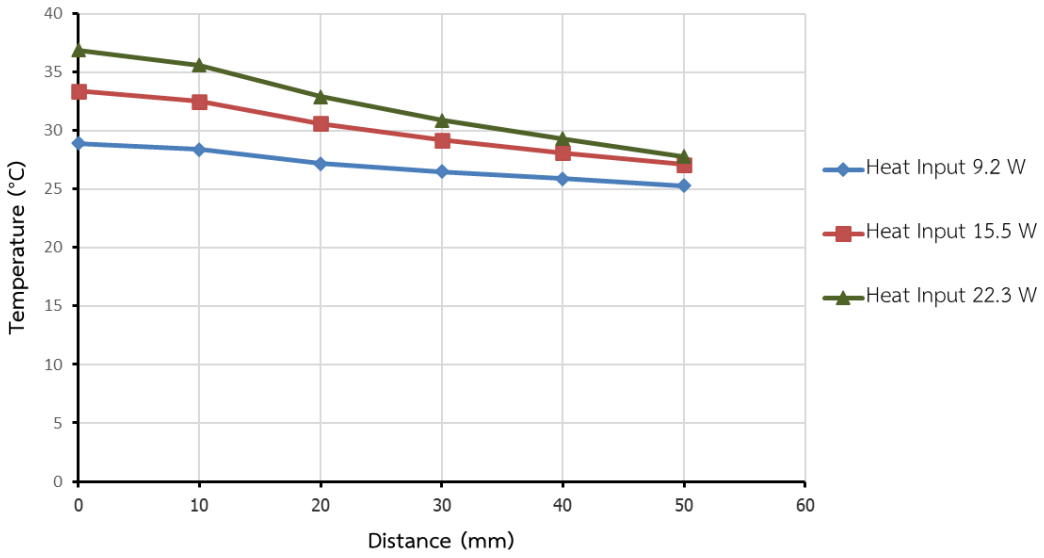
ข้อมูลอุณหภูมิที่ได้จากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิทั้ง 6 ตำแหน่ง จะถูกบันทึกโดยอัตโนมัติทุกๆ 1 นาทีที่เชื่อมต่อกับระบบคอมพิวเตอร์ เป็นระยะเวลาต่อเนื่อง 60 นาที สำหรับการทดลองในแต่ละครั้ง เพื่อให้ได้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามเวลาอย่างละเอียดภายใต้สภาวะการให้ความร้อนที่กำหนด (ในข้อที่ 5)



ภาพที่ 2 แสดงรายละเอียดของชุดทดลอง TH 310 Heat Conduction

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาพฤติกรรมการนำความร้อนในแท่งทองเหลืองทรงกระบอกตัน โดยใช้ชุดทดลอง TH 310 HEAT CONDUCTION ภายใต้การจ่ายพลังงานความร้อนในระดับที่แตกต่างกันสามระดับ (9.2 วัตต์, 15.5 วัตต์ และ 22.3 วัตต์) และภายใต้สภาวะแวดล้อมที่ไม่มีการระบายอากาศ ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตามแนวรัศมีของแท่งทองทรงกระบอกตัน ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับระยะห่างจากแหล่งให้ความร้อนระดับที่ 9.2 วัตต์, 15.5 วัตต์ และ 22.3 วัตต์

จากการพิจารณากราฟทั้งสามเส้นในภาพที่ 3 ซึ่งแสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิตามแนวรัศมีภายใต้ค่าความร้อนที่ป้อนเข้าแตกต่างกัน (9.2 W, 15.5 W และ 22.3 W) พบว่าบริเวณตำแหน่งรัศมีเดียวกัน อุณหภูมิที่วัดได้มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนตามปริมาณความร้อนที่ป้อนเข้าที่สูงขึ้น ซึ่งเป็นผลโดยตรงจากการเพิ่มพลังงานความร้อนให้กับระบบ ทำให้ระดับอุณหภูมิโดยรวมของแท่งทองเหลืองสูงขึ้น นอกจากนี้การเปรียบเทียบความชันของกราฟแต่ละเส้นยังแสดงให้เห็นถึงลักษณะการนำความร้อนที่แตกต่างกันภายใต้สภาวะความร้อนที่ต่างกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งความชันที่สูงกว่าในช่วงใกล้แหล่งความร้อนเมื่อป้อนความร้อนสูงขึ้น อาจบ่งชี้ถึงอัตราการถ่ายเทความร้อนที่เพิ่มขึ้นในบริเวณนั้น อย่างไรก็ตามความชันของกราฟ (dT/dx) มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยตามระยะทาง ซึ่งอาจสะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงของอัตราการนำความร้อน หรือลักษณะทางกายภาพของวัสดุที่อาจไม่เป็นเนื้อเดียวกันอย่างสมบูรณ์

จากการวิเคราะห์กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามแนวรัศมีของแท่งทองเหลืองทรงกระบอกตัน พบว่าทุกระดับความร้อนที่ป้อนเข้า อุณหภูมิมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องตามระยะทางที่เพิ่มขึ้นจากศูนย์กลาง ซึ่งสอดคล้องกับหลักการพื้นฐานของการถ่ายเทความร้อนแบบการนำความร้อน ที่ความร้อนจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ทำให้บริเวณที่อยู่ห่างจากแหล่งความร้อนโดยตรงมีอุณหภูมิลดลง [5] อย่างไรก็ตามลักษณะความชันของกราฟในแต่ละเส้นแสดงให้เห็นถึงอัตราการลดลงของอุณหภูมิที่ไม่คงที่ตามแนวรัศมี โดยมีแนวโน้มที่จะลดลงอย่างรวดเร็วในบริเวณใกล้แหล่งความร้อน และค่อยๆ ลดลงเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจบ่งชี้ถึงการกระจายตัวของอุณหภูมิที่ไม่เป็นเชิงเส้น (non-linear) อันเป็นผลมาจากคุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุที่ไม่สม่ำเสมอ หรืออิทธิพลของการสูญเสียความร้อนสู่สภาพแวดล้อมภายนอก [8]

อย่างไรก็ตามอาจจะมีปัจจัยอื่นๆ ที่อาจมีผลต่อการทดลอง เช่น ความแม่นยำของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ การสูญเสียความร้อนสู่สิ่งแวดล้อมที่ไม่สามารถควบคุมได้ทั้งหมด และความสม่ำเสมอของการสัมผัสระหว่างแหล่งความร้อนกับแท่งวัสดุซึ่งอาจส่งผลต่อความแม่นยำของผลการทดลองด้วย [9]

สรุปผลการวิจัย

การเพิ่มพลังงานความร้อนที่จ่ายให้กับแท่งทองเหลืองทรงกระบอกตัน ส่งผลให้อุณหภูมิภายในแท่งทองเหลืองเพิ่มสูงขึ้นแสดงให้เห็นว่าปริมาณความร้อนนำเข้าเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อระดับและการกระจายตัวของอุณหภูมิซึ่งสอดคล้องกับกฎการนำความร้อนของฟูริเยร์ (Fourier's Law of Heat Conduction) และรูปแบบการกระจายอุณหภูมิตามแนวรัศมีที่ลดลงนั้นไม่เป็นเชิงเส้นตรงบ่งชี้ว่าอาจมีปัจจัยอื่น ๆ เช่น คุณสมบัติของวัสดุหรือการสูญเสียความร้อนสู่สิ่งแวดล้อม เข้ามามีบทบาทในการถ่ายเทความร้อนด้วยเช่นกัน

อ้างอิง

[1] Varagorn, P., Thiansiri, L., Weerapol, W., Sompoom, M., Supavadee, L., & Samart, M. (2021). Analysis of heat transfer behavior through building walls with different surface materials using row method. *Air Force Science and Technology Journal, 17(1)*, 1–10.

[2] Chootichai, H., Songkran, W., & Paisan, N. (2019). Study on flow and heat transfer behavior in a heat sink for thermoelectric cooling module using computational fluid dynamics. *Engineering Journal of Srinakharinwirot University, 14(2)*, 48–60.

[3] Tanachon, C., Phanurut, R., & Kitti, N. (2024). Characteristics of heat transfer and refrigerant R134a flow during boiling in a heat exchanger with copper foam inserts. *Journal of Industrial Technology, 20(3)*, 31–45.

[4] Wang, H. (2023).Research of the problems of heat conduction in fluids. *Journal of Physics: Conference Series, 2634(1)*, 1–8.

[5] Çengel, Y. A. (2003). *Heat transfer: A practical approach* (2nd ed.). McGraw-Hill.

[6] Lienhard, J. H. IV, & Lienhard, J. H. V. (2024). *A heat transfer textbook* (6th ed.). Phlogiston Press.

[7] Incropera, F. P., DeWitt, D. P., Bergman, T. L., & Lavine, A. S. (2007). *Fundamentals of heat and mass transfer* (6th ed.). Wiley.

[7] Whaley, A. C. (2008). *Experimental measurement of thermal conductivity of an unknown material* (Master's thesis, University of Tennessee, Knoxville). TRACE. https://trace.tennessee.edu/

[8] Bahrami, M. (2009). *Steady conduction heat transfer*. Simon Fraser University.

[9] ROHM Semiconductor. (2021). *Basics of thermal resistance and heat dissipation* (64AN043E Rev.001).

P 14

การศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติการลดทอนรังสีแกมมาของโฟมคอมโพสิตจากยางธรรมชาติผสมกับแบเรียมซัลเฟตและผงเปลือกไข่

อินทิรา ล่วงห้อย[1] ธวัฒน์ชัย เทพนวล[2] ภรพนา บัวเพชร์[3] อานนท์ ศรีสุข[4] นฤทธิ์ กล่อมพงษ์[5] และสุทธิษา ก้อนเรือง[3]*

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้คือการพัฒนาวัสดุเชิงประกอบสำหรับป้องกันรังสีแกมมา โดยใช้ยางธรรมชาติผสมแบเรียมซัลเฟตและผงเปลือกไข่ในอัตราส่วน 25:0, 25:5, 25:10, 25:15, 25:20 และ 25:25 phr ตามลำดับ งานวิจัยมุ่งเน้นการศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติการลดทอนรังสีแกมมาของวัสดุที่ได้ จากผลการทดลองพบว่า ความแข็งของวัสดุเพิ่มขึ้นตามปริมาณของผงเปลือกไข่ที่เติม ในขณะที่ค่าความหนาแน่น ความต้านทานแรงดึง การยืดตัวเมื่อขาด และความต้านทานแรงฉีกขาด มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยในช่วงแรกของการเติมผงเปลือกไข่ และลดลงอย่างชัดเจนเมื่อเติมในปริมาณมาก นอกจากนี้ การเติมผงเปลือกไข่ยังช่วยเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนรังสีเชิงเส้น และค่าความหนาครึ่งหนึ่ง (half-value layer) ซึ่งแสดงถึงประสิทธิภาพในการป้องกันรังสีที่ดีขึ้น โดยวัสดุที่มีอัตราส่วน 25:25 phr ให้ค่าการลดทอนรังสีสูงสุดที่ 99.86% อย่างไรก็ตาม ค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนรังสีเชิงมวลมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณผงเปลือกไข่เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: ยางธรรมชาติ รังสีแกมมา แบเรียมซัลเฟต ผงเปลือกไข่

---

[1] นิสิต, คณะวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยทักษิณ จังหวัดพัทลุง 93210

[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์, คณะวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยทักษิณ จังหวัดพัทลุง 93210

[3] อ.ดร., คณะวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยทักษิณ จังหวัดพัทลุง 93210

[4] นักฟิสิกส์รังสี, ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 11 สุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84100

[5] อ., คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง จังหวัด 92150

[1] Student, Faculty of Science and Digital Innovation, Thaksin University, Phatthalung 93210

[2] Assistant Professor, Faculty of Science and Digital Innovation, Thaksin University, Phatthalung 93210

[3] Lecturer, Dr., Faculty of Science and Digital Innovation, Thaksin University, Phatthalung 93210

[4] Radiation Physicist, Regional Medical Sciences Center 11 Suratthani, Suratthani 84100

[5] Lecturer, Faculty of Science and Fisheries Technology ,Trang Campus ,Rajamangala University of technology Srivijaya, Trang 92150

* Corresponding Author: E-mail : Sutthisa@tsu.ac.th

Investigation of Physical Properties and Gamma Radiation Shielding Efficiency of Natural Rubber Composite Foams Filled with Barium Sulfate and Eggshell Powder

Inthira Luang – hory[1] Thawatchai Tepnual[2] Pornpana Buaphet[3]
Arnon Srisook[4] Narit Klompong[5] andSutthisa Konruang[3*]

Abstract

The primary objective of this study was to develop gamma radiation shielding composites based on natural rubber incorporated with barium sulfate and eggshell powder, using formulation ratios of barium sulfate to eggshell powder at 25:0, 25:5, 25:10, 25:15, 25:20, and 25:25 phr. The investigation focused on evaluating the physical properties and gamma-ray attenuation characteristics of the resulting composites. The findings indicated that the hardness of the composites increased progressively with higher eggshell powder content. Conversely, the density, tensile strength, elongation at break, and tear strength exhibited a slight decline with initial additions of eggshell powder and showed a more pronounced reduction at higher filler concentrations. Moreover, the incorporation of eggshell powder enhanced both the linear attenuation coefficient and the half-value layer, indicating improved shielding effectiveness. Notably, the composite with a 25:25 phr ratio demonstrated the highest gamma-ray attenuation ratio at 99.86%. However, the mass attenuation coefficient exhibited a decreasing trend with increasing eggshell powder content.

Keywords: natural rubber, gamma-ray, barium sulfate, eggshell powder

บทนำ

ปัจจุบันรังสีแกมมาถูกนำไปใช้ในหลากหลายด้าน เช่น โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ อวกาศ การเกษตร และการแพทย์ เป็นต้น อย่างไรก็ตามการได้รับรังสีดังกล่าวมากเกินไปอาจส่งผลอันตรายถึงชีวิตต่อมนุษย์ เพื่อลดผลกระทบที่เป็นอันตรายจากรังสีดังกล่าว จำเป็นต้องใช้วัสดุป้องกันรังสีแกมมาที่มีประสิทธิภาพ (Ahmed *et. al.,* 2020) ตะกั่วและส่วนประกอบของตะกั่วถูกใช้กันอย่างแพร่หลายในการป้องกันรังสีแกมมาเนื่องจากมีต้นทุนต่ำ น้ำหนักมาก ความหนาแน่นสูง และประสิทธิภาพสูง (Atef *et. al.,* 2020) อย่างไรก็ตามตะกั่วเป็นอันตรายและเป็นพิษต่อเจ้าหน้าที่พยาบาลและสิ่งแวดล้อม การพัฒนาวัสดุป้องกันรังสีน้ำหนักเบาที่ไม่เป็นพิษเป็นทางเลือกที่ได้รับความสนใจ (Irfan *et. al.,* 2020) จากการศึกษาพบว่า แบเรียมซัลเฟต ($BaSO_4$) และผงเปลือกไข่ (แคลเซียมคาร์บอเนต : $CaCO_3$) เป็นสารที่มีสมบัติเป็นสารทึบรังสี (contrast media) ทำให้สามารถลดทอนรังสีได้ อีกทั้งยังไม่เป็นอันตรายต่อร่างกายมนุษย์ (เชาวโชติ วิชญาศิริ 2560) นอกจากนี้ ประเทศไทยยังมีพื้นที่ปลูกยางพาราในประเทศและมีผลิตน้ำยางประมาณ 4.77 ล้านตันต่อปี ซึ่งมีปริมาณการส่งออกยางพาราอยู่ที่ 4.15 ล้านตันต่อปี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2018) ยางธรรมชาติมีสมบัติที่เชิงกลที่ดีหลายประการ เช่น สมบัติด้านความยืดหยุ่น การทนทานต่อการฉีกขาด และความต้านทานต่อการกระแทก เป็นต้น (ศิริลักษณ์ อินต่อม 2562) จึงนิยมนำมาผสมกับวัสดุหรือสารตัวเติมอื่น ๆ เพื่อสร้างวัสดุคอมโพสิต (Composites) ที่มีสมบัติตามความต้องการ

งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการจัดทำวัสดุกำบังรังสีแกมมาจากโฟมคอมโพสิตยางธรรมชาติผสมกับแคลเซียมคาร์บผงเปลือกไข่ ซึ่งจะทำให้ได้วัสดุกำบังรังสีที่มีน้ำหนักเบาและมีความยืนหยุ่นสูง สามารถดัดแปลงให้เหมาะสมกับ การใช้งานได้ โดยจะทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล และสมบัติการลดทอนของรังสี เพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานที่สามารถพัฒนาเป็นวัสดุกำบังรังสีทางการแพทย์และยังเป็นการส่งเสริมการใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าให้แก่ยางธรรมชาติและเปลือกไข่อีกด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมผงเปลือกไข่

นำเปลือกไข่มาล้างทำความสะอาด นำไปตากแดดให้แห้ง แล้วจึงนำมาตำหยาบๆด้วยเครื่องบดสาร และล้างให้สะอาดเพื่อกรองเหยื่อหุ้มไข่ออก จากนั้นนำมาล้างนำวนด้วยเครื่องกวนสาร (ยี่ห้อ IKA “Germany”รุ่น C-MAG HS7) ในอัตราส่วนน้ำต่อเปลือกไข่ คือ 3:1 ที่ความเร็ว 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที ล้างทำความสะอาดอีกรอบแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 100 C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง และนำไปบดด้วยเครื่องปั่นกำลังไฟฟ้า 1500 วัตต์ สุดท้ายนำไปร่อนด้วยตะแกรงสแตนเลส 400 mesh

2. การเตรียมคอมโพสิตจากยางธรรมชาติผสมแบเรียมซัลเฟตและผงเปลือกไข่

นำยางธรรมชาติมาผสมกับแบเรียมซัลเฟตกับผงเปลือกไข่และสารเคมีต่าง ๆ ตามอัตราส่วนดังตารางที่ 1 กวนให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมอาหาร (กำลังไฟฟ้า 320 วัตต์) เมื่อได้เป็นโฟมเหลวจึงนำมาเทใส่แม่พิมพ์ ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 นาที แล้วนำไปอบด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 100 ^{o}C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วจึงนำโฟมคอมโพสิตมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่าและนำไปอบอีกครั้งที่อุณหภูมิ 80 ^{o}C เป็นเวลา 8 ชั่วโมง จากนั้นนำโฟมคอมโพสิตไปทดสอบสมบัติต่าง ๆ

ตารางที่ 1 ส่วนผสมในการเตรียมคอมโพสิตจากยางธรรมชาติผสมกับแบเรียมซัลเฟตและผงเปลือกไข่

Ingredients	Total solid content (%)	Dry weight (phr)	Wet weight (g)
HA latex	60	100	334
Sulfur	50	2	8
ZDEC	50	2	10
ZMBT	50	2	8
Wingstay® L	50	1	4
Zinc Oxide	50	5	20
DPG	30	1.5	10
SSF	20	0.5	5
$BaSO_4$:$CaCO_3$ (eggshell powder) (phr)	25 : 0, 25:5, 25:10, 25:15, 25:20 and 25:25 phr		

*phr ย่อมาจาก parts per hundred of rubber หมายถึง หน่วยการผสมยางโดยคิดสัดส่วนปริมาณสารต่างๆ เมื่อเทียบกับยาง 100 ส่วน (โดยน้ำหนัก)

3. การวิเคราะห์สมบัติของโฟมคอมโพสิตจากน้ำยางธรรมชาติผสมกับแบเรียมซัลเฟตและผงเปลือกไข่

3.1 การทดสอบความหนาแน่น

ตัดตัวอย่างขนาด 2 cm x 2 cm ใช้เครื่องวัดความถ่วงจำเพาะ (รุ่น BSA Series ยี่ห้อ Sartorius) ในการทดสอบ ทำการทดสอบโดยการชั่งน้ำหนักของตัวอย่างในอากาศและในน้ำ แล้วบันทึกค่าความถ่วงจำเพาะ โดยทำการทดสอบสูตรละอย่างน้อย 3 ตัวอย่าง แล้วหาค่าเฉลี่ย

3.2 การทดสอบความแข็ง

ตัดตัวอย่างดังภาพที่ 1 หนาประมาณ 6 mm จากนั้นให้หัวกดกดยางค้างไว้ 30 วินาที แล้วจึงอ่านค่าความแข็งที่ได้ โดยทำการวัดความแข็งและหาค่าเฉลี่ยตัวอย่างละ 5 ตำแหน่ง คือ มุมขวาบน มุมขวาล่าง มุมซ้ายบน มุมซ้ายล่าง และตรงกลาง โดยทำการทดสอบสูตรละ อย่างน้อย 3 ตัวอย่าง

3.3 การทดสอบความต้านทานแรงดึง การยืดตัว ณ จุดขาดและความต้านทานการฉีกขาด

ตัดตัวอย่างเป็นรูปทรงแบบดัมเบล ตามมาตรฐาน ASTM D412-80 และตัดตัวอย่างเป็นรูปทรงปีกนก ตามมาตราฐาน ASTM D624-81 (Die C) ทำการวัดความหนาของชิ้นตัวอย่างด้วย ไดอัลเกจวัดความหนา รุ่น SM-112 นำไปทดสอบด้วยเครื่องทดสอบความทนทานต่อแรงดึง ที่มีโหลดเซลล์ขนาด 50 Kg ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อหาค่าความต้านทานแรงดึงและความต้านทานต่อการฉีกขาดตามลำดับ

3.4 การทดสอบสมบัติการลดทอนรังสี

ตัดตัวอย่างขนาด 6 cm x 6 cm ดังภาพที่ 3 ทำการวัดการลดทอนรังสีด้วยหัววัดไกเกอร์ - มูลเลอร์ ตั้งค่าเครื่อง TIME ไปที่ 100 และ HIGH VOL TAGE ที่ 900 หลังจากนั้นทำการวัดรังสีภูมิหลังและบันทึกผล เสร็จแล้วจึงทำการวัดค่า

ความเข้มของรังสีโดยใส่แหล่งกำเนิดของรังสี และทำการบันทึกผลความเข้มรังสีที่ได้ จากนั้นใส่ชิ้นทดสอบทีละชั้นจนครบ 4 ชั้น ซึ่งจะทำซ้ำตัวอย่างละ 3 ครั้ง (ในการบันทึกค่าความเข้มรังสีต้องนำไปหักลบกับค่ารังสีภูมิหลังเสมอ) จากนั้นนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ค่าร้อยละการลดทอนรังสี (%) สัมประสิทธิ์ของการดูดกลืนเชิงเส้น (linear absorption coefficient, μ) สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเชิงมวล (mass absorption coefficient, μ_m) และค่าค่าครึ่งความหนา (half value layer, HVL) ตามสมการ 1-4

$$X-ray\ attenuation = \frac{I_0 - I}{I_0} \times 100 \quad (1)$$

$$I = I_0 e^{-\mu_l x} \quad (2)$$

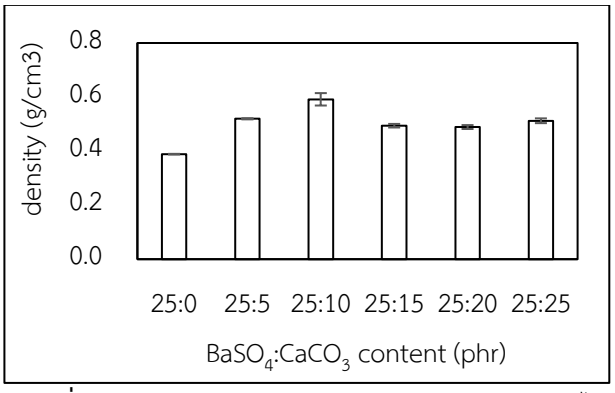
$$\mu_m = \frac{\mu_l}{\rho} \quad (3)$$

$$HVL = \frac{ln\,2}{\mu_l} \quad (4)$$

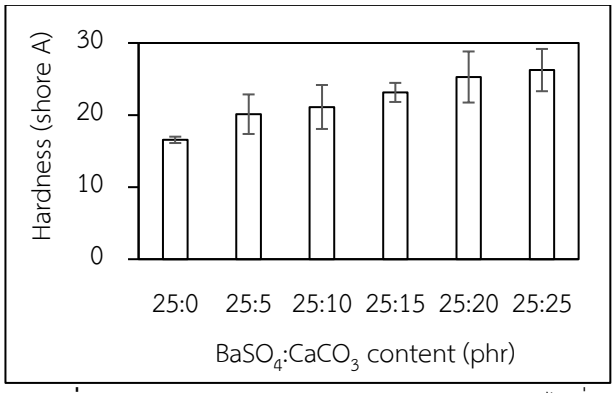
เมื่อ I คือ ความเข้มของรังสีที่ทะลุผ่านวัสดุ, I_0 คือ ความเข้มของรังสีตกกระทบ, μ_l คือสัมประสิทธิ์ของการดูดกลืนเชิงเส้น (cm^{-1}), μ_m คือ สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเชิงมวล (cm^2/g), ρ คือความหนาแน่นของวัสดุ (g/cm^3), x คือความหนาของวัสดุมีหน่วยเป็น (cm) และ HVL คือ ค่าค่าครึ่งความหนา (cm)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากภาพที่ 1 พบว่า แสดงผลของปริมาณแบเรียมซัลเฟตและผงเปลือกไข่นตที่มีต่อความหนาแน่นของโฟมคอมโพสิต พบว่า ความหนาแน่นของโฟมคอมโพสิตมีค่าอยู่ในช่วง 0.389-0.592 g/cm^3 โดยในช่วงแรกเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของผงเปลือกไข่ 0-10 phr ทำให้ค่าความหนาแน่นเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของผงเปลือกไข่มากขึ้นในช่วง 15-25 phr พบว่าความหนาแน่นลดลงทั้งนี้เนื่องจากผงเปลือกไข่ที่มากเกินไปไม่สามารถเข้ากันเป็นเนื้อเดียวได้อย่างสม่ำเสมอ ส่งผลให้เกิดการเกาะตัวและเกิดช่องว่างในเนื้อวัสดุเพิ่มขึ้นจำนวนมาก ซึ่งสังเกตได้จากภาพถ่าย SEM ในภาพที่ 6



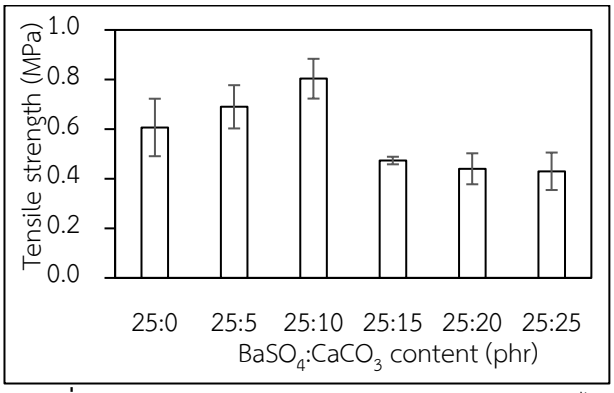
ภาพที่ 1 แสดงผลของปริมาณแบเรียมซัลเฟตและผงเปลือกไข่ที่มีต่อความหนาแน่น



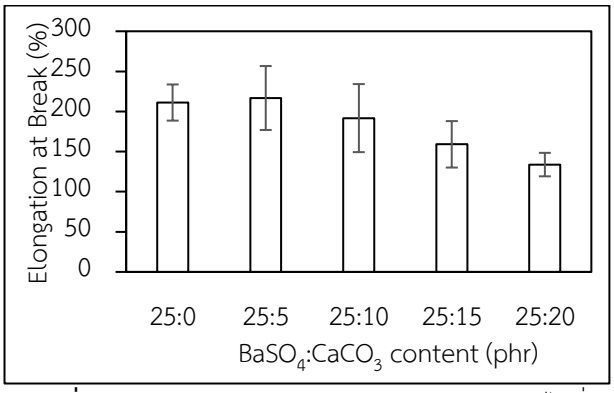
ภาพที่ 2 แสดงผลปริมาณแบเรียมซัลเฟตและผงเปลือกไข่ที่มีต่อค่าความแข็ง

จากภาพที่ 2 พบว่า ผลของปริมาณแบเรียมซัลเฟตและผงเปลือกไข่ต่อความแข็งของโฟมคอมโพสิต พบว่าความแข็งของโฟมคอมโพสิตเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเติมปริมาณผงเปลือกไข่เพิ่มมากขึ้น โดยค่าความแข็งจะมากสุดที่ปริมาณแบเรียมซัลเฟต ต่อผงเปลือกไข่ 25:25 phr คือ 26.2 Shore A เนื่องจากสารเติมแต่งที่มีอนุภาคแข็งจึงช่วยเพิ่มการเชื่อมขวางภายในโฟมคอมโพสิต และส่งผลให้สายโซ่โมเลกุลของยางถูกเคลื่อนที่ได้ลดลง (ศิริลักษณ์ อินต่อม, 2562) ทำให้ความหนาแน่นและความแข็งของโฟมคอมโพสิตเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ (Kalkornsurapranee et al., 2021 และ Toyen et al., 2018)

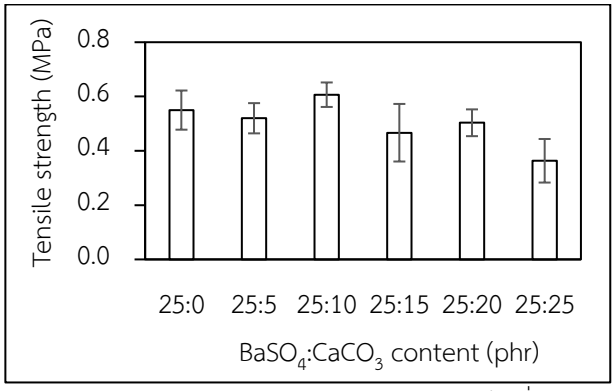
จากภาพที่ 3 - 5 พบว่า การเติมแบเรียมซัลเฟตและผงเปลือกไข่มีผลต่อความต้านทานแรงดึง การยืดตัว ณ จุดขาด และความต้านทานการฉีกขาดในลักษณะใกล้เคียงกัน คือ เมื่อเพิ่มปริมาณผงเปลือกไข่ในวัสดุคอมโพสิตสมบัติเชิงกลเหล่านี้จะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในช่วงแรก คือ ที่ปริมาณแบเรียมซัลเฟตและผงเปลือกไข่ 25:0, 25:5 และ 25:10 phr และที่ปริมาณแบเรียมซัลเฟตและผงเปลือกไข่ 25:15, 25:20 และ 25:25 phr สมบัติเชิงกลเหล่านี้จะมีค่าลดลงอย่างชัดเจน เนื่องจากเมื่อเพิ่มปริมาณผงเปลือกไข่มากเกินไปทำให้โครงสร้างภายในของโฟมแข็งมากขึ้น วัสดุคอมโพสิตจึงมีความยืดหยุ่นน้อยลง โดยสมบัติเชิงกลเหล่านี้จะมีค่ามากที่สุดที่ปริมาณแบเรียมซัลเฟตและผงเปลือกไข่ 25:10 phr เนื่องจากเมื่อเราใส่ปริมาณแบเรียมซัลเฟตและผงเปลือกไข่ที่เหมาะสมและพอดีจะทำให้แบเรียมซัลเฟตและผงเปลือกไข่เป็นตัวเร่งเพื่อให้สมบัติเชิงกลเหล่านี้ดีขึ้น (Konruang et.al., 2022)



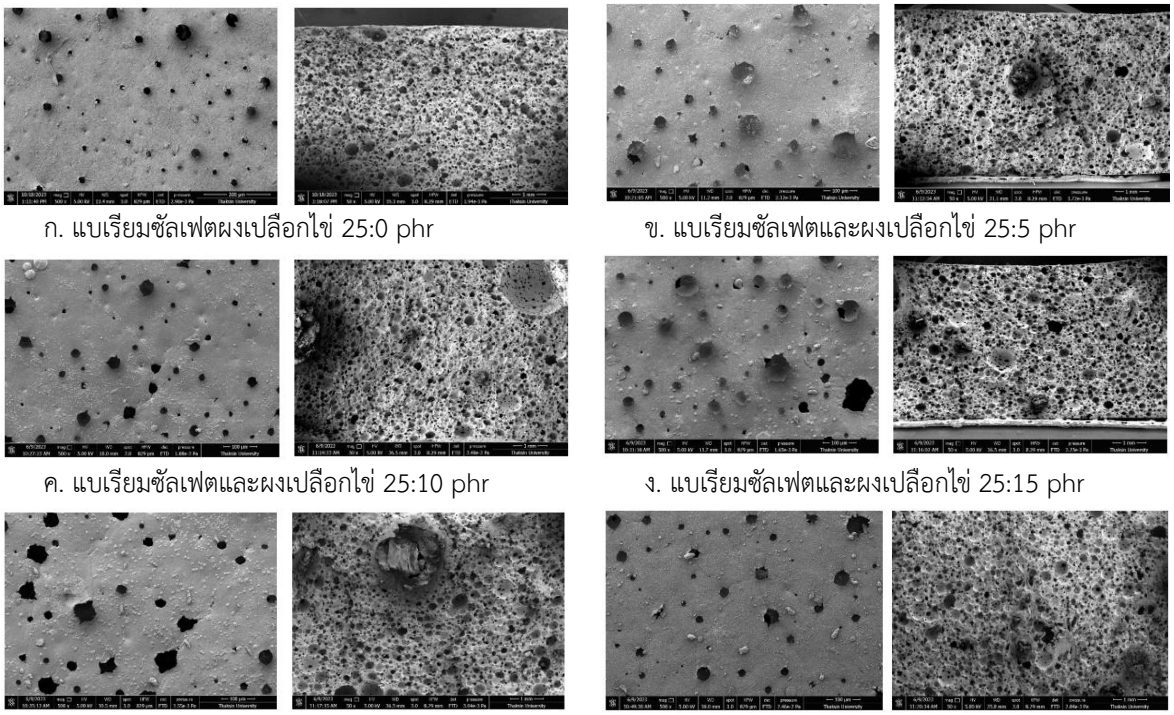
ภาพที่ 3 แสดงผลของปริมาณแบเรียมซัลเฟตและผงเปลือกไข่ที่มีต่อความต้านทานแรงดึง



ภาพที่ 4 แสดงผลปริมาณแบเรียมซัลเฟตและผงเปลือกไข่ที่มีต่อการยืดตัว ณ จุดขาด



ภาพที่ 5 แสดงผลของการเติมปริมาณแบเรียมซัลเฟตและผงเปลือกไข่ที่มีต่อความต้านทานการฉีกขาด



ก. แบเรียมซัลเฟตผงเปลือกไข่ 25:0 phr

ข. แบเรียมซัลเฟตและผงเปลือกไข่ 25:5 phr

ค. แบเรียมซัลเฟตและผงเปลือกไข่ 25:10 phr

ง. แบเรียมซัลเฟตและผงเปลือกไข่ 25:15 phr

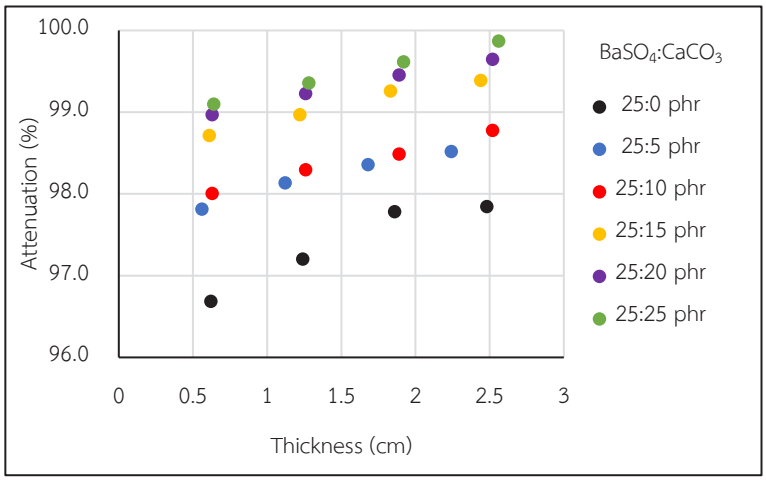
จ. แบเรียมซัลเฟตและผงเปลือกไข่ 25:20 phr

ฉ. แบเรียมซัลเฟตและผงเปลือกไข่ 25:25 phr

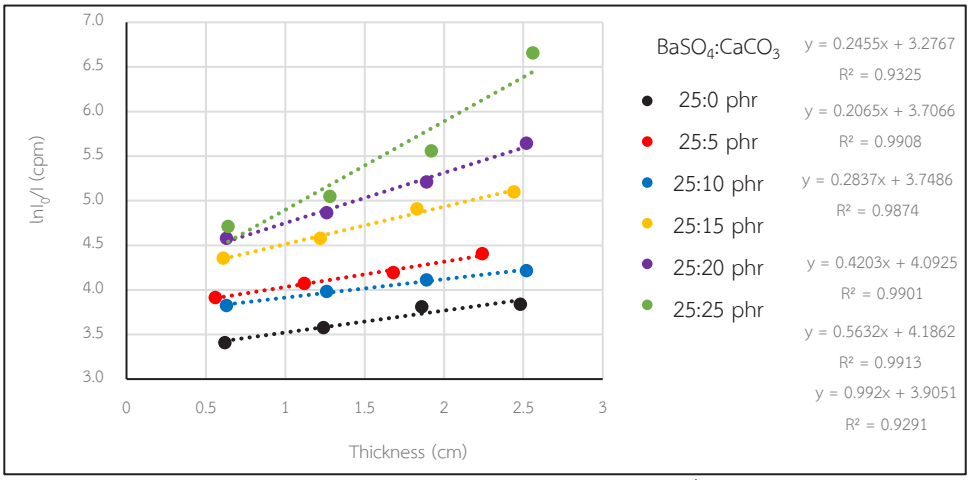
ภาพที่ 6 ลักษณะ (ซ้าย) ผิวด้านหน้า และ (ขวา) ภาคตัดขวางของตัวอย่างโฟมที่เตรียมจากแบเรียมซัลเฟตและผงเปลือกไข่ที่ปริมาณต่าง ๆ

จากภาพที่ 6 แสดงภาพผิวด้านหน้า (ซ้าย) ของโฟมคอมโพสิตที่ปริมาณแบเรียมซัลเฟตและผงเปลือกไข่ 25:5 – 25:25 phr จะเห็นได้ว่าเมื่อปริมาณผงเปลือกไข่เพิ่มมากขึ้น จะทำให้มีจำนวนรูเพิ่มมากขึ้นและมีขนาดค่อนข้างใหญ่ขึ้นตามปริมาณของผงเปลือกไข่ และภาพตัดขวาง (ขวา) ของโฟมคอมสิตที่ปริมาณผงเปลือกไข่ 25:5 – 25:25 phr จะเห็นได้ว่าเมื่อปริมาณผงเปลือกไข่เพิ่มมากขึ้นจะให้มีความเป็นรูพรุนเพิ่มขึ้นและขนาดใหญ่ขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งส่งผลต่อสมบัติเชิงกล คือ ความต้านทานแรงดึง การยืดตัว ณ จุดขาด และความต้านทานการฉีกขาด เนื่องจากความเป็นรูพรุนที่มีขนาดใหญ่ขึ้นทำให้โฟมคอมโพสิตมีความยืดหยุ่นน้อยลง

จากผลการทดลองที่แสดงในภาพที่ 7 พบว่าการเติมแบเรียมซัลเฟต ($BaSO_4$) และผงเปลือกไข่ ($CaCO_3$) ในสัดส่วนที่ต่างกันมีผลต่อประสิทธิภาพการลดทอนรังสีแกมมาของแผ่นโฟมคอมโพสิตอย่างมีนัยสำคัญ โดยสูตรที่มีการเติมผงแปลือกไข่ในปริมาณมากขึ้น (จาก 0 ถึง 25 phr) ร่วมกับปริมาณแบเรียมซัลเฟตที่คงที่ส่งผลให้ค่าการลดทอนรังสีสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง การกระจายตัวของอนุภาคฟิลเลอร์ในเมทริกซ์พอลิเมอร์ ทำให้เกิดการกระเจิงและการดูดกลืนรังสีเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในสูตรที่มีแบเรียมซัลเฟต:ผงเปลือกไข่ เท่ากับ 25:25 ซึ่งแสดงค่าการลดทอนสูงสุดในทุกช่วงความหนา นอกจากนี้ร้อยละการลดทอนรังสีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความหนาของวัสดุ



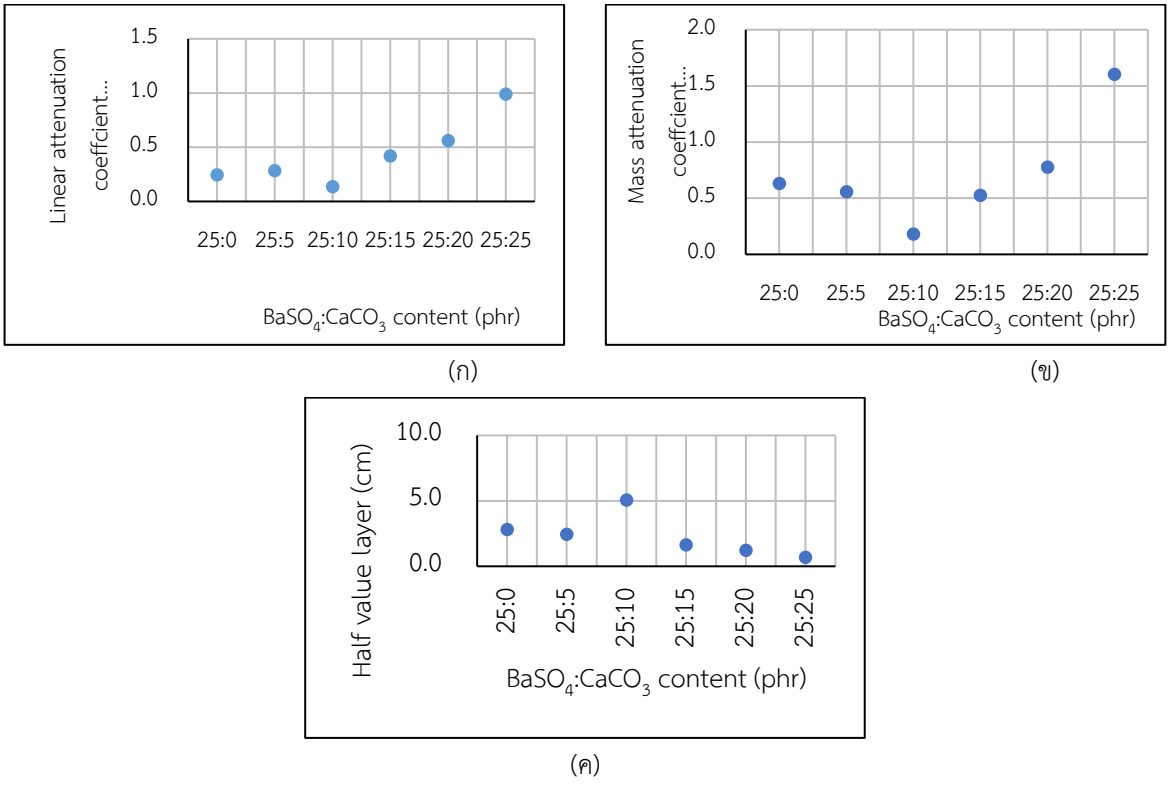
ภาพที่ 7 ร้อยละการลดทอนรังสีแกมมาของแผ่นโฟมคอมโพสิตที่เตรียมจากแบเรียมซัลเฟตและผงเปลือกไข่ที่ปริมาณต่าง ๆ



ภาพที่ 8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\ln(I_0 / I)$ กับความของแผ่นโฟมคอมโพสิตที่เตรียมจากแบเรียมซัลเฟตและผงเปลือกไข่ที่ปริมาณต่าง ๆ

จากภาพที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\ln(I_0 / I)$ กับความหนาของแผ่นโฟมคอมโพสิตที่เตรียมจากแบเรียมซัลเฟตและผงเปลือกไข่อัตราส่วน 25:0 – 25:25 phr จะได้กราฟที่มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น ซึ่งตามทฤษฎีความชันของกราฟคือ สัมประสิทธิ์การลดทอนรังสีเชิงเส้น เมื่อนำสัมประสิทธิ์การลดทอนรังสีเชิงเส้นมาเขียนกราฟความสัมพันธ์กับปริมาณแบเรียมซัลเฟตและผงเปลือกไข่ จะได้กราฟดังภาพที่ 9 (ก) เห็นได้ว่าสัมประสิทธิ์การลดทอนรังสีเชิงเส้นมีแนวโน้มสูงขึ้นตามปริมาณผงเปลือกไข่ ที่ปริมาณผงเปลือกไข่ 25:25 phr ซึ่งมีร้อยละการลดทอนรังสีแกมมาสูงสุด คือ 99.861% จากภาพที่ 9 (ข) แสดงว่าสัมประสิทธิ์การลดทอนรังสีเชิงมวลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณผงเปลือกไข่เพิ่มขึ้น โดยอัตราส่วนของแบเรียมซัลเฟตต่อผงเปลือกไข่ 25:25 phr มีค่าสูงสุด คือ 1.466 cm^2/g และจากภาพที่ 9 (ค) แสดงค่าครึ่งความหนาของโฟมคอมโพสิต พบว่า ค่าครึ่ง

ความหนามีแนวโน้มลดลงตามการเพิ่มขึ้นของปริมาณผงเปลือกไข่ โดยที่แบเรียมซัลเฟตและผงเปลือกไข่ปริมาณ 25:25 phr ให้ค่าครึ่งความหนาน้อยที่สุด คือ 0.765 cm แสดงว่าผงเปลือกไข่ทำให้สมบัติในการลดทอนรังสีแกมมาดีขึ้น



ภาพที่ 9 สมบัติด้านรังสีของแผ่นคอมโพสิต/แบเรียมซัลเฟตและผงเปลือกไข่ (ก) สัมประสิทธิ์การลดทอนรังสีเชิงเส้น (ข) สัมประสิทธิ์การลดทอนรังสีเชิงมวล (ค) ค่าครึ่งความหนา

สรุปผลการวิจัย

จากการทดสอบ พบว่า ความหนาแน่นของโฟมคอมโพสิตจากยางธรรมชาติเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณผงเปลือกไข่เพิ่มขึ้นในช่วงแรกและลดลงในช่วงหลัง โดยมีค่าสูงสุดที่อัตราส่วนของแบเรียมซัลเฟตและผงเปลือกไข่อัตราส่วน 25:15 phr คือ 0.797 ± 0.024 g/cm^3 ขณะที่ความแข็งมีค่าเพิ่มตามปริมาณผงเปลือกไข่ โดยมีค่าสูงสุดที่ปริมาณแบเรียมซัลเฟตและผงเปลือกไข่อัตราส่วน 25:25 phr คือ 31.46 shore A ค่าความต้านทานแรงดึง การยืดตัว ณ จุดขาด ความต้านทานการฉีกขาดสูงสุดที่ปริมาณแบเรียมซัลเฟตและผงเปลือกไข่อัตราส่วน 25:10 phr โดยมีค่า 2.38 MPa, 370 % และ 1.00 kN/m ตามลำดับ การศึกษาสัณฐานวิทยาพบว่า เมื่อปริมาณผงเปลือกไข่จากเปลือกไข่เพิ่มมากขึ้น จะทำให้มีจำนวนรูเพิ่มมากขึ้นและมีขนาดค่อนข้างใหญ่ขึ้นทั้งบริเวณผิวหน้าและภาคตัดขวาง นอกจากนี้พบว่าสมบัติการกำบังรังสีเพิ่มขึ้นตามปริมาณผงเปลือกไข่และความหนาที่เพิ่มขึ้น ที่อัตราส่วนของแบเรียมซัลเฟตและผงเปลือกไข่ 25:25 phr มีร้อยละการลดทอนรังสีแกมมา สัมประสิทธิ์การลดทอนรังสีเชิงเส้นและสัมประสิทธิ์การลดทอนรังสีเชิงมวลสูงสุดและค่าครึ่งความหนาต่ำสุด

คำขอบคุณ

การวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีโดยได้รับงบประมาณสนับสนุนจากสำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตตกรรมแห่งชาติ โดยมหาวิทยาลัยทักษิณ ประจำปีงบประมาณพ.ศ. 2566 ผู้วิจัยขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง ศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยียางเพื่อชุมชน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ และศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 11 สุราษฎร์ธานี ที่ให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือจนวิจัยนี้สำเร็จลุล่วง

อ้างอิง

เชาวโชติ วิชญาศิริ (2560). “การพัฒนาผ้าทอที่มีสมบัติป้องกันรังสีเอกซ์ที่ใช้ในทางการแพทย์”. วิทยานิพนธ์หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ.

นวลฉวี รุ่งธนเกียรติ, (2545). “วิทยาศาสตร์นิวเคลียร์” สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

ศิริลักษณ์ อินต่อม, (2562). “การเตรียมอิลาสโตเมอร์กำบังรังสีปลอดตะกั่วจากคอมโพสิตยางธรรมชาติผสม กับสารประกอบออกไซด์” วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Ahmed, B., Shah, G. B., Malik, A. H., Aurangzeb, & Rizwan, M. (2020). Gamma-ray shielding characteristics of flexible silicone tungsten composites. *Applied Radiation and Isotopes, 155*, 1-7

Atef, S., El-Nashar, D. E., Ashour, A. H., El-Fiki, S., El-Kameesy, S. U., & Medhat, M. (2020). Effect of gamma irradiation and lead content on the physical and shielding properties of PVC/NBR polymer blends. *Polymer Bulletin, 77*, 5423–5438.

Irfan, M., Aslam, M., & Raza, Z. A. (2023). Gamma irradiation protection via flexible polypyrrole coated bismuth oxide nanocomposites. *Polymer Bulletin, 80*, 791–807.

Kalkornsurapranee, E., Kothan, S., Intom, S., Johns, J., Kaewjaeng, S., Kedkaew, C., Chaiphaksa, W., Sareein, T., & Kaewkhao, J. (2021). *Wearable and flexible radiation shielding natural rubber composites: Effect of different radiation shielding fillers*. Radiation Physics and Chemistry, 179, 1-8.

Sutthisa Konruang, Arnon Srisook, Pornpana Buaphet. Fadeelah Tayeh and Weerawut Naebpetch. (2022). “Preparation of Lead-Free X-Ray Shielding Materials Based on Natural Rubber/Barium Sulfate Composites”. *ASEAN Journal of Science and Technological Reports,* 25(2), 59-66.

Toyen, D., Rittirong, A., Poltabtim, W., & Saenboonruang, K. (2018). “Flexible, lead.free, gamma shielding materials based on natural rubber/metal oxide composites”. Iranian Polymer Journal, 27, 33-41.

Session

วิทยาศาสตร์สุขภาพ

P 15

ผลลัพธ์อาการทางระบบประสาทดีขึ้นในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองตีบเฉียบพลันที่ไม่ได้รับยาละลายลิ่มเลือดทางหลอดเลือดดำ ในโรงพยาบาลตติยภูมิเขตภาคใต้ของประเทศไทย

ซาโรฌา คชฤทธิ์[1] อรเพ็ญ สุขะวัลลิ[2] และจอม สุวรรณโณ[3*]

บทคัดย่อ

โรคหลอดเลือดสมองขาดเลือดเฉียบพลัน เป็นปัญหาทางสาธารณสุขที่สำคัญ โดยเฉพาะในผู้ป่วยที่ไม่สามารถเข้ารับการรักษาด้วยยาละลายลิ่มเลือดได้ การประเมินภาวะอาการทางระบบประสาทที่ดีขึ้น จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการสะท้อนประสิทธิภาพของการดูแลรักษาตามแนวทางมาตรฐานร่วมกับการใช้ยาต้านการแข็งตัวของเลือด การวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลลัพธ์ด้านอาการทางระบบประสาทดีขึ้น ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองขาดเลือดเฉียบพลันที่ไม่ได้รับยาละลายลิ่มเลือด แต่ได้รับการรักษาด้วยยาต้านการแข็งตัวของเลือดและแนวทางมาตรฐาน การวิจัยแบบภาคตัดขวางเชิงสังเกตนี้ ใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากระบบทะเบียนโรคหลอดเลือดสมองของโรงพยาบาล ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของฐานข้อมูลระดับชาติของประเทศไทย การวิจัยดำเนินการตามแนวทาง STROBE โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ป่วยที่มารับการรักษาภายใน 48 ชั่วโมง และเข้ารับการดูแลที่ศูนย์โรคหลอดเลือดสมอง โรงพยาบาลหาดใหญ่ ระหว่างปี พ.ศ. 2561–2565 การประเมินผลลัพธ์ด้านอาการทางระบบประสาทพิจารณาจากคะแนน National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS) เปรียบเทียบระหว่างวันแรกรับกับก่อนจำหน่าย การเปลี่ยนแปลงแบ่งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ดีขึ้นเล็กน้อย ปานกลาง มาก และดีขึ้นอย่างเด่นชัด โดยพิจารณาจากคะแนน NIHSS ที่ลดลงตั้งแต่ 2 จนถึง 10 คะแนน หรือมีคะแนนก่อนจำหน่ายเท่ากับ 0–1 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนาและการทดสอบไคสแควร์เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มย่อยตามลักษณะบุคคลและลักษณะทางคลินิก ผลการวิจัยพบว่า ในผู้ป่วยทั้งหมด 3,191 ราย มีภาวะระบบประสาทดีขึ้น 52.6% และดีขึ้นเด่นชัด 30.8% ส่วนกลุ่มที่มีคะแนน NIHSS แรกรับ ≥ 2 (n = 2,660) พบภาวะระบบประสาทดี 43.8% การวิเคราะห์กลุ่มย่อยพบว่าผู้สูงอายุ ผู้ที่มีคะแนน NIHSS ≥2 เมื่อแรกรับ โรคหลอดเลือดสมองระดับปานกลางถึงรุนแรง ผู้ที่มีโรคร่วมความดันโลหิตสูง เบาหวาน เคยเกิดโรคหลอดเลือดสมอง หรือมีภาวะน้ำตาลในเลือดสูงเมื่อแรกรับ มีแนวโน้มอาการดีขึ้นน้อยกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ สรุปได้ว่า ผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาด้วยยาต้านการแข็งตัวของเลือดและการดูแลตามแนวทางมาตรฐานมีแนวโน้มอาการทางระบบประสาทดีขึ้น โดยเฉพาะในกลุ่มที่มีความรุนแรงของโรคน้อย อย่างไรก็ตาม ผู้สูงอายุและผู้ที่มีโรครุนแรงหรือโรคร่วมควรได้รับการติดตามอย่างใกล้ชิด

คำสำคัญ: ผลลัพธ์ทางคลินิก โรคหลอดเลือดสมอง อาการระบบประสาทดีขึ้น

[1] นักศึกษาหลักสูตรพยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการพยาบาลผู้ใหญ่และผู้สูงอายุ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ นครศรีธรรมราช 80160

[1] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สำนักวิชาพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ นครศรีธรรมราช 80160

[1] รองศาสตราจารย์ สำนักวิชาพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ นครศรีธรรมราช 80160

[1] Graduate Student, Master of Nursing Science Program in Adult and Gerontological Nursing, Walailak University, Nakhon Si Thammarat, 80160

[2] Assistant Professor, School of Nursing, Walailak University, Nakhon Si Thammarat, 80160

[3] Associate Professor, School of Nursing, Walailak University, Nakhon Si Thammarat, 80160

* Corresponding Author: E-mail: jomsuwanno@gmail.com (Tel) 075-67-2101

Neurological Improvement Outcome Among Patient with Acute Ischemic Stroke Who did not Receive Antithrombotic Drugs in Tertiary Care Hospital of Southern Thailand

Sarocha Kotcharit[1], Orapen Sukhavalli[2], and Jom Suwanno[3*]

Abstract

Acute ischemic stroke poses a significant public health burden, especially among patients ineligible for thrombolytic therapy. Evaluating neurological improvement helps assess the effectiveness of standard care combined with antithrombotic treatment. In this study, we examined neurological improvement in patients with acute ischemic stroke who did not receive thrombolytic therapy but were treated with antithrombotic agents and standard care. This observational cross-sectional study used secondary data from the hospital-based stroke registry within Thailand's national stroke database. Conducted per STROBE guidelines, the study included patients who presented within 48 hours and received care at the Stroke Center, Hat Yai Hospital, from 2018–2022. Neurological outcomes were assessed using the National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS) from admission to discharge. Improvement was classified into four levels (i.e., minor, moderate, major, and dramatic) based on NIHSS score reductions (≥2 to ≥10 points) or a discharge score of 0–1. Descriptive statistics and Chi-square tests analyzed subgroup differences by individual and clinical characteristics. Our findings revealed that 52.6% of the total 3,191 patients showed neurological improvement; 30.8% achieved dramatic or near-complete recovery. In those with baseline NIHSS ≥2 (n = 2,660), 43.8% improved. Subgroup analysis revealed significantly lower improvement among older adults, patients with NIHSS ≥2 at baseline, moderate-to-severe stroke, and those with hypertension, diabetes, prior stroke, or hyperglycemia at admission. In conclusion, neurological improvement was evident in patients receiving antithrombotic therapy and standard care, especially among those with milder stroke. However, older adults and those with severe stroke or comorbidities require closer monitoring.

Keywords: clinical outcome, neurological improvement, stroke

บทนำ

โรคหลอดเลือดสมองขาดเลือด (ischemic stroke) เป็นหนึ่งในห้าสาเหตุหลักของการเสียชีวิตและความพิการของประชากรทั่วโลก [1] โดยการสูญเสียปีสุขภาวะของคนไทยจากสาเหตุโรคหลอดเลือดสมองยังคงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น [2] แนวทางปฏิบัติการรักษาผู้ป่วยระยะเฉียบพลันในปัจจุบัน ประกอบด้วยการให้ยาต้านการแข็งตัวของเลือดชนิดรับประทาน การให้ยาละลายลิ่มเลือดทางหลอดเลือดดำ และการใส่สายสวนผ่านหลอดเลือดเพื่อลากหรือดูดลิ่มเลือดออกจากสมอง [3-6] อย่างไรก็ตาม การรักษาด้วยยาต้านการแข็งตัวของเลือดยังคงเป็นแนวทางหลัก เนื่องจากมีข้อจำกัดด้านศักยภาพของโรงพยาบาล หรือข้อบ่งชี้ทางคลินิกของผู้ป่วยที่ไม่สามารถให้การรักษาด้วยวิธีการอื่นได้ [5] เป้าหมายสำคัญของการรักษาผู้ป่วยในระยะเฉียบพลัน เพื่อให้มีภาวะระบบประสาทดีขึ้น (neurological improvement [NI]) เป็นข้อบ่งชี้ทางคลินิกแสดงถึงการฟื้นตัวของระบบประสาท และการทำหน้าที่ของระบบประสาทที่กลับคืนมา [3-6]

ภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้น จึงเป็นผลลัพธ์ทางคลินิกในทางบวกที่สำคัญอย่างจำเพาะกับผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองทุกราย ซึ่งแสดงถึงความสำเร็จในการรักษาผู้ป่วยที่มีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยส่วนใหญ่ในช่วงเวลา 20 ปีที่ผ่านมา ศึกษาผลลัพธ์นี้เฉพาะในผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาด้วยการให้ยาละลายลิ่มเลือด และการลากหรือดูดลิ่มเลือด มีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่รายงานภาวะระบบประสาทดีขึ้นในผู้ป่วยสมองขาดเลือดเฉียบพลัน ที่ไม่ได้รับยาละลายลิ่มเลือด ในทางตรงกันข้าม ภาวะระบบประสาทแย่ลง (neurological deterioration [ND]) ซึ่งเป็นผลลัพธ์ทางคลินิกในทางลบนั้น มีการศึกษาแพร่หลายทั่วโลก [7] รวมทั้งในประเทศไทย [8,9] อนึ่งเนื่องจากมีหลักฐานเชิงประจักษ์จำนวนน้อย จึงยากที่จะระบุผลลัพธ์เชิงปริมาณของภาวะระบบประสาทดีขึ้นในผู้ป่วยที่ไม่ได้รับยาละลายลิ่มเลือด งานวิจัยในประเทศไทยพบว่าผู้ป่วยประมาณหนึ่งในห้าเท่านั้นที่มีภาวะระบบประสาทดีขึ้นใน 3 วันแรก ในขณะที่ผู้ป่วยกลุ่มได้รับยาละลายลิ่มเลือดมีเพียงหนึ่งในสิบรายเท่านั้นที่ไม่มีภาวะระบบประสาทดีขึ้น [10]

การประเมินภาวะระบบประสาทดีขึ้น จะต้องตรวจการทำหน้าที่ของระบบประสาทในด้านต่าง ๆ อย่างครอบคลุมตามแนวทางของ National Institute of Health Stroke Scale หรือ NIHSS แล้วพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของ ณ เวลาที่กำหนดผลลัพธ์เทียบกับเมื่อแรกรับ เช่น หลังจากได้รับการรักษาแล้ว 24 ชั่วโมงแรก หรือก่อนจำหน่าย ค่าคะแนนที่ลดลงจากเดิมแสดงว่ามีภาวะระบบประสาทดีขึ้น แม้ว่าในปัจจุบันยังไม่มีแนวทางสำหรับจำแนกระดับภาวะระบบประสาทดีขึ้น ที่ใช้เฉพาะกับผู้ป่วยที่ไม่รับยาละลายลิ่มเลือด แต่จากการทบทวนความรู้ในผู้ป่วยกลุ่มได้รับยาละลายลิ่มเลือด พบว่ามีการจำแนกเป็น 4 ระดับ ตามปริมาณคะแนน NIHSS ที่ลดลงจากเมื่อแรกรับ (NIHSSณ เวลากำหนดผลลัพธ์ – แรกรับ) ตั้งแต่ -2 ถึง -3 (ดีขึ้นเล็กน้อย) -4 ถึง -8 (ดีขึ้นค่อนข้างมาก) -8 ถึง -9 (ดีขึ้นมาก) และ -10 หรือคะแนนเป็น 0-1 (ดีขึ้นเด่นชัดจนเป็นปกติหรือเกือบปกติ) [11-13]

การประเมินผลลัพธ์ภาวะระบบประสาทดีขึ้น ในผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาด้วยยาต้านการแข็งตัวของเลือด ไม่เพียงแต่แสดงถึงผลลัพธ์ทางคลินิกในทางบวกเท่านั้น ยังเป็นหลักฐานสำคัญสำหรับเปรียบเทียบกับผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาด้วยยาละลายลิ่มเลือดและการลากหรือดูดลิ่มเลือด รวมทั้งช่วยให้ทีมผู้รักษาพิจารณาวางแผนการรักษาพยาบาลเพื่อส่งเสริมให้เกิดภาวะระบบประสาทดีขึ้นที่อย่างรวดเร็วก่อนจำหน่าย เนื่องจากจะส่งผลต่อผลลัพธ์ในทางบวกอื่น ๆ ตามมา [14] โดยเฉพาะการลดอัตราการเสียชีวิตและภาวะความพิการ [12] นอกจากนี้ ยังมีปัจจัยเสี่ยงร่วมหลายประการด้านลักษณะบุคคล และลักษณะคลินิก ที่ทีมผู้รักษาควรคำนึงถึงเนื่องจากส่งผลต่อผลลัพธ์ภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นหรือไม่ดีขึ้นและผลลัพธ์ที่เกิดต่อเนื่อง โดยเฉพาะปัจจัยด้าน อายุ [15 ความรุนแรงของโรคหลอดเลือดสมอง [15] โรคร่วมและปัจจัยเสี่ยง (ความดันโลหิตสูง เบาหวาน เคยเกิดโรคหลอดเลือดสมอง ภาวะไขมันในเลือดสูง ภาวะหัวใจเต้นพลิ้ว การสูบบุหรี่) [14] และภาวะน้ำตาลในเลือดสูงเมื่อแรกรับ [16]

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงศึกษาปริมาณผลลัพธ์ภาวะระบบประสาทดีขึ้นก่อนจำหน่ายออกจากโรงพยาบาล ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองขาดเลือดเฉียบพลัน ที่ไม่ได้รับการรักษาด้วยยาต้านการแข็งตัวของเลือด แต่ได้รับการรักษาด้วยยาต้านเกล็ดเลือดและมาตรฐานการรักษาผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองเฉียบพลัน โดยศึกษาผลลัพธ์โดยรวมและแยกตามระดับ ทั้งในผู้ป่วยกลุ่มรวม และกลุ่มย่อยซึ่งแยกตามความรุนแรงของโรคเมื่อแรกรับ และแยกตามปัจจัยด้านลักษณะบุคคลและลักษณะทางคลินิก

วิธีดำเนินการวิจัย

ใช้วิธีวิทยาการวิจัยเชิงสังเกตตามสภาพการณ์จริง (observational study) ดำเนินการตามแนวทางของ STrengthening the Reporting of OBservational studies in Epidemiology (STROBE) [18] ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ (เลขที่เอกสารรับรอง WUEC-23-248-01) จากใช้ข้อมูลทุติยภูมิที่บันทึกไว้ในระบบข้อมูลมาตรฐานการรักษาผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง ของศูนย์โรคสมอง โรงพยาบาลหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ปี 2561-2565 หน่วยวิจัยนี้เป็น

โรงพยาบาลตติยภูมิที่รับต่อผู้ป่วยในพื้นที่บริการเขต 12 เป็นโรงเรียนแพทย์และศูนย์ฝึกอบรมด้านโรคหลอดเลือดสมอง มีศักยภาพการรักษาโดยครอบคลุมทั้งการให้ยาละลายลิ่มเลือดและการใส่สายสวนผ่านหลอดเลือดเพื่อลากหรือดูดลิ่มเลือดอุดตัน กลุ่มตัวอย่างมีคุณสมบัติ (inclusion criteria) ดังนี้ (1) เป็นผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองขาดเลือดเฉียบพลัน เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลภายในระยะเวลาไม่เกิน 48 ชั่วโมงหลังเกิดอาการ (2) เป็นผู้ป่วยที่เข้ามารักษาโดยตรงหรือส่งต่อมาจากโรงพยาบาลอื่น (3) ไม่ได้รับการรักษาด้วยยาละลายลิ่มเลือด หรือวิธีการลากหรือดูดลิ่มเลือดอุดตัน และ (4) มีคะแนน NIHSS แรกรับและก่อนจำหน่าย กลุ่มตัวอย่างที่คัดออก (exclusion criteria) ได้แก่ โรคสมองขาดเลือดชั่วคราว โรคหลอดเลือดสมองแตก และไม่มีข้อมูล NIHSS

วิธีการรวบรวมข้อมูล ทำโดยดึงข้อมูลจากระบบบันทึกของศูนย์โรคหลอดเลือดสมองให้อยู่ในรูปแบบไฟล์เอกเซล แล้วนำเข้าโปรแกรมวิเคราะห์ SPSS จากนั้นจึงตรวจสอบข้อมูล จากผู้ป่วยทั้งสิ้น 4,054 ราย มีกลุ่มตัวอย่างตามคุณสมบัติจำนวน 3,191 ราย (78.7%) การประเมินผลลัพธ์ พิจารณาจากคะแนน NIHSS ก่อนจำหน่ายเทียบกับเมื่อแรกรับ ($NIHSS_{ก่อนจำหน่าย-แรกรับ}$) หากค่าคะแนนลดลงจากเดิม ≥ 2 หรือคะแนนเป็น 0-1 แสดงว่ามีภาวะระบบประสาทดีขึ้น นอกจากนี้ยังจำแนกผลลัพธ์ออกเป็น 4 ระดับ ตามปริมาณคะแนน NIHSS ที่ลดลงจากเดิม [11-13] ดังนี้ ดีขึ้นเล็กน้อย (ลดลง 2-3 คะแนน) ดีขึ้นค่อนข้างมาก (ลดลง 4-7 คะแนน) ดีขึ้นมาก (ลดลง 8-9 คะแนน) และดีขึ้นอย่างเด่นชัดจนเป็นปกติหรือปกติ (ลดลง ≥ 10 คะแนน หรือคะแนนเป็น 0-1) ผู้ป่วยที่มีค่าคะแนน NIHSS ไม่เป็นไปตามเกณฑ์นี้ แสดงว่าไม่มีภาวะระบบประสาทดีขึ้น ประกอบด้วยอาการคงที่ (เพิ่มขึ้นหรือลดลง < 2 คะแนน หรือไม่เปลี่ยน) กับแย่ลง (เพิ่มขึ้น ≥ 2 คะแนน)

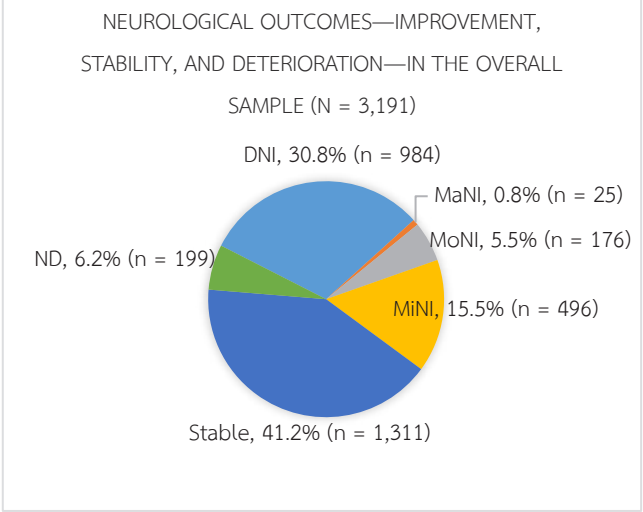
วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าสถิติจำนวนและร้อยละ แสดงปริมาณผลลัพธ์ภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นในผู้ป่วยกลุ่มรวม และแยกกลุ่มย่อยที่มีคะแนน NIHSS แรกรับ 0-1 กับกลุ่มคะแนนแรกรับ ≥ 2 คะแนน นอกจากนี้ยังวิเคราะห์ผลลัพธ์เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่มีลักษณะส่วนบุคคลและลักษณะทางคลินิกที่แตกต่างกัน โดยใช้สถิติทดสอบไคสแควร์แบบ 2 X 2 ($p < 0.05$) อาทิ เทียบระหว่างวัยผู้ใหญ่กับผู้สูงอายุ ผู้ที่มีโรคหลอดเลือดสมองไม่รุนแรงเทียบกับโรคค่อนข้างรุนแรง-รุนแรงที่สุด ผู้ที่มีกับไม่มีโรคร่วม และมีกับไม่มีภาวะน้ำตาลสูงเมื่อแรกรับ เป็นต้น

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

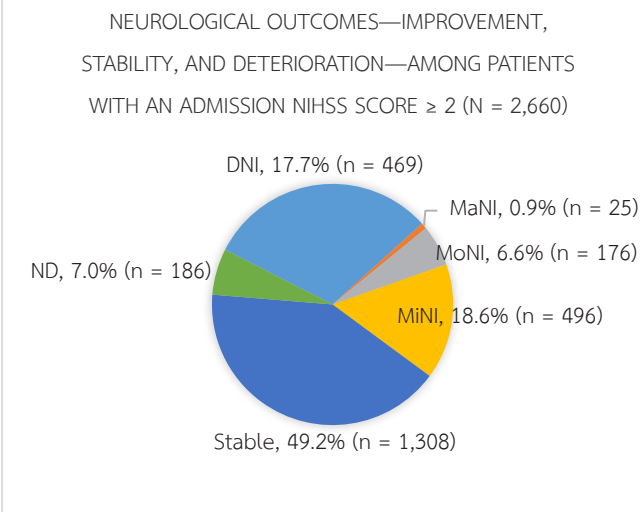
ผลการวิจัยพบว่า จากกลุ่มตัวอย่างรวม 3,191 ราย ประมาณสองในสามเป็นเพศชาย และวัยสูงอายุ (อายุเฉลี่ยประมาณ 63 ปี) ผู้ป่วยส่วนใหญ่มีอาการระบบประสาทเมื่อแรกรับ NIHSS ≥ 2 คะแนน (83.4%) และเกือบครึ่งเป็นโรคเลือดสมองขาดเลือดระดับค่อนข้างรุนแรง-รุนแรงที่สุด (48.4%) โรคร่วมและปัจจัยเสี่ยงที่พบมากสุด ได้แก่ ภาวะไขมันในเลือดสูง 87.0% ความดันโลหิตสูง 86.5% เคยสูบบุหรี่หรือยังสูบอยู่ 50.5% เบาหวาน ร้อยละ 31.9% เคยเป็นโรคหลอดเลือดสมอง 22.8% และภาวะหัวใจเต้นพลิ้ว 4.3% ผลการตรวจทางห้องปฏิบัติการเมื่อแรกรับ พบว่าประมาณสองในห้ามีภาวะน้ำตาลในเลือดสูง (38.5%) และเกือบทุกรายมีภาวะไขมันแอลดีแอลสูง (92.1%) ผู้ป่วยทุกรายได้รับยาต้านการแข็งตัวของเลือด ภายในระยะเวลา 48 ชั่วโมงหลังจากมีอาการ

ผลลัพธ์ภาวะระบบประสาทดีขึ้นในกลุ่มตัวอย่างผู้ป่วยทั้งหมด

กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด (n = 3,191) มีภาวะระบบประสาทดีขึ้น 52.6% โดยร้อยละ 30.0 มีคะแนน NIHSS ก่อนจำหน่ายที่ 0-1 และร้อยละ 22.6 มีคะแนน NIHSS ลดลงจากเมื่อแรกรับ ≥ 2 คะแนน ส่วนผู้ป่วยที่เหลือ (47.7%) มีภาวะระบบประสาทไม่ดีขึ้นตามเกณฑ์จำแนก นอกจากนี้ เมื่อแยกกลุ่มย่อย ในผู้ป่วยที่มีคะแนน NIHSS แรกรับ 0-1 คะแนน (n = 531) มีภาวะระบบประสาทดีขึ้น 97.0% ส่วนกลุ่มคะแนน NIHSS แรกรับ ≥ 2 (n = 2,660) มีภาวะระบบประสาทดีขึ้น 43.8%



ภาพที่ 1 ผลลัพธ์ภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นจำแนกตามระดับในกลุ่มผู้ป่วยทั้งหมด (n = 3,191)



ภาพที่ 2 ผลลัพธ์ภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นจำแนกตามระดับในกลุ่มที่มีคะแนน NIHSS แรกรับ ≥ 2 คะแนน (n = 2,660)

คำย่อ: DNI, dramatic neurological improvement ภาวะระบบประสาทดีขึ้นอย่างเด่นชัด; MaNI, major neurological improvement ภาวะระบบประสาทดีขึ้นมาก; MoNI, moderate neurological improvement ภาวะระบบประสาทดีขึ้นค่อนข้างมาก; MiNI, minor neurological improvement ภาวะระบบประสาทดีขึ้นเล็กน้อย; Stable, neurological stable ภาวะระบบประสาทคงที่; ND, neurological deterioration ภาวะระบบประสาทแย่ลง; NIHSS, National Institutes of Health Stroke Scale คะแนนอาการทางระบบประสาท

ผลลัพธ์ภาวะระบบประสาทดีขึ้นจำแนกตามระดับในผู้ป่วยทั้งหมด

ภาพที่ 1 จากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด (n = 3,191) พบภาวะระบบประสาทดีขึ้นเล็กน้อย 15.5% ดีขึ้นค่อนข้างมาก 5.5% ดีขึ้นมาก 0.8% และดีขึ้นเด่นชัด 30.8% ส่วนที่เหลือ 47.4% มีภาวะระบบประสาทไม่ดีขึ้น (คงที่ 41.2% แย่ลง 6.2%)

ผลลัพธ์ภาวะระบบประสาทดีขึ้นจำแนกตามระดับในผู้ป่วยที่มีคะแนน NIHSS แรกรับ ≥ 2 คะแนน

ภาพที่ 2 เฉพาะผู้ป่วยที่มีคะแนน NIHSS เมื่อแรกรับ ≥ 2 คะแนน (n = 2,660) พบภาวะระบบประสาทดีขึ้นเล็กน้อย 18.6% ดีขึ้นค่อนข้างมาก 6.6% ดีขึ้นมาก 0.9% และดีขึ้นเด่นชัด 17.7% ส่วนที่เหลือ 56.2% มีภาวะระบบประสาทไม่ดีขึ้น (คงที่ 49.2% แย่ลง 7.0%)

ผลลัพธ์ภาวะระบบประสาทดีขึ้นโดยเปรียบเทียบตามลักษณบุคคลและลักษณะทางคลินิก

จากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด (ตารางที่ 1) พบปริมาณผลลัพธ์แตกต่างกันตามลักษณะส่วนบุคคล และลักษณะทางคลินิก โดยมีแบบแผนความแตกต่างคงที่ ไม่ว่าจะแยกตามกลุ่มภาวะระบบประสาทดีขึ้นเล็กน้อยจนถึงระดับปกติหรือเกือบปกติ (ผลลัพธ์ 1 MiNI-DNI) กลุ่มที่ดีขึ้นค่อนข้างมากจนถึงระดับเด่นชัด (ผลลัพธ์ 2 MoNI-DNI) และกลุ่มที่ดีขึ้นมากจนถึงดีอย่างเด่นชัด (ผลลัพธ์ 3 MaNI-DNI) เมื่อเทียบกับกลุ่มภาวะระบบประสาทไม่ดีขึ้น (n = 1,510) พบว่า ผลลัพธ์ภาวะระบบประสาทมีปริมาณลดลงในผู้สูงอายุ ผู้ที่มีคะแนน NIHSS แรกรับ ≥ 2 คะแนน โรคหลอดเลือดสมองค่อนข้างรุนแรง-รุนแรงที่สุด มีโรคร่วมความดันโลหิตสูง เบาหวาน และมีภาวะน้ำตาลในเลือดสูงเมื่อแรกรับ นอกจากนี้ ผู้ป่วยที่เคยเกิดโรคหลอดเลือดสมอง มีผลลัพธ์ 3 เป็นจำนวนลดลงเมื่อเทียบกับผู้ป่วยรายใหม่ ทั้งนี้ผู้ป่วยที่มีปัจจัยอื่น ๆ ที่แตกต่างกัน ได้แก่ เพศ โรคร่วม (ภาวะหัวใจเต้นพลิ้ว ภาวะไขมันในเลือดสูง การสูบบุหรี่) และไขมันแอลดีแอลเมื่อแรกรับ มีผลลัพธ์ทั้งด้านที่ 1-3 ไม่แตกต่างกัน

อภิปรายผล

ผู้วิจัยศึกษาผลลัพธ์ภาวะระบบประสาทดีขึ้น ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองขาดเลือดเฉียบพลัน และไม่ได้รับการรักษาด้วยยาละลายลิ่มเลือด แต่ได้รับยาต้านการแข็งตัวของเลือดชนิดรับประทาน ตามแนวทางการรักษาผู้ป่วยในระยะเฉียบพลันหรือกึ่งเฉียบพลัน จำแนกผลลัพธ์ออกเป็น 4 ระดับ ตั้งแต่ดีขึ้นเล็กน้อย ค่อนข้างมาก มาก และดีขึ้นชัดเจน โดย

ผู้ป่วยมากกว่าครึ่ง มีภาวะระบบประสาทดีขึ้นในระดับต่าง ๆ และประมาณหนึ่งในสามสามารถฟื้นตัวได้จนถึงระดับปกติหรือเกือบปกติ นอกจากนี้ยังพบว่า ปริมาณผลลัพธ์มีความแตกต่างกันตามปัจจัยด้านลักษณะบุคคลและลักษณะทางคลินิก

ผลการวิจัย สะท้อนถึงความสำเร็จของรักษาพยาบาลผู้ป่วยในบริบทการปฏิบัติจริง (real-world practice) โดยป่วยทุกรายได้รับการวินิจฉัย และรักษาด้วยยาต้านการแข็งตัวของเลือดชนิดรับประทานภายในระยะเวลา 48 ชั่วโมง เป็นไปตามแนวทางปฏิบัติมาตรฐาน ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนกระบวนการฟื้นตัวของระบบประสาท ช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดภาวะแทรกซ้อนต่อสมอง และส่งเสริมการฟื้นตัวของระบบประสาท ผ่านกลไกกระบวนการต้านการอักเสบ [4] การวิจัยนี้ ยังวิเคราะห์เชิงลึกในกลุ่มย่อยตามคะแนน NIHSS แรกรับ ช่วยเพิ่มความเข้าใจเกี่ยวกับผลลัพธ์ได้อย่างชัดเจนขึ้น โดยในกลุ่มที่มีคะแนนเท่ากับ 0-1 ซึ่งบ่งชี้ถึงภาวะทางระบบประสาทที่ปกติหรือเกือบปกติแล้ว พบว่าเกือบทุกราย (97%) ยังคงรักษาผลลัพธ์ทางระบบประสาทไว้ได้จนกระทั่งจำหน่าย ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยอื่นที่พบว่า ผู้ป่วยที่มีคะแนนอาการระบบประสาทต่ำหรือโรคหลอดเลือดสมองไม่รุนแรง มีแนวโน้มการฟื้นตัวทางคลินิกได้ดีในระยะเฉียบพลัน รวมถึงในระยะยาวหลังจากจำหน่ายออกจากโรงพยาบาล [15]

ในทางตรงกันข้าม กลุ่มที่มีคะแนน NIHSS แรกรับ ≥ 2 คะแนน ซึ่งบ่งชี้ถึงความความผิดปกติทางระบบประสาทระดับเล็กน้อยจนถึงรุนแรงมาก พบว่าประมาณสองในห้า มีภาวะระบบประสาทดีขึ้นในระดับต่าง ๆ แม้ว่าปริมาณผลลัพธ์จะต่ำกว่ากลุ่มแรก แต่ผลลัพธ์นี้ยังคงสะท้อนถึงศักยภาพของการฟื้นตัวบางส่วน ภายใต้การดูแลอย่างเหมาะสมตั้งแต่ในระยะแรก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการรักษาพยาบาลอย่างรวดเร็ว ครบถ้วนและเป็นไปตามแนวทางมาตรฐาน [4] ดังนั้น ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นนี้ จึงไม่ใช่แค่จากกระบวนการฟื้นตัวตามธรรมชาติ เท่านั้น แต่สะท้อนถึงประสิทธิภาพของระบบการรักษาพยาบาล ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการจำกัดความเสียหายของสมอง เพิ่มโอกาสของการเกิดกระบวนการฟื้นตัวทางระบบประสาท (neuroplasticity) และส่งเสริมผลลัพธ์ทางคลินิกที่ดีในระยะเฉียบพลัน สอดคล้องกับงานวิจัยที่ชี้ให้เห็นว่าการดูรักษาอย่างทันท่วงทีและเหมาะสมในระยะแรก สามารถลดความรุนแรงของภาวะแทรกซ้อนและเพิ่มโอกาสการฟื้นตัวอย่างมีนัยสำคัญ [19]

อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์เพิ่มมเติมในงานวิจัยนี้ยังแสดงให้เห็นว่าผลลัพธ์ภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นในระดับต่าง ๆ มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญในกลุ่มผู้ป่วยที่มีปัจจัยเสี่ยงส่วนบุคคล และปัจจัยเสี่ยงทางคลินิกหลายประการ ได้แก่ ผู้สูงอายุ ผู้ที่มีโรคหลอดเลือดสมองรุนแรง มีโรคร่วมความดันโลหิตสูง เบาหวาน เคยเกิดโรคหลอดเลือดสมองแล้ว และมีภาวะน้ำตาลในเลือดสูงเมื่อแรกรับ หลักฐานความรู้ปัจจุบันยืนยันว่า ภาวะน้ำตาลในเลือดสูงเมื่อแรกรับ มีกลไกสำคัญในการกระตุ้นอนุมูลอิสระที่ยิ่งเพิ่มความเสียหายแก่เนื้อเยื่อสมอง [16] ในขณะที่ผู้สูงอายุและผู้ที่มีโรคร่วม โดยเฉพาะกลุ่มโรคหัวใจและหลอดเลือด ซึ่งเป็นทั้งปัจจัยเสี่ยงหลักของการเกิดโรคหลอดเลือดสมอง มีแนวโน้มจะเผชิญกับภาวะเสื่อมสมรรถภาพของระบบประสาทที่มากขึ้นและความสามารถในการฟื้นตัวที่ลดลง เนื่องจากความสามารถในการซ่อมสร้างลดลงตามอายุ โรคร่วมและภาวะสุขภาพโดยรวม [15] ข้อค้นพบจากการวิจัยนี้ สอดล้องกับรายงานวิจัยอื่น ๆ ที่พบว่าปัจจัยเหล่านี้ เป็นตัวทำนายที่สำคัญของผลลัพธ์ทางคลินิกในเชิงลบและการฟื้นตัวที่ช้าหรือไม่สมบูรณ์ [20]

ตารางที่ 1 ผลลัพธ์ภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นในกลุ่มตัวอย่างผู้ป่วยทั้งหมด โดยการจำแนกตามลักษณะส่วนบุคคลและลักษณะทางคลินิก

ผลลัพธ์จำแนกตามลักษณะส่วนบุคคลและลักษณะทางคลินิก	ผลลัพธ์ 1 (n = 3,191; MiNI-DNI = 1,681) ภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นเล็กน้อยจนถึงเด่นชัด เทียบกับภาวะอาการระบบประสาทไม่ดีขึ้น			ผลลัพธ์ 2 (n = 2,695; MoNI-DNI = 1,185) ภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นค่อนข้างมากจนถึงเด่นชัด เทียบกับภาวะอาการระบบประสาทไม่ดีขึ้น			ผลลัพธ์ 3 (n = 2,518; MaNi-DNI = 1,009) ภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นมาก จนถึงเด่นชัด เทียบกับภาวะอาการระบบประสาทไม่ดีขึ้น		
	MiNI-DNI	No NI	χ^2	MoNI-DNI	No NI	χ^2	MaNI-DNI	No NI	χ^2
	n (%)	n (%)		n (%)	n (%)		n (%)	n (%)	
อายุ			10.91**			18.21***			26.46***
< 60 ปี	737 (43.8)	575 (38.1)		548 (46.2)	575 (38.1)		488 (48.4)	575 (38.1)	
≥ 60 ปี	944 (56.2)	935 (61.9)		637 (53.8)	953 (61.9)		520 (51.6)	935 (61.9)	
คะแนน NIHSS แรกรับ			501.65***			754.46***			908.23***
NIHSS เท่ากับ 1 หรือ 0	515 (30.6)	16 (1.1)		515 (43.5)	16 (1.1)		515 (51.0)	16 (1.1)	
NIHSS ≥ 2 คะแนน	1,166 (69.4)	1,494 (98.9)		670 (56.5)	1,494 (98.9)		494 (49.0)	1,494 (98.9)	
ความรุนแรงของโรคหลอดเลือดสมอง			87.56***			272.80***			508.41***
ไม่รุนแรง	999 (59.4)	647 (42.8)		884 (74.6)	647 (42.8)		884 (87.6)	647 (42.8)	
ค่อนข้างรุนแรง-รุนแรงที่สุด	682 (40.6)	863 (57.2)		301 (25.4)	863 (57.2)		125 (12.4)	863 (57.2)	
โรคหลอดเลือดสมอง			0.007			1.69			4.45*
เป็นครั้งแรก	1299 (77.3)	1165 (77.2)		939 (79.2)	1165 (77.2)		814 (80.7)	1,165 (77.2)	
เคยเป็นโรคหลอดเลือดสมอง	382 (22.7)	345 (22.8)		246 (20.8)	345 (22.8)		195 (19.3)	345 (22.8)	
โรคความดันโลหิตสูง			13.90***			21.22***			24.15***
ไม่เป็น	263 (15.6)	168 (11.1)		205 (17.3)	168 (11.1)		182 (18.0)	168 (11.1)	
เป็นโรคความดันโลหิตสูง	1,418 (84.4)	1,342 (88.9)		980 (82.7)	1,342 (88.9)		827 (38.1)	1,342 (88.9)	
โรคเบาหวาน			12.67***			21.14***			24.67***
ไม่เป็น	1191 (70.9)	981 (65.0)		868 (73.2)	981 (65.0)		750 (74.3)	981 (65.0)	
เป็นโรคเบาหวาน	490 (29.1)	529 (35.0)		317 (26.8)	529 (35.0)		259 (25.7)	529 (35.0)	
ระดับน้ำตาลในเลือดเมื่อแรกรับ	(n = 2,993)		4.80*	(n = 2,544)		12.51***	(n = 2,382)		15.03***
ไม่สูง (< 130 มก.ดล)	952 (61.0)	818 (57.1)		707 (64.0)	821 (57.1)		613 (65.0)	821 (57.1)	
มีภาวะน้ำตาลสูง (≥ 130 มก.ดล)	608 (39.0)	615 (42.9)		398 (39.2)	618 (60.8)		330 (35.0)	618 (42.9)	
ระดับไขมันแอลดีแอลเมื่อแรกรับ						1.73			2.02
ไม่สูง (< 70 มก.ดล)	128 (7.6)	125 (8.3)		82 (6.9)	125 (8.3)		68 (6.7)	125 (8.3)	
มีภาวะแอลดีแอลสูง (≥ 70 มก.ดล)	1,553 (92.4)	1,385 (91.7)		1,103 (93.1)	1,385 (91.7)		941 (93.3)	1,385 (91.7)	

ค่านัยสำคัญทางสถิติ*** p < 0.001, ** p < 0.01, * p <

เนื่องจากในปัจจุบันยังไม่มีเกณฑ์จำเพาะที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง สำหรับใช้ประเมินภาวะระบบประสาทดีขึ้นและการจำแนกระดับการฟื้นตัว ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองขาดเลือดเฉียบพลัน ที่ไม่ได้รับยาละลายลิ่มเลือด งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้นิยามการจำแนกระดับของผลลัพธ์ภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้น ที่อ้างอิงจากเกณฑ์การประเมินในกลุ่มผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาด้วยยาละลายลิ่มเลือด ซึ่งเป็นแนวทางที่มีการใช้อย่างแพร่หลายในงานวิจัยระดับสากล อาทิกำหนดจุดตัดคะแนนอาการระบบประสาท หรือ NIHSS ที่ลดลงจากแรกรับตั้งแต่ 2 จนถึง 10 คะแนน หรือคะแนนเป็น 0-1 สำหรับจำแนกภาวะระบบประสาทดีขึ้นในแต่ละระดับ [11-13] การอ้างอิงแนวทางดังกล่าวช่วยให้สามารถประเมินและเปรียบเทียบผลลัพธ์กับกลุ่มที่ได้รับยาละลายลิ่มเลือดได้ในระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยในกลุ่มผู้ป่วยของการศึกษานี้พบว่าหนึ่งในสามมีภาวะระบบประสาทดีขึ้นมากจนถึงปกติหรือเกือบปกติ ซึ่งน้อยกว่าในผู้ป่วยของโครงการวิจัยที่ริเริ่มนำยาละลายลิ่มเลือดมาใช้ อาทิ National Institute of Neurological Disorders and Stroke (NINDS) recombinant tPA Stroke Study หรือ NINDS rt-PA Stroke Trial [21] และ European Cooperative Acute Stroke Study III หรือ ECASS III [22] ซึ่งรายงานผลลัพธ์ที่ประมาณ 40-50% อย่างไรก็ตาม ในการวิจัยนี้ที่พบว่ามีผู้ป่วยอย่างน้อยสองในสามที่สามารถฟื้นตัวได้ในระดับต่าง ๆ แม้ไม่ได้รับยาละลายลิ่มเลือด สะท้อนถึงความสำคัญของการดูแลรักษาแบบบูรณาการที่มีประสิทธิภาพ และการดูแลจากทีมสหสาขาวิชาชีพผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งสามารถส่งเสริมผลลัพธ์ทางบวกในผู้ป่วยที่ไม่สามารถเข้าถึงการรักษาด้วยยาละลายลิ่มเลือด

แม้การวิจัยนี้จะดำเนินการภายใต้ข้อจำกัดของการไม่มีเกณฑ์จำเพาะ สำหรับใช้ในผู้ป่วยที่ไม่ได้รับยาละลายลิ่มเลือด แต่ผู้วิจัยเห็นว่า การอ้างอิงแนวทางการจำแนกผลลัพธ์ดังกล่าวข้างต้นนั้น มีความสมเหตุสมผลภายใต้บริบทของการวิจัยและการปฏิบัติจริงในปัจจุบัน แนวทางนี้ไม่เพียงช่วยให้สามารถเปรียบเทียบกับหลักฐานเชิงประจักษ์ระดับสากลเท่านั้น แต่ยังเป็นจุดเริ่มต้นที่สำคัญในการพัฒนาเกณฑ์เฉพาะสำหรับกลุ่มผู้ป่วยที่ไม่ได้รับยาละลายลิ่มเลือดอย่างเป็นระบบในอนาคต ข้อค้นพบจากการวิจัยนี้จึงมีความสำคัญในฐานะข้อมูลพื้นฐาน ที่ช่วยสะท้อนสถานการณ์จริงของการฟื้นตัวทางระบบประสาทในผู้ป่วยกลุ่มนี้ เนื่องจากเป็นข้อมูลที่ได้มาจากระบบบันทึกเวชระเบียนของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองตามมาตรฐานของประเทศไทย ทำให้ผลลัพธ์ของการศึกษาอยู่บนพื้นฐานของบริบทจริง ดังนั้น ข้อค้นพบนี้น่าจะสามารถประยุกต์ใช้เป็นเกณฑ์อ้างอิงสำหรับการประเมินผลลัพธ์ในคลินิก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในหน่วยบริการที่ยังไม่สามารถให้การรักษาด้วยยาละลายลิ่มเลือด รวมทั้งเป็นแนวทางการพัฒนาคุณภาพและผลลัพธ์บริการผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองเฉียบพลันต่อไป

สรุปผลการวิจัย

ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองขาดเลือดเฉียบพลัน จำนวนเกินกว่าครึ่ง มีผลลัพธ์ภาวะระบบประสาทดีขึ้นตั้งแต่ระดับเล็กน้อยจนถึงระดับปกติหรือเกือบปกติ โดยผู้ป่วยประมาณหนึ่งในสาม มีภาวะระบบประสาทดีระดับปกติหรือเกือบปกติ นอกนี้ผลลัพธ์ภาวะระบบประสาทดีขึ้น มีจำนวนแตกต่างกันตามลักษณะส่วนบุคคลและลักษณะทางคลินิก ทั้งนี้พบปริมาณผลลัพธ์ลดลงในผู้ป่วยสูงอายุ ผู้ที่มีคะแนนอาการระบบประสาทเมื่อแรกรับตั้งแต่ 2 คะแนน โรคหลอดเลือดสมองระดับค่อนข้างรุนแรง-รุนแรงที่สุด มีโรคร่วมความดันโลหิตสูง เบาหวาน เคยเกิดโรคหลอดเลือดสมองมาแล้ว และมีภาวะน้ำตาลในเลือดสูงเมื่อแรกรับ

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ปุญญพัฒน์ ไชยเมล์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชิดชนก มยูรภักดิ์ ผู้ให้ข้อแนะนำในการออกแบบวิจัย การดำเนินการวิจัย และปรับปรุงการเขียนรายงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] GBD 2019 Stroke Collaborators. (2021). Global, regional, and national burden of stroke and its risk factors, 1990–2019: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *Lancet Neurology*, *20*(10), 795–820.

[2] Burden of Disease Thailand, International Health Policy Program. (2023). *Disability-adjusted life years (DALYs) in Thailand 2019*. Nonthaburi: Burden of Disease Thailand.

[3] Berge, E., Whiteley, W., Audebert, H., De Marchis, G. M., Fonseca, A. C., Padiglioni, C.,...Turc, G. (2021). European Stroke Organisation (ESO) guidelines on intravenous thrombolysis for acute ischaemic stroke. *European Stroke Journal*, *6*(1), I–LXII.

[4] Powers, W. J., Rabinstein, A. A., Ackerson, T., Adeoye, O. M., Bambakidis, N. C., Becker, K.,...Tirschwell, D. L. (2019). Guidelines for the early management of patients with aute ischemic stroke: 2019 update to the 2018 guidelines for the early management of acute ischemic stroke: A guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*, *50*(12), e344–e418.

[5] Tantirittisak, T., & Thiraworawong, T., (Editors). (2019). Clinical practice guidelines for ischemic stroke. BKK: Neurological of Thailand.

[6] Turc, G., Bhogal, P., Fischer, U., Khatri, P., Lobotesis, K., Mazighi, M.,...Fiehler, J. (2023). European Stroke Organisation (ESO) - European Society for Minimally Invasive Neurological Therapy (ESMINT) guidelines on mechanical thrombectomy in acute ischemic stroke. *Journal of Neurointerventional Surgery*, *15*(8), e8.

[7] Shi, H. X., Li, C., Zhang, Y. Q., Li, X., Liu, A. F., Liu, Y. E.,...Lv, J. (2023). Predictors of early neurological deterioration occurring within 24h in acute ischemic stroke following reperfusion therapy: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Integrative Neuroscience*, *22*(2), 52.

[8] Amornpojnimman, T., Intusoma, U., Sanghan, N., Kaewborisutsakul, A., & Sathirapanya, P. (2022). Predictors of neurological deterioration during admission for patients with cerebellar strokes. *Journal of Health Science and Medical Research*, *40*(2), 117-128.

[9] Pensri, L., & Naksri, S. (2021). Association of stroke severity and early neurological deterioration in patients with acute ischemic stroke. *Thai Journal of Cardio-Thoracic Nursing*, *32*(2), 146-160.

[10] Sukhavulli, O., Sindhu, S., Pinyopassakul, W., & Viwatwongkasem. C. (2019). Factors influencing early neurological recovery in patients with acute ischemic stroke. *Walailak Journal of Science and Technology, 16*(12), 931-941.

[11] Kotlega D, Meller A, Gołab-Janowska M, Pawlukowska W, & Nowacki P. (2019). The early outcome of thrombolytic treatment in ischaemic stroke patients: A retrospective analysis**.** *Medical Studies/Studia Medyczne*, *35*(1): 16-22.

[12] Lai, Y., Diana, F., Mofatteh, M., Nguyen, T. N., Jou, E., Zhou, S.,...Chen, Y. (2023). Predictors of failure of early neurological improvement in early time window following endovascular thrombectomy: A multi-center study. *Frontiers in Neurology*, *14*, 1227825.

[13] Seok, J., Lee, J. S., Jeong, K. Y., & Lee, C. M. (2017). Association between systolic blood pressure after thrombolysis and early neurological improvement in ischaemic stroke patients. *Hong Kong Journal of Emergency Medicine*, *24*(3), 138-144.

[14] Kobeissi, H., Ghozy, S., Bilgin, C., Kadirvel, R., & Kallmes, D. F. (2023). Early neurological improvement as a predictor of outcomes after endovascular thrombectomy for stroke: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Neurointerventional Surgery*, *15*(6), 547–551.

[15] Zhao, H., Xu, O., Chen, P., Guo, X., & Wu, G. (2025). Late neurological improvement during hospitalization is a predicative factor for acute ischemic stroke. *European Journal of Medical Research, 30*(2025), 324.

[16] Weyland, C. S., Mokli, Y., Vey, J. A., Kieser, M., Herweh, C., Schönenberger, S.,...Nagel, S. (2021). Predictors for failure of early neurological improvement after successful thrombectomy in the anterior circulation. *Stroke*, *52*(4), 1291–1298.

[18] Vandenbroucke, J. P., von Elm, E., Altman, D. G., Gøtzsche, P. C., Mulrow, C. D., Pocock, S. J.,...STROBE Initiative (2007). Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE): Explanation and elaboration. *Epidemiology (Cambridge, Mass.)*, *18*(6), 805–835.

[19] Gomez, C. R. (2018). Time is brain: The stroke theory of relativity. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases, 27*(8), 2214–2227.

[20] Downer, M. B., Li, L., Carter, S., Beebe, S., & Rothwell, P. M. (2023). Associations of multimorbidity with stroke severity, subtype, premorbid disability, and early mortality: Oxford Vascular Study. *Neurology*, *101*(6), e645–e652.

[21] Re-examining Acute Eligibility for Thrombolysis (TREAT) Task Force:, Levine, S. R., Khatri, P., Broderick, J. P., Grotta, J. C., Kasner, S. E., Kim, D.,...NINDS rt-PA Stroke Trial Investigators (2013). Review, historical context, and clarifications of the NINDS rt-PA stroke trials exclusion criteria: Part 1: Rapidly improving stroke symptoms. *Stroke*, *44*(9), 2500–2505.

[22] de Los Ríos la Rosa, F., Khoury, J., Kissela, B. M., Flaherty, M. L., Alwell, K., Moomaw, C. J.,...Kleindorfer, D. O. (2012). Eligibility for intravenous recombinant tissue-type plasminogen activator within a population: The effect of the European Cooperative Acute Stroke Study (ECASS) III Trial. *Stroke*, *43*(6), 1591–1595.

P 16

ผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อนหลังการเรียนรู้แบบเชิงรุกในรายวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม กลุ่มนิสิตอาชีวอนามัยและความปลอดภัย ปี 2 ประจำปีการศึกษา 1/2567 มหาวิทยาลัยทักษิณ

โสมศิริ เดชารัตน์[1]*

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (semi-experimental research) มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนหลังการเรียนรู้แบบเชิงรุก 2) เพื่อเปรียบเทียบคะแนนรวมของผลลัพธ์การเรียนรู้ของรายวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม ระหว่างปีการศึกษา 1/2566 และ ปีการศึกษา 1/2567 และ 3) เพื่อประเมินความรู้ความเข้าใจก่อนหลังการเรียนรู้แบบเชิงรุก กลุ่มนิสิตอาชีวอนามัยและความปลอดภัย ปี 2 ประจำปีการศึกษา 1/2567 ระยะเวลาที่ทำการศึกษาคือ 16 พฤษภาคม 2567 – 31 ตุลาคม 2567 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คัดเลือกแบบเจาะจง ได้แก่ นิสิตชั้นปีที่ 2 ปีการศึกษา 1/2567 หลักสูตรอาชีวอนามัยและความปลอดภัย มหาวิทยาลัยทักษิณ จำนวน 49 คน ที่ลงเรียนรายวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม สถิติที่ใช้ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและสถิติ t-test ผลการศึกษาพบว่า ค่าคะแนนหลังการเรียนรู้แบบเชิงรุก (ค่าเฉลี่ย 9.23, SD 0.53) เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับค่าคะแนนก่อนการเรียนรู้แบบเชิงรุก (ค่าเฉลี่ย 6.79, SD 0.56) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ผลการเปรียบเทียบคะแนนรวมของผลลัพธ์การเรียนรู้ของรายวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม พบว่าค่าคะแนน ปีการศึกษา 1/2567 เพิ่มขึ้น (ค่าเฉลี่ย 81.22, SD 11.09) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าคะแนน ปีการศึกษา 1/2566 (ค่าเฉลี่ย 77.55, SD 10.37) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ผลการประเมินความรู้ความเข้าใจ หลังการเรียนรู้แบบเชิงรุก เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับผลการประเมินความรู้ความเข้าใจ ก่อนการเรียนรู้แบบเชิงรุก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

คำสำคัญ : สอนเชิงรุก อนามัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยทักษิณ

รศ.ดร., คณะวิทยาการสุขภาพและการกีฬา มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง 93210 สังกัด จังหวัด รหัสไปรษณีย์

[1] Assoc. Dr., Faculty of Health and Sports Science, Thaksin University, Phatthalung Campus

* Corresponding Author: E-mail: Somsiri_9@hotmail.com, 099-3646660

Results of Comparison of Before and After Active Learning in Environmental Health Course Occupational Health and Safety Student Group Year 2 Academic Year 1/2024, Thaksin University

Somsiri Decharat[1]*

Abstract

This study is a semi-experimental research study. The objectives were: (1) to compare pre- and post-learning scores following active learning, (2) to compare the overall learning outcomes in the Environmental Health course between the 2023 and 2024 academic years; and (3) to assess students' understanding before and after participating in active learning during the first semester of 2024. The study was conducted between May 16 and October 31, 2024. The sample was selected using purposive sampling and consisted of 49 second-year students enrolled in the Occupational Health and Safety program at Thaksin University who registered for the Environmental Health course. Descriptive statistics, such as percentages, mean, and standard deviation, were used, along with inferential statistics, including the t-test. The results showed that the post-learning mean score (Mean = 9.23, SD = 0.53) was significantly higher than the pre-learning mean score (Mean = 6.79, SD = 0.56) ($p < 0.05$). The comparison of overall learning outcome scores in the Environmental Health course between the 2023 and 2024 academic years indicated a statistically significant increase in the 2024 academic year (Mean = 81.22, SD = 11.09) compared to the 2023 academic year (Mean = 77.55, SD = 10.37) ($p < 0.05$). Furthermore, students' understanding after participating in active learning significantly improved compared to their understanding before the intervention ($p < 0.05$).

Keywords: Active Teaching/Environmental Health/Thaksin University

บทนำ

การเรียนรู้แบบมีส่วนร่วมถือเป็นแนวทางสำคัญที่ช่วยยกระดับคุณภาพการศึกษาในยุคปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริบทของการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (Saavedra A, 2012) ซึ่งมุ่งหวังให้ผู้เรียนมีบทบาทในการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้ลักษณะนี้มีข้อดีหลายประการที่ส่งผลต่อพัฒนาการทั้งด้านความคิดและทักษะชีวิตของผู้เรียน วิจารณ์ พานิช (2559) กล่าวว่า ทักษะที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 คือ ทักษะแรงบันดาลใจ ทักษะการเรียนรู้ และคุณสมบัติความเป็นมนุษย์ ซึ่งการเป็นคนดีมีน้ำใจสำคัญกว่าสาระวิชา เด็กต้องได้เรียนสาระวิชาและได้ทักษะ 3 กลุ่ม คือทักษะชีวิตและการทำงาน ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม และทักษะทางเทคโนโลยีสารสนเทศ สื่อและเทคโนโลยี องค์ประกอบสำคัญของการเรียนรู้สามารถแบ่งได้ 3 ประการ ดังนี้ 1) การเรียนรู้เป็นกระบวนการไม่ใช่ผล แต่ตรวจสอบว่าเกิดการเรียนรู้ได้โดยดูที่ผลหรือสมรรถนะ 2) การเรียนรู้เกี่ยวข้องการการเปลี่ยนแปลงความรู้ ความเชื่อ พฤติกรรมหรือเจตคติ และมีผลระยะยาวต่อการคิด และพฤติกรรมของนักเรียน 3) การเรียนรู้ไม่ใช้สิ่งที่ให้แก่ผู้เรียน แต่เป็นสิ่งที่ผู้เรียนลงมือท าให้แก่ตนเอง เป็นผลโดยตรงจากสิ่งที่ นักเรียนตีความ และตอบสนองต่อประสบการณ์ของตนเอง ทั้งที่รู้ตัวและไม่รู้ตัว ทั้งในอดีตและปัจจุบัน (วิจารณ์ พานิช, 2559) การจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) ที่มีการเรียนที่เน้นให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับการเรียนการสอน กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดขั้นสูง จึงเป็นวิธีการหนึ่งที่น่าสนใจ มีงานวิจัยที่รายงานว่าการจัดการเรียนรู้เชิงรุก ทำให้นักศึกษามีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เช่น การเรียนการสอนสิ่งแวดล้อมศึกษาแบบบูรณาการ โดยใช้ชุมชนเป็นฐานและการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ (Ongon S, 2564; Kaeongam S , 2565) การเรียนวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อมมีความจำเป็นอย่างยิ่งในยุคปัจจุบัน เนื่องจากปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมมีผลกระทบโดยตรงต่อสุขภาพของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ดังนั้น การเรียนรู้เกี่ยวกับอนามัยสิ่งแวดล้อมจะช่วยให้เราทราบถึงวิธีการป้องกันและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากมลพิษ โดยมีผลลัพธ์การเรียนรู้ดังนี้คือ นิสิตอธิบายความหมาย องค์กรที่เกี่ยวข้อง แนวคิดงานอนามัยสิ่งแวดล้อม ความรู้พื้นฐานสุขภาพ สิ่งแวดล้อมและการพัฒนาที่ยั่งยืนได้ อีกทั้งสามารถอธิบาย วิเคราะห์ผลกระทบ และวิธีการจัดการปัญหาด้านสุขาภิบาลที่พักอาศัย การควบคุมแมลง สัตว์นำโรคและสัตว์กัดแทะ การสุขาภิบาลอาหาร วิธีการจัดการปัญหาด้านการควบคุมดูแลปัญหามลพิษ สิ่งแวดล้อมทางน้ำ อากาศ การจัดหาน้ำดื่มเพื่อการอุปโภคและบริโภค การจัดการปัญหาด้านการจัดการมูลฝอยอันตรายและมูลฝอยติดเชื้อ วางแผนการจัดการสิ่งแวดล้อม การจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อมในภาวะเกิดภัยพิบัติ และสามารถอธิบายกฎหมายและมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับงานด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมได้ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ทดลองจัดการเรียนการสอนเชิงรุกที่มีรูปแบบการเรียนการสอนที่หลากหลาย เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้และความเข้าใจในการเรียนวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อมรวมทั้งเกิดการกระตุ้นการเรียนรู้ที่ต่อเนื่องและ เกิดการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงกับสถานการณ์จริงหรือปัญหาที่พบในชีวิตประจำวันช่วยให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในโลกจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi - Experimental Research) ดำเนินการการตามแบบแผนการวิจัย One Group Pretest - Posttest Design ในนิสิตชั้นปีที่ 2 ปีการศึกษา 1/2567 หลักสูตรอาชีวอนามัยและความปลอดภัย มหาวิทยาลัยทักษิณ

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากร ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ของนิสิตชั้นปีที่ 2 ปีการศึกษา 1/2567 หลักสูตรอาชีวอนามัยและความปลอดภัย มหาวิทยาลัยทักษิณ จำนวน 49 คน

กลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นิสิตชั้นปีที่ 2 ปีการศึกษา 1/2567 หลักสูตรอาชีวอนามัยและความปลอดภัย มหาวิทยาลัยทักษิณ จำนวน 49 คน

ตัวแปรที่ศึกษา

1.1 ตัวแปรต้น(Independent Variables) ได้แก่กระบวนการเรียนด้วยด้วยกระบวนการสอนที่ส่งเสริมการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วมและส่งเสริมความสร้างสรรค์

1.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variables) ได้แก่ 1) ผลคะแนนก่อนหลังการเรียนรู้แบบเชิงรุก 2) ผลคะแนนรวมของผลลัพธ์การเรียนรู้ของรายวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม ระหว่างปีการศึกษา 1/2566 และ ปีการศึกษา 1/2567 และ 3) ผลคะแนนการประเมินความรู้ความเข้าใจก่อนหลังการเรียนรู้แบบเชิงรุก กลุ่มนิสิตอาชีวอนามัยและความปลอดภัย ปี 2 ประจำปีการศึกษา 1/2567

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วยเครื่องมือต่างๆ ดังนี้

1) แผนการจัดการเรียนรู้ มคอ 3 รายวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม 0502211 จำนวน 15 สัปดาห์ มีจำนวน 13 หัวข้อ

2) เอกสารคำสอนรายวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม 0502211 มีจำนวน 13 บท ตามระบุใน มคอ 3. จำนวน 450 หน้า

3) การเรียนการสอนด้วย กระบวนการสอนแบบ active leaning การเรียนการสอนด้วย power point และ กระบวนการสอนแบบ active leaning ที่มีความหลากหลายและเหมาะสมกับหัวข้อที่มีการจัดการเรียนการสอน หัวข้อละ 3 ชั่วโมง

4) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนหลังการเรียนรู้แบบเชิงรุก 13 หัวข้อ รูปแบบข้อสอบทั้งอัตนัยและปรนัย ครั้งละ 10 คะแนน รวม 130 คะแนน (จะใช้ข้อสอบเดียวกันในการทดสอบก่อนหลัง) และ

5) แบบการประเมินความรู้ความเข้าใจก่อนหลังการเรียนรู้แบบเชิงรุก

วิธีดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล

งานวิจัยนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยได้ดำเนินการวิจัยดังนี้

1. อธิบายวิธีการเรียนการสอนตาม มคอ3 ที่เน้นการเรียนการสอนด้วยกระบวนการสอนแบบ active leaning

2. ดำเนินการเรียนการสอนระยะเวลาภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 25667 มีระยะเวลาในการเรียนแต่ละครั้ง 3 ชั่วโมงใน 1 สัปดาห์ จำนวน 15 สัปดาห์

3. ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนิสิต (Post – test) ก่อนและหลังการเรียนรู้

4. ทำแบบประเมินความรู้ความเข้าใจก่อนหลังการเรียนรู้แบบเชิงรุกโดยใช้ google form

5. นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อตรวจสอบสมมุติฐาน

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เพื่อหาค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานด้วยโปรแกรม Excel และวิเคราะห์สถิติเชิงอนุมานเพื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาโดยสถิติ Pair-t test

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยในชั้นเรียนครั้งนี้ทำการศึกษาในนิสิตชั้นปีที่ 2 ปีการศึกษา 1/2567 หลักสูตรอาชีวอนามัยและความปลอดภัย รวมจำนวน 49 คน พบว่าเป็นเพศชายจำนวน 10 คน (คิดเป็นร้อยละ 20.41) เพศหญิง 39 คน (คิดเป็นร้อยละ 79.59)

ผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อนหลังการเรียนรู้แบบเชิงรุก

ผลการศึกษาผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยก่อนหลังการเรียนรู้แบบเชิงรุก (คะแนนเต็ม 130 คะแนน) พบว่า ค่าคะแนนเฉลี่ยรวมหลังการเรียนรู้แบบเชิงรุกเท่ากับ 120.04 (SD = 9.23) คะแนน เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับค่าคะแนนเฉลี่ยรวมก่อนการเรียนรู้แบบเชิงรุกเท่ากับ 88.31 (SD=6.79) คะแนน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) สอดคล้องกับการศึกษาของ Kusuma, Rosidin & Suyatna (2017) ที่กล่าวว่าการจัดการเรียนการสอนแบบ Active Learning ช่วยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้มากขึ้น ผ่านกิจกรรมที่กระตุ้นให้พวกเขามีส่วนร่วมในบทเรียน การเรียนรู้ดังกล่าวส่งเสริมให้นิสิตได้ห้ผู้เรียนศึกษา ค้นคว้าและปฏิบัติงานให้มากที่สุด ภายใต้บรรยายการที่เอื้อต่อการเรียนรู้ที่เกิดปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับเพื่อนในกลุ่ม เกิดทัศนคติที่ดีต่อการเรียนรู้และประสบความสำเร็จตามเป้าหมายที่กำหนด

ผลการเปรียบเทียบคะแนนรวมของผลลัพธ์การเรียนรู้ของรายวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม

ผลการเปรียบเทียบคะแนนรวมของผลลัพธ์การเรียนรู้ของรายวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม ระหว่างปีการศึกษา 1/2566 และปีการศึกษา 1/2567 (คะแนนเต็ม 100 คะแนน) พบว่าค่าคะแนน ปีการศึกษา 1/2567 เพิ่มขึ้น (ค่าเฉลี่ย 81.22, SD 11.08) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าคะแนน ปีการศึกษา 1/2566 (ค่าเฉลี่ย 77.75, 7.99) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ผลการประเมินความรู้ความเข้าใจก่อนหลังการเรียนรู้แบบเชิงรุกโดยใช้ google form

ผลการประเมินความรู้ความเข้าใจก่อนหลังการเรียนรู้แบบเชิงรุกโดยใช้ google form แบบมีโครงสร้างเพื่อประเมินความรู้ความเข้าใจก่อนหลังการเรียนรู้แบบเชิงรุกของกลุ่มนิสิตอาชีวอนามัยและความปลอดภัย ปี 2 ประจำปีการศึกษา 1/2567 พบว่าผลการประเมินความรู้ความเข้าใจ หลังการเรียนรู้แบบเชิงรุก เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับผลการประเมินความรู้ความเข้าใจก่อนการเรียนรู้แบบเชิงรุก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ดังนั้น การจัดการเรียนการสอนแบบเชิงรุก จะช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้มากขึ้น ผ่านกิจกรรมที่กระตุ้นให้พวกเขามีส่วนร่วมในบทเรียน กระตุ้นให้คิดวิเคราะห์หรือแก้ปัญหาและสามารถเข้าใจเนื้อหาลึกซึ้งมากขึ้น (Saavedra A, 2012)

สรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษาพบว่าเป็นเพศชายจำนวน 10 คน (คิดเป็นร้อยละ 20.41) เพศหญิง 39 คน (คิดเป็นร้อยละ 79.59) ผลการศึกษาพบว่า ค่าคะแนนหลังการเรียนรู้แบบเชิงรุก (ค่าเฉลี่ย 9.23, SD 0.53) เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับค่าคะแนนก่อนการเรียนรู้แบบเชิงรุก (ค่าเฉลี่ย 6.79, SD 0.56) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ผลการเปรียบเทียบคะแนนรวมของผลลัพธ์การเรียนรู้ของรายวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม พบว่าค่าคะแนน ปีการศึกษา 1/2567 เพิ่มขึ้น (ค่าเฉลี่ย 81.22, SD 11.09) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าคะแนน ปีการศึกษา 1/2566 (ค่าเฉลี่ย 77.55, SD 10.37) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ผลการประเมินความรู้ความเข้าใจ หลังการเรียนรู้แบบเชิงรุก เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับผลการประเมินความรู้ความเข้าใจ ก่อนการเรียนรู้แบบเชิงรุก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ และคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณนิสิตนิสิตชั้นปีที่ 2 ปีการศึกษา 1/2567 หลักสูตรอาชีวอนามัยและความปลอดภัย มหาวิทยาลัยทักษิณ

อ้างอิง

1. วิจารณ์ พานิช. (2559). การสร้างการเรียนรู้ สู่ศตวรรษที่ 21. (ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: มูลนิธิสยามกัมมาจล.
2. วิจารณ์ พานิช. (2557). การเรียนรู้เกิดขึ้นอย่างไร. กรุงเทพฯ: บริษัท มูลนิธิสยามกัมมาจล.

3. Kaeongam S. (2565). Teaching environmental education by using research - based learning for undergraduate students. Doctor of Philosophy Thesis, Department of Environmental Studies. Mahasarakham University.

4. Kusuma MD, Rosidin U, Suyatna A. (2017). The development of higher order thinking skill (HOTS) instrument assessment in physics study. IOSR J Res Method Educ. 7(1):26–32.

5. Ongon S. (2564). The Development of Integrated Environmental Education Instruction Activities using Community Area Based learning on Active Learning.Doctor of Philosophy Thesis, Department of Environmental Studies. Mahasarakham University.

6. Saavedra A., Opfer V. (2012). Teaching and learning 21st century skills: lessons from the learning sciences. A Global Cities Education Network Report. New York: Asia Society. Available from: http://asiasociety.org/files/rand-0512report.pdf

P 17

ผลกระทบทางสุขภาพจากการรับสัมผัสสารเคมีของเกษตรกรในสวนทุเรียน จังหวัดตรัง

ปัทวีกานต์ คงเพชร์[1] ปิยนุช สงคราม[1] ธนวรรณ บัวเจริญ[2] สุธีร์ อินทร์รักษา[2] และโสมศิริ เดชารัตน์[3]*

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional study) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพจากการสัมผัสสารเคมีในเกษตรกรสวนทุเรียนพื้นที่จังหวัดตรัง จำนวน 60 คน คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง เก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามและวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนาได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่าเกษตรกรสวนทุเรียนส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (ร้อยละ 78.3) ประเภทสารเคมีที่ใช้คือสารกำจัดศัตรูพืชและสารกำจัดวัชพืช (ร้อยละ 100.0) โดยเกษตรจะกำจัดเพลี้ยและหนอน (ร้อยละ 100.0) สารที่ใช้จะเป็นชนิดน้ำ (ร้อยละ 100.0) ความถี่ในการฉีดพ่น 1 ครั้งต่อสัปดาห์ (ร้อยละ 50.0) วิธีการใช้สารเคมีส่วนใหญ่ใช้วิธีการฉีด (ร้อยละ 100.0) พื้นที่ในการปลูกทุเรียนอยู่ที่ 5 - 20 ไร่ (ร้อยละ 46.7) เวลาในการฉีดพ่น 1 ชั่วโมงต่อวัน (ร้อยละ 53.3) และจะฉีดในช่วงเช้า 06.00 - 09.00 น. (ร้อยละ 50.0) และฉีดช่วงกลางวัน ระหว่าง 09.00 - 11.00 น. และหลัง 14.00 - 16.00 น. (ร้อยละ 50.0) ปริมาณสารที่ใช้ 801-1000 ลิตรต่อครั้ง (ร้อยละ 56.7) และสารเคมีที่ใช้ มากที่สุดคืออิมิดาคลอพริด (ร้อยละ 90.0) พบว่า อาการพิษเฉียบพลันที่พบมากที่สุดเกิดกับระบบทางเดินอาหาร ได้แก่ อาการท้องเสีย คิดเป็นร้อยละ 13.3 รองลงมา คือ ปวดท้อง คิดเป็นร้อยละ 11.7 และ อาเจียน คิดเป็นร้อยละ 8.3 ตามลำดับ

คำสำคัญ : ผลกระทบต่อสุขภาพ การรับสัมผัสสารเคมี เกษตรกรสวนทุเรียน จังหวัดตรัง

---

[1]นิสิตปริญญาตรีหลักสูตรอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะวิทยาการสุขภาพและการกีฬามหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง

[2] อาจารย์ประจำ, คณะวิทยาการสุขภาพและการกีฬา มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง 93210

[3] รศ.ดร., คณะวิทยาการสุขภาพและการกีฬา มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง 93210

[1]Undergraduate Student of Occupational Health and Safety Program, Faculty of Health and Sports Sciences, Thaksin University, Phatthalung Campus

[2] Lecturer., Faculty of Health and Sports Science, Thaksin University, Phatthalung Campus

[3] Assoc. Dr., Faculty of Health and Sports Science, Thaksin University, Phatthalung Campus

* Corresponding Author: E-mail: Somsiri_9@hotmail.com, 099-3646660

Health Effects of Chemical Exposure of Farmers in Durian Plantations Trang Province

Pattaweekant Kongphet[1], Piyanuch Songkram[1], Thanawan Buacharoen[2], Sutee Inraksa [2] and Somsiri Decharat[3]*

บทคัดย่อ

This study is a cross-sectional investigation aimed at examining the health effects of chemical exposure among durian farmers in Trang Province. Sixty people were selected by purposive sampling. Data were collected by questionnaire and descriptive statistical analysis, including frequency, percentage, mean, and standard deviation. The results of the study showed that most of the durian farmers were male (78.3%). The type of chemicals used was pesticides and herbicides (100.0%). The pesticides were used to get rid of aphids and worms (100.0%). The substances used were watery (100.0%), and the frequency of spraying was once a week (50.0%). The most chemical methods were sprayed (100%). The area for durian cultivation is 5 - 20 rai (46.7%), and the spraying time is 1 hour per day (53.3%). The most common acute poisoning symptoms are diarrhea (13.0%), followed by abdominal pain (11.7%) and vomiting (8.3%), respectively.

Keywords: Health Effects, Chemical Exposure, Durian Farmers, Trang Province

บทนำ

ปัจจุบันการส่งออกทุเรียนของโลกมีการส่งออกทุเรียนปริมาณ 1.13 ล้านตัน โดยประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกทุเรียนสดเป็นอันดับ 1 ของโลก มีปริมาณการส่งออก 875,097.02 ตัน คิดเป็นร้อยละ 81.76 ของมูลค่าการส่งออกของโลก (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร 2567) และคาดการณ์การส่งออกทุเรียนของไทยจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากความต้องการของตลาดต่างประเทศยังคงมีอย่างต่อเนื่อง สถานการณ์การผลิตทุเรียนของไทย ไทยมีเนื้อที่ให้ผลผลิต 854,986 ไร่ เพิ่มขึ้นร้อยละ 7.20 มีผลผลิต 1,201,458 ตัน เพิ่มขึ้น ร้อยละ 7.66 เนื่องจากทุเรียนที่ปลูกมีแหล่งผลิตที่สำคัญทางภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ เมื่อราคาทุเรียนที่เกษตรกรขายได้อยู่ในเกณฑ์ดีอย่างต่อเนื่อง เกษตรกรจึงให้การบำรุงดูแลดีขึ้น ส่งผลให้ต้นทุเรียนสมบูรณ์ให้ผลผลิตได้มากขึ้น ภาพรวมผลผลิตทั้งประเทศจึงเพิ่มขึ้นด้วย จึงเกิดแรงจูงใจให้เกษตรกรบำรุงดูแลรักษาดีขึ้น จึงทำให้เกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนเพื่อส่งออกผลผลิตที่มีมาตรฐานสินค้าส่งออกล้วนมีการใช้สารเคมีในการกำจัดศัตรูพืชและใช้เป็นสารบำรุงต้นทุเรียน

เกษตรกรมีความจำเป็นในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพในปริมาณทุเรียนที่เพิ่มมากขึ้น จึงมีการใช้สารเคมีที่ไม่สามารถจำกัดปริมาณสารเคมีได้ เกษตรกรที่ใช้สารเคมีขาดความรู้ความเข้าใจในการป้องกันตนเองจากสารเคมีและการใช้อุปกรณ์เสริมแรง เช่น อุปกรณ์ฉีดพ่นสารระยะไกลแทนการฉีดที่ฝุ่นละอองจากสารเคมีที่สามารถสัมผัสกับร่างกายได้ จึงทำให้เกิดปัญหาสุขภาพของเกษตรกรที่เกิดผลกระทบจากสารเคมี (Thailand Pesticide Alert Network Thailand, 2021) โดยจะมีผลต่อพฤติกรรมการใช้สารเคมีที่ผิดวิธีทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพทั้งทางระบบทางเดินหายใจ ทางผิวหนัง และดวงตาปัญหาด้านสุขภาพจากการใช้สารเคมี สามารถแบ่งได้เป็น ผลกระทบที่เป็นพิษเฉียบพลัน ซึ่งจะมีอาการทันทีหลังจากสัมผัสสารเคมี อาการที่พบ เช่น อาเจียน ปวดหัว ท้องร่วง หายใจติดขัด ตาพร่า เป็นต้น (สิทธิชัย ใจขาน และคณะ, 2562) ผลกระทบที่เป็นพิษเรื้อรัง เกิดจากพาหะสะสมก่อให้เกิดโรคหรือปัญหาอื่นๆ เช่น มะเร็ง เบาหวาน อัมพฤกษ์ อัมพาต โรคผิวหนัง เป็นต้น (สาคร ศรีมุข 2564)

จากการศึกษาในพื้นที่จังหวัดตรังพบว่ามีเกษตรกรปลูกทุเรียน มีเนื้อที่เพาะปลูก 4332 ไร่ ซึ่งมีผลผลิตรวม 485 ตัน มีเนื้อที่ให้ผล 1,953 ไร่ จากผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้ของเกษตรกรพบว่าเกษตรกรมีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในปริมาณเพิ่มขึ้นจากเดิมเพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดีและตรงตามความต้องการของตลาด จึงเกิดผลกระทบกับเกษตรกร และจากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าปัจจุบันยังขาดข้อมูลเฉพาะด้านสุขภาพของเกษตรกรสวนทุเรียนในจังหวัดตรังที่สะท้อนผลกระทบจากการสัมผัสสารเคมีอย่างเป็นระบบ ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงมีความสำคัญในการประเมินความเสี่ยงและแนวทางป้องกันที่เหมาะสมเพื่อลดผลกระทบของเกษตรกรจากการใช้สารเคมี จึงนำไปสู่การสนใจทำงานวิจัย เรื่องผลกระทบทางสุขภาพจากการรับสัมผัสสารเคมีของเกษตรกรในสวนทุเรียน จังหวัดตรัง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการส่งเสริม ป้องกันการรับสัมผัสในกลุ่มเกษตรกรสวนทุเรียน โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

1.เพื่อศึกษาลักษณะการใช้สารเคมีในการปลูกทุเรียนของเกษตรกรในจังหวัดตรัง

2. เพื่อประเมินระดับการรับสัมผัสสารเคมีของเกษตรกรสวนทุเรียน

3. เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบทางสุขภาพที่เกิดจากการสัมผัสสารเคมีในกลุ่มเกษตรกร

4. เพื่อเสนอแนวทางในการส่งเสริมความปลอดภัยและลดผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้สารเคมีในเกษตรกรสวนทุเรียน

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional study) ในเกษตรกรชาวสวนทุเรียนจังหวัดตรัง ในอำเภอห้วยยอด อำเภอรัษฎา อำเภอสิเกา อำเภอวังวิเศษ และ อำเภอกันตัง จำนวน 60 คน ที่มีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง: การศึกษาในครั้งนี้เลือกประชากรที่จะศึกษาเป็นกลุ่มประชากรเกษตรกรสวนทุเรียนในจังหวัดตรัง ได้แก่ อำเภอในจังหวัดตรัง รวมทั้งหมด 10 อำเภอ กลุ่มตัวอย่างคือจำนวนประชากรทั้งหมด คือ 60 คน ได้จากการคัดเลือกแบบเจาะจง จากจำนวนคนงานที่ได้จากการสำรวจพื้นที่เมื่อวันที่ 29-30 มิถุนายน พ.ศ.2567 มีกระบวนการคือ การคัดเลือกอำเภอที่มีพื้นที่ปลูกทุเรียน ผู้วิจัยทำการคัดเลือกอำเภอที่มีผลผลิตมาก 5 อันดับแรกของจังหวัดตรัง ดังนั้น อำเภอที่ถูกเลือก ได้แก่ 1) อำเภอห้วยยอด 2) อำเภอรัษฎา 3) อำเภอสิเกา 4) อำเภอวังวิเศษ และ 5) อำเภอกันตัง (สำนักงานเกษตรจังหวัดตรัง กรมส่งเสริมเกษตร .2567) ทำการคัดเลือกพื้นที่แบบเจาะจงจาก 5 อำเภอ อำเภอละ 2 แปลง จะได้ทั้งหมด 10 แปลง โดยกำหนด สวนทุเรียนที่คัดเลือก มีคุณสมบัติ คือ 1) มีผลผลิตไม่น้อยกว่า 1 ตัน / ปี 2) มีคนงานไม่น้อยกว่า 2 คน และ 3)ยินยอมด้วยความสมัครใจ สำหรับกลุ่มตัวอย่าง มีการกำหนดคุณสมบัติ คือ 1) ทำงานในแปลงไม่น้อยกว่า 1 ปี 2) อายุไม่น้อยกว่า 20 ปี 3) คนงานที่สามารถอ่านออกและเขียนได้ และ 4) ยินยอมเข้าร่วมด้วยความสมัครใจ สำหรับเกณฑ์การคัดออกคนงาน กำหนดคุณสมบัติของแปลงที่นำมาเป็นกลุ่มตัวอย่าง คือ ไม่ยินยอมเข้าร่วมวิจัยในครั้งนี้

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยและการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

ผู้วิจัยเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถาม ประกอบด้วย 5 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม 14 ข้อ และตอนที่ 2 ผลกระทบต่อสุขภาพ จำนวน 13 ข้อ

การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

แบบสอบถามที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้มาจากการการทบทวนวรรณกรรมของผู้วิจัย เมื่อสร้างแบบสอบถามเสร็จแล้ว นำแบบสอบถามที่สร้างและปรับปรุงแล้วเสนอผู้เชี่ยวชาญ จำนวน3 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) แล้วนำมาวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์เฉพาะ โดยใช้วิธีหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) ได้ค่าIOC ภาพรวมของแบบสอบถามมีค่า IOC เท่ากับ 0.985

วิธีดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลมีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นกรอบในการศึกษาวิจัย แล้วนำมาสร้างเป็นแบบสอบถาม เพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
2. ผู้วิจัยลงพื้นที่ในการพบกลุ่มตัวอย่างเพื่อทำแบบสอบถาม และแบบประเมิน
3. นำแบบสอบถามและแบบประเมินมาวิเคราะห์ผล เพื่อนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์มาแปลผลและสรุปผลความรู้ ความตระหนักและพฤติกรรมการรับสัมผัสสารเคมีในเกษตรกรสวนทุเรียน

การวิเคราะห์ข้อมูล: วิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ข้อมูลทั่วไป

เกษตรกรสวนทุเรียนส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (78.3%) อายุ 20–30 ปี (30.0%) และมีการศึกษาระดับมัธยมต้น (38.3%) ใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชและวัชพืชทั้งหมด (100%) โดยฉีดพ่นสารชนิดน้ำเพื่อกำจัดเพลี้ยและหนอน สัปดาห์ละ 1 ครั้ง (50.0%) ด้วยวิธีฉีดพ่นใช้เวลาเฉลี่ย 1 ชั่วโมง/วัน (53.3%) มักฉีดช่วงเช้าและบ่าย (50.0%) พื้นที่ปลูก 5–20 ไร่ (46.7%) มีต้นทุเรียน 101–150 ต้น (26.7%) ใช้สาร 801–1000 ลิตรต่อครั้ง (56.7%) สารที่ใช้มากที่สุดคืออิมิดาคลอพริด (90.0%) โดยรวมใช้สารเคมีหลายกลุ่ม เช่น Avermectin, Benzimidazole, Neonicotinoids และอื่น ๆ ตามลำดับ (ตารางที่ 1) จากรายงานของกองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม (2567) พบว่าเกษตรกรทำสวนทุเรียนมีการใช้สารเคมีในหลายกลุ่ม ส่วนใหญ่ใช้สารเคมีกลุ่ม Avermectin รองลงมา Benzimidazole , Neonicotinoids, Phenylamide, Pyrethroids, Organo-phosphates ตามลำดับ

ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามข้อมูลทั่วไป (n=60)

ข้อมูล	จำนวน	ร้อยละ
1. เพศ		
เพศชาย	47	78.3
เพศหญิง	13	21.7
2.ตำแหน่ง/หน้าที่รับผิดชอบ		
เจ้าของสวน	13	21.7
ลูกจ้าง	47	78.3
3.อายุ		
20-30 ปี	18	30.0
31-40 ปี	12	20.0
41-50 ปี	13	21.7
51 ปี เป็นต้นไป	17	28.3
4.ระดับการศึกษา		
ประถมศึกษา	11	18.3
มัธยมศึกษาตอนต้น	23	38.3
มัธยมศึกษาตอนปลาย	14	23.3
อนุปริญญา/เทียบเท่า	10	16.7
ปริญญาตรี	2	3.3
5.ท่านใช้สารเคมีในการทำสวนทุเรียนประเภทใดบ้าง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		

สารกำจัดศัตรูพืช/สารกำจัดแมลง	60	100.0
สารกำจัดวัชพืช	60	100.0
สารกำจัดเชื้อ/เชื้อรา	54	90.0
สารกำจัดไร	43	71.7
อื่น ๆ	16	26.7
6.ท่านใช้สารเคมีกำจัดแมลงประเภทใดในสวนทุเรียนใดบ้าง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
มด	40	66.7
ไร	43	71.7
ปลวก	24	40.0
เพลี้ย	60	100.0
หนอน	60	100.0
หนู	5	8.3
7.ท่านใช้สารเคมีชนิดใดในสวนทุเรียนใดบ้าง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
ชนิดน้ำ	60	100.0
ชนิดสเปรย์	6	10.0
ชนิดผง	27	45.0
ชนิดเม็ด	10	16.7
8.ความถี่ในการใช้สารเคมีมากน้อยเพียงใดใดบ้าง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
1 ครั้งต่อสัปดาห์	30	50.0
1 ครั้งต่อเดือน	12	20.0
2 ครั้งต่อเดือน	23	38.3
อื่น ๆ	12	20.0
9.ท่านใช้สารเคมีโดยวิธีการใดใดบ้าง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
การฉีด	60	100.0
วางบนภาชนะ	10	16.7
เทราดบนดิน/ต้นไม้	2	20.0
10.ระบุพื้นที่จำนวน (ไร่)		
5-20	28	46.7
21-40	27	45.0
41-60	5	8.3
จำนวนต้น		

1-50	11	18.3
51-100	5	8.3
101-150	16	26.7
151-200	14	23.3
201-250	5	8.3
251-300	9	15.0
12.ช่วงเวลาในการใช้สารเคมี		
ช่วงเช้า ระหว่าง 06.00-09.00 น	30	50.0
ช่วงกลางวัน ระหว่าง 9.00–11.00 และหลัง 14.00 - 16.00 น.	30	50.0
ช่วงเย็น ระหว่าง 16.00-18.00 น		
13. ปริมาณจำนวนสารที่ใช้ (ลิตร/ครั้ง)		
100-200 ลิตร/ครั้ง	16	26.7
201-400 ลิตร/ครั้ง	10	16.7
801-1000 ลิตร/ครั้ง	34	56.7
14. ท่านใช้สารเคมีอะไรบ้างในการฉีดพ่น ใดบ้าง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
ไดอะซินิน (Diazinon)	41	68.3
อิมิดาคลอพริด (Imidacloprid)	54	90.0
อะเซทามิพริด(Acetamipid)	38	63.3
ไพรินดาเบน (Pyridaben)	25	41.7

ผลกระทบต่อสุขภาพจากสารกำจัดศัตรูพืช

ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรได้รับผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้สารเคมีในสวนทุเรียน โดยมีอาการพิษเฉียบพลัน เช่น ท้องเสีย (13.3%) เจ็บคอ/คอแห้ง (13.3%) ระคายเคืองผิวหนัง (15.0%) มึนงง (8.3%) และอาการเรื้อรัง เช่น ภูมิแพ้และหอบหืด (อย่างละ 3.3%) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้า ที่พบอาการระคายเคืองตาและระบบทางเดินหายใจเป็นผลกระทบหลักจากการฉีดพ่นสารเคมี (ตารางที่ 2) อย่างไรก็ตามผลการวิจัยของสิทธิชัย ใจขาน และคณะ (2562) รายงานว่าผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรชาวนา ที่พบมากที่สุดคือระบบดวงตา ได้แก่ อาการระคายเคืองตา (54.29 %) รองลงมาคืออาการผิดปกติที่เกิดขึ้นกับระบบทางเดินหายใจ ได้แก่ เจ็บคอหรือคอแห้ง (41.43%) และระคายเคืองจมูก (40.00%) สอดคล้องกับการศึกษาของศิริวรรณ แนเจริญและคณะ (2567) รายงานว่า ปัญหาสุขภาพและอาการส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับการฉีดพ่นสารเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

ตารางที่ 2 จำนวน ร้อยละ ของผลกระทบต่อสุขภาพจากสารกำจัดศัตรูพืชภายในสวนทุเรียนของเกษตรกรสวนทุเรียน (n = 60)

ผลกระทบต่อสุขภาพ/อาการ	**มีผลกระทบ**		**ไม่มีผลกระทบ**	
	จำนวน	**ร้อยละ**	**จำนวน**	**ร้อยละ**
พิษเฉียบพลัน				

ระบบทางเดินอาหาร				
-คลื่นไส้	4	6.7	56	93.3
-ท้องเสีย	8	13.3	52	86.7
-อาเจียน	5	8.3	55	91.7
-ปวดท้อง	7	11.7	53	88.3
ระบบประสาท				
-ปวดศีรษะ	1	1.7	59	98.3
-มึนงง	5	8.3	55	91.7
ระบบทางเดินหายใจ				
-เจ็บคอหรือคอแห้ง	8	13.3	52	86.6
-หายใจไม่ออก	2	3.3	58	96.7
-หัวใจเต้นเร็ว	1	1.7	59	98.4
ผิวหนัง				
-ระคายเคือง	9	15.0	51	85.0
-คัน	3	5.0	57	95
พิษเรื้อรัง				
ภูมิแพ้	2	3.3	58	96.7
หอบหืด	2	3.3	58	96.7

สรุปผลการศึกษา

เกษตรกรสวนทุเรียนส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (ร้อยละ 78.3) ประเภทสารเคมีที่ใช้คือสารกำจัดศัตรูพืชหรือสารกำจัดแมลงและสารกำจัดวัชพืช (ร้อยละ 100.0) เวลาในการฉีดพ่น 1 ชั่วโมงต่อวัน (ร้อยละ 53.3) และจะฉีดในช่วงเช้า 06.00 - 09.00 น. (ร้อยละ 50.0) และฉีดช่วงกลางวัน ระหว่าง 09.00 - 11.00 น. และหลัง 14.00 - 16.00 น. (ร้อยละ 50.0) ปริมาณสารที่ใช้ 801-1000 ลิตรต่อครั้ง (ร้อยละ 56.7) และสารเคมีที่ใช้ มากที่สุดคืออิมิดาคลอพริด (ร้อยละ 90.0) พบว่า อาการพิษเฉียบพลันที่พบมากที่สุดเกิดกับระบบทางเดินอาหาร ได้แก่ อาการท้องเสีย (ร้อยละ 13.3) ดังนั้น แนวทางในการส่งเสริมความปลอดภัยและลดผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้สารเคมีในสวนทุเรียน สามารถดำเนินการได้หลายประเด็น ได้แก่ การจัดอบรมให้ความรู้แก่เกษตรกรเกี่ยวกับการใช้สารเคมีอย่างปลอดภัย การนำหลักการ IPM (Integrated Pest Management) มาใช้ การสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันและจัดเก็บอย่างปลอดภัย การส่งเสริมการตรวจสุขภาพ บันทึกข้อมูลการใช้สารเคมีอย่างเป็นระบบ รวมถึงการสนับสนุนให้เปลี่ยนไปสู่เกษตรอินทรีย์ผ่านการช่วยเหลือด้านการเงินและตลาด และส่งเสริมการมีส่วนร่วมของชุมชนและภาครัฐในการกำกับดูแลและพัฒนานโยบายด้านความปลอดภัยอย่างเข้มงวด

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณเกษตรกรสวนทุเรียนพื้นที่จังหวัดตรังที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบพระคุณอาจารย์หลักสูตรอาชีวอนามัยและความปลอดภัย มหาวิทยาลัยทักษิณที่ให้คำปรึกษาจนวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

อ้างอิง

1. กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. (2567). คู่มือตรวจโคลีนเอสเตอเรส [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 1 ตุลาคม 2567]. เข้าถึงได้จาก: https://www.ddc.moph.go.th/uploads/files/151f742628c5261c7d2062ff 5c61123f.pdf
2. ศิริวรรณ แนเจริญ, อรพันธ์ อันติมานนท์, โกวิทย์ บุญมีพงศ์. คู่มือสำหรับเกษตรกรและอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 8 ตุลาคม 2567]. เข้าถึงได้จาก: https://www.opsmoac.go.th /songkhla-manual-files-391191791804
3. สิทธิชัย ใจขาน สุภาณี จันทร์ศิริ*และอดิเทพ บาตรสุวรรณ.(2562).ผลกระทบสุขภาพจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรชาวนา บ้านเตย ตำบลนากระแซง อำเภอเดชอุดม จังหวัดอุบลราชธานี. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 21(3): 181-93.
4. สาคร ศรีมุข. (2564). ผลกระทบทางสุขภาพและสิ่งแวดล้อมจากการใช้สารเคมีทางการเกษตรของเกษตรกรไทย. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 2564 : 39 (4) : 329-336.
5. Thailand Pesticide Alert Network Thailand. (2021). Impact of pesticides on Thai health. [Internet]. [cited 2024 Aug 18]. Available from: http://www.thaipan.org/node/20

Session

การศึกษา

ศึกษาความสัมพันธ์และความสอดคล้องระหว่างเป้าหมายการศึกษาต่อกับประสบการณ์การฝึกงานโดยใช้โปรแกรมแนะแนวในการพัฒนาทักษะทางการศึกษาในยุคดิจิทัล

วาฑิต หมันแหละ[1]* รจนกร คงแสง[2] จิตวีร์ ศรีมงคล[3] กนกวรรณ เขียวเจริญ[4] และฐิติพร ศรีมาลา[5]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเป้าหมายการศึกษาต่อกับประสบการณ์การฝึกงาน 2) เปรียบเทียบผลความสอดคล้องระหว่างเป้าหมายการศึกษาต่อกับประสบการณ์การฝึกงานก่อนและหลังการ การทดลอง 3) สร้างโปรแกรมแนะแนวเพื่อส่งเสริมความสอดคล้องระหว่างเป้าหมายการศึกษาต่อและการฝึกงาน การวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือระยะที่ 1 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเป้าหมายการศึกษาต่อกับประสบการณ์การฝึกงาน กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 159 คน ได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย ระยะที่ 2 การเสริมสร้างความสอดคล้องระหว่างเป้าหมายการศึกษาต่อและการฝึกงานโดยใช้โปรแกรมแนะแนว กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนจำนวน 36 คน ที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจง แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 18 คน และกลุ่มควบคุม 18 คน เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ 1) แบบคัดกรองความสอดคล้องระหว่างเป้าหมายการศึกษาต่อกับประสบการณ์การฝึกงาน 2) แบบสำรวจความสนใจทางอาชีพ S.D.S และ 3) โปรแกรมแนะแนว สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบ t-test แบบอิสระต่อกันและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน ผลการวิจัยพบว่า 1) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเป้าหมายการศึกษาต่อกับประสบการณ์การฝึกงานตัวแปรทั้งสองมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันในเชิงบวกและมีความสัมพันธ์ในระดับสูง และ 2) นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสอดคล้องระหว่างเป้าหมายการศึกษาต่อกับประสบการณ์การฝึกงานหลังการทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

คำสำคัญ: ความสอดคล้องระหว่างเป้าหมายการศึกษาต่อกับประสบการณ์การฝึกงาน โปรแกรมแนะแนว การฝึกงาน

[1] นิสิตปริญญาโทสาขาจิตวิทยา, คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา 90000

[2] ครูผู้สอนสาขาชีววิทยา, โรงเรียน มอ.วิทยานุสรณ์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110

[3] ครูผู้สอนกิจกรรมแนะแนว, โรงเรียน มอ.วิทยานุสรณ์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110

[4] ครูผู้สอนสาขาฟิสิกส์, โรงเรียน มอ.วิทยานุสรณ์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110

[5]ครูผู้สอนสาขาภาษาไทย, โรงเรียน มอ.วิทยานุสรณ์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110

[1] Master's degree of Psychology, Thaksin University, Songkhla, 90000

[2] Teacher in Biology, PSU. Wittayanusorn School, Hat Yai Songkhla, 90110

[3] Teacher of Guidance Activities, PSU. Wittayanusorn School, Hat Yai Songkhla, 90110

[4]Teacher in Physics, PSU. Wittayanusorn School, Hat Yai Songkhla, 90110

[5]Teacher in the Thai language, PSU. Wittayanusorn School, Hat Yai Songkhla, 90110

* Corresponding Author: E-mail: watith0346@gmail.com, Tel: 0612278772

Study the relationship and consistency between further education goals and internship experiences using guidance programs to develop educational skills in the digital age.

Watith Manlaeh[1*], Rochanakorn Kongsang [2], Chittawee Srimongkol[3],
Kanokwan Kheawcharoen[4] and Thitiporn Sremala[5]

Abstract

This research aimed to: 1) study the relationship between further education goals and internship experiences. 2) compare the congruence between further education goals and internship experiences before and after an experiment, and 3) develop a guidance program to promote congruence between further education goals and internship experiences. The research was divided into two phases. Phase 1) Study of the relationship between further education goals and internship experiences. The sample group consisted of 159 Grade 12 students, obtained through simple random sampling. Phase 2) Enhancement of congruence between further education goals and internship experiences using a guidance program. The sample group consisted of 36 students, selected through purposive sampling, divided into an experimental group of 18 students and a control group of 18 students. Research instruments included: 1) A screening form for congruence between further education goals and internship experiences. 2) The Self-Directed Search (SDS) career interest inventory and 3) A guidance program. Statistics used for data analysis were mean, standard deviation, independent samples t-test, and Pearson correlation coefficient. The research findings revealed that 1) The analysis of the relationship between further education goals and internship experiences showed a positive and high-level Pearson correlation coefficient between the two variables. 2) The experimental group demonstrated significantly higher congruence between further education goals and internship experiences after the experiment than the control group, at a statistical significance level of .05.

Keywords: Consistency between education goals and internship experience, guidance programs, internships

บทนำ

สถานการณ์โลกปัจจุบันมุ่งเน้นการพัฒนาสู่การเป็นเศรษฐกิจยุคใหม่ที่ใช้เทคโนโลยีและความรู้เป็นฐานในการพัฒนาประเทศ เพื่อให้ทันกับแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของโลก จึงจำเป็นต้องพัฒนากำลังคนของประเทศให้มีคุณภาพ เพื่อขับเคลื่อนประเทศ สู่ความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน (กองเศรษฐกิจการแรงงาน, 2567) ในกระบวนการของงานแนะแนวต้องศึกษาเป้าหมายของคำว่า มั่นคง ซึ่งสอดคล้องกับการที่นักเรียนมีงานทำ ซึ่งเป็นเป้าหมายเบื้องแรก เรื่องที่สองคือ ความมั่งคั่ง เน้นในเรื่องเศรษฐกิจความสามารถในการแข่งขันทั้งในและต่างประเทศ เรื่องที่สาม ความยั่งยืน ในเป้าหมายของความยั่งยืนจะมุ่งเน้นการพัฒนาคุณภาพของชีวิตในความยั่งยืน ในงานแนะแนวระดับมัธยมศึกษาก็จะต้องเน้นการแนะแนวด้านส่วนตัว อาชีพ และสังคมให้กับนักเรียนมีคุณลักษณะดังกล่าว (วัลภา สบายยิ่ง, 2563) อย่างไรก็ตามปัจจุบันพบว่ามีนักเรียนหลายคนที่เรียนจบแล้วไม่สามารถประกอบอาชีพตามที่ตนเองเรียนมาได้ เนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น เรียนจบในสาขาที่ไม่ตรงกับตามความต้องการของตลาดแรงงาน หรือเรียนในสาขาที่ตนเองไม่ถนัด สอดคล้องจากผลการศึกษาของ จิราภา บุตรสีตะราช, พัชราภรณ์ ศรีสวัสดิ์ และ ครรชิต แสนอุบล (2563) ศึกษาการเสริมสร้างความพร้อมทางอาชีพของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายโดยกิจกรรมแนะแนว พบว่าก่อนเข้าร่วมการทดลองนักเรียนมีคะแนนความพร้อมทางอาชีพอยู่ในระดับต่ำ

กรณีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 การฝึกงานถือเป็นประสบการณ์สำคัญที่สามารถช่วยให้นักเรียนได้สัมผัสกับประสบการณ์ตรงจากการฝึกงานในอาชีพที่นักเรียนสนใจ ทำให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจในโลกของงานอาชีพ เพื่อให้ตรงกับการเลือกแผนการเรียนหรือการเลือกอาชีพที่ต้องการจะทำในอนาคต (วลัยนาสภ์ มีพันธุ์, สุวิธิดา จรุงเกียรติกุล และ รับขวัญ ภูษาแก้ว, 2566) สอดคล้องกับคำอธิบายของ Super Donald E (1980 อ้างอิงจาก นิรันดร์ จุลทรัพย์, 2558) ที่กล่าวไว้ว่านักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายนับว่าเป็นวัยที่กำลังสนใจและแสวงหาอาชีพ มีการพิจารณา ความสามารถ ความถนัด และความสนใจของตนเอง ทั้งในแบบเพ้อฝันและในความเป็นจริง อีกทั้งยังเป็นช่วงวัยที่เหมาะสมในการแสวงหาข้อมูลเกี่ยวกับอาชีพ ดังนั้นจากการฝึกงานนี้นักเรียนสามารถสำรวจและค้นพบความสนใจและความสามารถของตนเองที่อาจจะไม่เคยได้รับการพัฒนาในห้องเรียน ซึ่งจะมีผลต่อการตัดสินใจเลือกเป้าหมายในการศึกษาต่อระดับมหาวิทยาลัยอย่างเหมาะสม

จาการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เป็นวัยที่กำลังสับสนกับความต้องการในด้านการเรียนในระดับอุดมศึกษาและในด้านอาชีพ อีกทั้งคณะผู้วิจัยเป็นครูแนะแนวที่สอนนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาปี 6 ผลจากการศึกษาพบว่านักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 6 บางส่วนที่ผ่านการฝึกงานและมีประสบการณ์ฝึกงานไม่สอดคล้องกับเป้าหมายการศึกษาต่อ ส่งผลให้นักเรียนนั้นขาดการวางแผนการดำเนินชีวิต โดยเฉพาะการเลือกเรียนในสาขาที่ตรงกับความต้องการในการประกอบอาชีพ ขาดการวางแผนหรือกำหนดเป้าหมายในการประกอบอาชีพ ซึ่งจากประเด็นดังกล่าวผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาความสอดคล้องระหว่างเป้าหมายการศึกษาต่อกับประสบการณ์การฝึกงาน และสร้างโปรแกรมแนะแนวขึ้นมาเพื่อเป็นแนวทางให้นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีความชัดเจนในเป้าหมายการศึกษาต่อกับประสบการณ์ฝึกงานของตนเอง

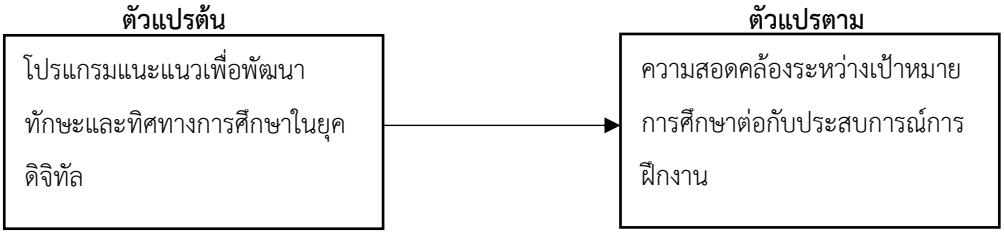
วัตถุประสงค์การวิจัย

1) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเป้าหมายการศึกษาต่อกับประสบการณ์การฝึกงาน
2) เพื่อเปรียบเทียบผลความสอดคล้องระหว่างเป้าหมายการศึกษาต่อกับประสบการณ์การฝึกงานก่อนและหลังทดลอง

3) เพื่อสร้างโปรแกรมแนะแนวในการพัฒนาความสอดคล้องระหว่างเป้าหมายการศึกษาต่อกับประสบการณ์การฝึกงาน

กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ใช้แนวคิดทฤษฎีการเลือกอาชีพของ John L. Holland. (1996) เป็นฐานในการใช้เป็นกรอบแนวคิดและใช้เทคนิคทางการแนะแนวอาชีพเพื่อสร้างโปรแกรมการแนะแนวในการพัฒนาทักษะและทิศทางการศึกษาในยุคดิจิทัล



ภาพที่ 1 : กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

วิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเป้าหมายการศึกษาต่อกับประสบการณ์การฝึกงานของนักเรียน เพื่อเปรียบเทียบผลความสอดคล้องระหว่างเป้าหมายการศึกษาต่อกับประสบการณ์การฝึกงานก่อนและหลังการใช้โปรแกรมแนะแนว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียน มอ. วิทยานุสรณ์ ปีการศึกษา 2567 โดยสรุปวิธีการดำเนินวิจัยได้ ดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียน มอ. วิทยานุสรณ์ จำนวน 243 คน

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียน มอ. วิทยานุสรณ์ จำนวน 159 คน

ระยะที่ 1 ศึกษาความสอดคล้องระหว่างเป้าหมายการศึกษาต่อและประสบการณ์การฝึกงาน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2567 โดยมีขั้นตอนการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างคำนวณจากตารางของ Krejcie & Morgan (1970 อ้างอิงจากธีรวุฒิ เอกะกุล, 2543) จำนวน 159 คน โดยใช้เครื่องมือคือ แบบคัดกรองความสอดคล้องระหว่างเป้าหมายการศึกษาต่อกับประสบการณ์การฝึกงาน ใช้ในการเก็บข้อมูลในระยะที่ 1 เพื่อคัดนักเรียนที่ไม่มีความสอดคล้องระหว่างเป้าหมายการศึกษาต่อกับประสบการณ์การฝึกงานเข้ากลุ่มทดลองในระยะที่ 2

ระยะที่ 2 การเสริมสร้างความสอดคล้องและสร้างโปรแกรมแนะแนวในการพัฒนาทักษะและทิศทางการศึกษาในยุคดิจิทัล กลุ่มตัวอย่างในระยะที่ 2 คือนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 36 คน ซึ่งได้มาจากการทำแบบคัดกรองความสอดคล้องในระยะที่ 1 เป็นนักเรียนที่ไม่มีความสอดคล้องระหว่างเป้าหมายการศึกษาต่อกับประสบการณ์การฝึกงาน นำกลุ่มตัวอย่างดังกล่าว มาแบ่งเป็นกลุ่มเป็นทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 18 คน โดยวิธีการจับฉลาก (Lottery) โดยการเขียนชื่อหน่วยตัวอย่างมาทำฉลากแล้วหยิบจนครบตามจำนวนที่ต้องการ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ 1) แบบวัดความสนใจทางอาชีพ S.D.S. ใช้ในการทดลองในระยะที่ 2 เพื่อเปรียบเทียบความสอดคล้องระหว่างเป้าหมายการศึกษาต่อและประสบการณ์การฝึกงาน

ก่อนและหลังการทดลอง 2) กิจกรรมแนะแนวเพื่อเสริมสร้างความสอดคล้องและสร้างนวัตกรรมแนะแนวในการพัฒนาทักษะและทิศทางการศึกษาต่อในยุคดิจิทัล

สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้ได้ศึกษาความสัมพันธ์และความสอดคล้องระหว่างเป้าหมายการศึกษาต่อกับประสบการณ์การฝึกงาน โดยใช้ทฤษฎีแบบวัดอาชีพของ John L Holland และพัฒนาโปรแกรมแนะแนวเพื่อเสริมสร้างความสอดคล้องระหว่างเป้าหมายการศึกษาต่อกับประสบการณ์การฝึกงาน ในการพัฒนาทักษะและทิศทางอาชีพในยุคดิจิทัล โดยการศึกษาใน 2 ระยะดังนี้

ระยะที่ 1

นักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 159 คนได้ทำแบบคัดกรองความสอดคล้องระหว่างเป้าหมายการศึกษาต่อกับประสบการณ์การฝึกงาน ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่มีความสอดคล้องระหว่างเป้าหมายการศึกษาต่อกับประสบการณ์การฝึกงานจำนวน 123 คน คิดเป็นร้อยละ 77.36 และนักเรียนที่ไม่มีความสอดคล้องระหว่างเป้าหมายการศึกษาต่อกับประสบการณ์การฝึกงานจำนวน 36 คน คิดเป็นร้อยละ 22.64

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนนักเรียนที่ทำแบบคัดกรองความสอดคล้องในระยะที่ 1

ความสอดคล้องระหว่างเป้าหมายการศึกษาต่อกับประสบการณ์การฝึกงาน	จำนวน (คน)	ร้อยละ (%)
สอดคล้อง	123	77.36 %
ไม่สอดคล้อง	36	22.64 %
รวม	159	100 %

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (bivariate relationship) โดยใช้วิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson product moment correlation coefficient) พบว่า ทุกตัวแปรมีความสัมพันธ์ทางบวกต่อกันเมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของแต่ละตัวแปรพบว่า เป้าหมายการศึกษาต่อมีความสัมพันธ์ทางบวกกับประสบการณ์การฝึกงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันเท่ากับ ($r = 0.754$, $p < 0.001$)

ผลจากการคัดกรองความสอดคล้องและไม่สอดคล้องระหว่างเป้าหมายการศึกษาต่อกับประสบการณ์การฝึกงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 159 คน สรุปได้ว่า มีนักเรียนจำนวน 123 คนที่มีความสอดคล้องระหว่างเป้าหมายการศึกษาต่อกับประสบการณ์การฝึกงานและจำนวน 36 คน ที่ไม่มีความสอดคล้องระหว่างเป้าหมายการศึกษาต่อกับประสบการณ์การฝึกงาน จึงนำนักเรียนทั้ง 36 คนเข้าร่วมการทดลองในระยะที่ 2

ระยะที่ 2

1.ก่อนทดลอง การทดลองระยะที่ 2 แบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยวิธีการจับฉลาก (Lottery) การจับฉลากโดยการเขียนชื่อหน่วยตัวอย่างมาทำฉลากแล้วหยิบจนครบตามจำนวนที่ต้องการ ทำการสุ่มหยิบรายชื่อนักเรียนกลุ่มควบคุมและกลุ่มตัวอย่างสลับกันจนครบจำนวนกลุ่มละ 18 คน นำนักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม ทำแบบสำรวจอาชีพ SDS ก่อนทดลอง ได้ผลสรุปดังนี้

ตารางที่ 2 : ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ก่อนการทดลอง

ก่อนการทดลอง		N	$\overline{X}$	SD	t	*P*
	กลุ่มทดลอง	18	12.66	2.00	0.455	0.326
	กลุ่มควบคุม	18	12.11	1.64		

จากตารางที่ 1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่า t และค่า *p* ก่อนการทดลอง กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยที่ 12.66 กลุ่มควบคุมที่ 12.11 t = 0.455 ค่า t นี้แสดงถึงขนาดของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยมีค่าต่ำ ซึ่งบ่งชี้ว่าความแตกต่างระหว่างสองกลุ่มไม่มากนัก p = 0.326 ค่า *p-value* ที่ได้จากการทดสอบเท่ากับ 0.326 ซึ่งมากกว่า 0.05 ดังนั้น จึงไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานว่า ค่าเฉลี่ยของสองกลุ่มเท่ากัน ซึ่งหมายความว่าผลการทดสอบนี้ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

2. ทดลองโดยใช้โปรแกรมแนะแนวเพื่อพัฒนาทักษะทางการศึกษาในยุคดิจิทัล ผู้วิจัยใช้ เวลาในการจัดกิจกรรมแนะแนวจำนวน 12 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 ครั้ง ครั้งละ 50 นาที รวมทั้งสิ้น 24 ครั้ง โดยใช้เวลาหลังเลิกเรียนในการจัดกิจกรรม

พัฒนาความสามารถสู่เป้าหมายการศึกษาต่อ

ใบกิจกรรมการตรวจสอบความสามารถของฉัน

ชื่อ-สกุลนักเรียน.....**ชั้น ม.** ...../..... **เลขที่**.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนอ่านข้อความที่เป็นคุณลักษณะความสามารถต่าง ๆ จากนั้นให้ทำเครื่องหมาย √ หน้าข้อความที่ตรงกับความสามารถของตนเอง โดยข้อความดังกล่าวสามารถ เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ

ฉันสามารถใช้เครื่องมือทางช่างไม้	ฉันเล่นดนตรีบางชนิดได้	ฉันสามารถให้คำแนะนำการทำงาน แก่ผู้อื่นได้
ฉันแก้ซ่อมเครื่องไฟฟ้า เล็ก ๆ น้อยๆ ในบ้านได้	ฉันสามารถขับร้องเสียงประสานได้	ฉันมีความสามารถในการขายของ
ฉันซ่อมแซมเครื่องเรือนได้	ฉันเขียนรูปเหมือนได้	ฉันรู้วิธีที่จะเป็นผู้นำที่ประสบความสำเร็จ
ฉันสามารถซ่อมท่อน้ำง่ายๆได้	ฉันออกแบบเครื่องแต่งกายได้	ฉันได้วิเริ่มดำเนินธุรกิจการค้าหรือ บริการของตนเอง
ฉันบอกชื่ออาหาร 3 ชนิด ที่มีโปรตีนสูงได้	ฉันแต่งเรื่องหรือโคลงกลอนได้	ฉันเป็นผู้จัดตั้งชมรม

ภาพที่2 : ตัวอย่างโปรแกรมแนะแนวเพื่อพัฒนาทักษะทางการศึกษาในยุคดิจิทัล

3.หลังการทดลอง หลังจากนักเรียนกลุ่มทดลองเข้าร่วมโปรแกรมแนะแนวเพื่อพัฒนาทักษะทางการศึกษาในยุคดิจิทัลครบทั้ง 24 ครั้ง จึงนำนักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมทำสำรวจอาชีพ SDS หลังทดลอง เพื่อเปรียบเทียบผลความสอดคล้องระหว่างเป้าหมายการศึกษาต่อกับประสบการณ์การฝึกงาน ได้ผลสรุปดังนี้

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบียนมาตรฐาน หลังการทดลอง

หลังการทดลอง		N	$\overline{X}$	SD	t	*P*
	กลุ่มทดลอง	18	25.55	3.48	14.19	< .001
	กลุ่มควบคุม	18	11.94	2.09		

จากตารางที่ 2 ผลการวิจัยหลังจากการทดลองพบว่ากลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยที่สูงกว่า 25.55 เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม 11.94 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโปรแกรมแนะแนวช่วยเพิ่มทักษะและทิศทางอาชีพในยุคดิจิทัล ในกลุ่มทดลองนั้นได้ผลดีกว่ากลุ่มที่ไม่เข้าร่วมโปรแกรม (กลุ่มควบคุม) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่า SD ของกลุ่มทดลอง 3.48 สูงกว่ากลุ่มควบคุม 2.09 ซึ่งหมายความว่าผลลัพธ์ของกลุ่มทดลองมีความหลากหลายมากกว่ากลุ่มควบคุม ค่า t = 14.19 ค่า t-value นี้แสดงถึงขนาดของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ซึ่งค่า t ที่มีขนาดใหญ่ (14.19) แสดงว่า ความแตกต่างระหว่างสองกลุ่มมีความสำคัญอย่างมาก ค่า *p-value* = <.001 ค่า *p-value* ที่ได้จากการทดสอบน้อยกว่า 0.001 หมายความว่าผลการทดสอบนี้มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแสดงว่าความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีความหมาย และเป็นการยืนยันว่ากลุ่มทดลองมีการเปลี่ยนแปลงที่มากกว่ากลุ่มควบคุม จากตารางดังกล่าวสรุปได้ว่าโปรแกรมแนะแนวที่ใช้ในกลุ่มทดลองมีผลต่อการเสริมสร้างทักษะและทิศทางอาชีพในยุคดิจิทัลได้ดีกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งแสดงให้เห็นได้จากค่าเฉลี่ยที่สูงกว่าและผลการทดสอบทางสถิติที่มีนัยสำคัญ

อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาความสอดคล้องระหว่างเป้าหมายการศึกษาต่อกับประสบการณ์การฝึกงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียน มอ.วิทยานุสรณ์จำนวน 159 คน พบว่านักเรียนในระยะที่ 1 ที่มีความสอดคล้องระหว่างเป้าหมายการศึกษาต่อกับประสบการณ์การฝึกงานจำนวน 123 คน คิดเป็นร้อยละ 77.4 และนักเรียนที่ไม่มีความสอดคล้องระหว่างเป้าหมายการศึกษาต่อกับประสบการณ์การฝึกงาน จำนวน 36 คน คิดเป็นร้อยละ 22.6 จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่านักเรียนจำนวน 123 คน ที่มีความสอดคล้องระหว่างเป้าหมายการศึกษาต่อกับประสบการณ์การฝึกงานอยู่ในเกณฑ์สอดคล้องมาก ทั้งนี้เป็นเพราะว่านักเรียนในโรงเรียนได้รับความรู้ ข้อมูล ข่าวสาร ต่าง ๆ เกี่ยวกับอาชีพ และได้มีโอกาสเข้าร่วมกิจกรรมจากทางโรงเรียน เช่น โครงการแนะแนวการศึกษาต่อการฝึกประสบการณ์วิชาชีพในอาชีพที่สนใจ รวมถึงการเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนการสอนในรายวิชาแนะแนว ส่งผลให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรง

นักเรียนจำนวน 36 คนที่ไม่มีความสอดคล้องระหว่างเป้าหมายการศึกษาต่อกับประสบการณ์การฝึกงาน พบว่า มีปัจจัยต่าง ๆ ที่ทำให้นักเรียนกลุ่มนี้ไม่มีความสอดคล้อง ดังนี้ 1) ปัจจัยจากผู้ปกครอง เนื่องจากความต้องการของผู้ปกครองไม่สอดคล้องกับความสนใจจริง ๆ ของนักเรียน ทำให้นักเรียนเลือกสถานที่ฝึกงานไม่สอดคล้องกับเป้าหมายการศึกษาของตนเอง 2) ปัจจัยจากสังคม ความนิยมในการเรียนคณะหรือสาขาที่เป็นที่นิยมของสังคมทำให้นักเรียนเลือกที่จะเข้าเรียนในคณะหรือสาขาที่เป็นแนวสังคมนิยม โดยไม่คำนึงถึงความถนัดและความสนใจของตนเอง ดังนั้นช่วงวัยของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายกำลังเป็นช่วงที่แสวงหาข้อมูลและมีความสนใจกับกิจกรรมต่าง ๆ ทางสังคม จะทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการร่วมกิจกรรมและนำไปสู่การตัดสินใจเป้าหมายทางการศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้นได้ดีมาก ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของซูเปอร์ Super (1980 อ้างอิงจากนิรันดร์ จุลทรัพย์, 2558) กล่าวว่านักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย นับว่าเป็นวัยที่กำลังสนใจและแสวงหาอาชีพ เริ่มมีการพิจารณาความสามารถ ความถนัดและความสนใจของตนเอง

จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความสอดคล้องระหว่างเป้าหมายการศึกษาต่อกับประสบการณ์การฝึกงาน ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิผลของการจัดกิจกรรมแนะแนวและการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ภายในสถานศึกษา โดยผลการวิจัย

ดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าโปรแกรมแนะแนวในครั้งนี้เน้นกระบวนการวางแผนอย่างต่อเนื่อง อาศัยข้อมูลจากประสบการณ์ตรงของผู้เรียน ประกอบกับเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสำรวจอาชีพ S.D.S. ที่มีบทบาทสำคัญในการช่วยให้นักเรียนตระหนักถึงความเชื่อมโยงระหว่างตัวตน ความสนใจ และโอกาสในเส้นทางอาชีพอย่างมีระบบ นอกจากนี้ผลการวิจัยยังสะท้อนให้เห็นถึงบทบาทของกระบวนการแนะแนวในฐานะกลไกสำคัญที่เอื้อต่อการพัฒนาทิศทางการศึกษาของนักเรียนอย่างชัดเจน อันส่งผลต่อการตัดสินใจที่มีเป้าหมายและสอดคล้องกับศักยภาพส่วนบุคคล ทั้งนี้หากมีการนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนารูปแบบการแนะแนวเชิงระบบในระดับสถานศึกษาหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง จะสามารถเสริมสร้างประสิทธิภาพของกระบวนการเตรียมความพร้อมนักเรียนในการเข้าสู่เส้นทางการศึกษาและอาชีพที่เหมาะสมกับตนเองในระยะยาวได้อย่างมั่นคงและยั่งยืน

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. การวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) ควรมีการวิจัยเชิงลึกโดยการสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มที่ไม่มีความสอดคล้อง (36 คน) และผู้ปกครอง เพื่อทำความเข้าใจถึงพลวัต ความคิด และเหตุผลที่ซับซ้อนเบื้องหลังความไม่สอดคล้องดังกล่าว ซึ่งจะให้ข้อมูลเชิงลึกที่การวิจัยเชิงปริมาณไม่สามารถให้ได้

2. การวิจัยระยะยาว (Longitudinal Study) ควรมีการติดตามผลนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้ง 159 คน ต่อไปในระดับอุดมศึกษา เพื่อศึกษาว่านักเรียนกลุ่มที่มีความสอดคล้องสามารถคงอยู่ในสาขาวิชาที่เลือกและประสบความสำเร็จได้หรือไม่ และนักเรียนกลุ่มที่ไม่มีความสอดคล้องมีการเปลี่ยนแปลงการตัดสินใจหรือปรับตัวอย่างไร ซึ่งจะช่วยยืนยันความสำคัญของการวางแผนอาชีพตั้งแต่ระดับมัธยมศึกษาได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

อ้างอิง

กองเศรษฐกิจแรงงาน. (2567). *รายงานผลการวิเคราะห์ข้อมูลอุปสงค์และอุปทานแรงงาน ระดับประเทศ ปี 2567*. กรุงเทพฯ: กระทรวงแรงงาน.

จิราภา บุตรสีตะราช, พัชราภรณ์ ศรีสวัสดิ์ และ ครรชิต แสนอุบล. (2563). การเสริมสร้างความพร้อมทางอาชีพของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายโดยกิจกรรมแนะ*แนว. วารสารศึกษาศาสตร์ มมร คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหามกุฏราชวิทยาลัย*, 9(2), 295-307.

เจียรนัย ทรงชัยกุล. (2557). *เอกสารการสอนชุดวิชาหลักและระบบงานแนะแนวในสถานศึกษา*. นนทบุรี: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ธีรวุฒิ เอกะกุล. (2543) *ระเบียบวิธีวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์.* อุบลราชธานี : สถาบันราชภัฏอุบลราชธานี.

นิรันดร์ จุลทรัพย์. (2558). *การแนะแนวอาชีพ*. สงขลา: บริษัทนำศิลป์โฆษณา จำกัด.

วลัยนาสภ์ มีพันธุ์, สุวิธิดา จรุงเกียรติกุล และ รับขวัญ ภูษาแก้ว. (2566) ความสามารถในการวางแผนอาชีพของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นในประเทศไทย. *Journal of Roi Kaensarn Academi*. (8)2, 319-337

วัลภา สบายยิ่ง. (2563). *เอกสารการสอนชุดวิชาการแนะแนวในระดับมัธยมศึกษา*. นนทบุรี: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

P 19

การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะปฏิบัติการทางชีวเคมี และความพึงพอใจของนิสิต โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับการทดลองเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในรายวิชาชีวเคมีของนิสิตระดับปริญญาตรี

เนตรนภา ชะนะ[1]* พนิตา ก้งชุ่น[2] ปริชาติ เทพทอง[3] และนิษา ไพจิตร[4]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาชีวเคมีก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับการทดลองเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส 2) ศึกษาทักษะปฏิบัติการทางชีวเคมีของนิสิตหลังการจัดการเรียนรู้ และ 3) ศึกษาความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ กลุ่มตัวอย่างคือนิสิตระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 2 มหาวิทยาลัยทักษิณ ที่ลงทะเบียนในรายวิชาชีวเคมี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 13 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับการทดลองเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส จำนวน 3 แผน 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3) แบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางชีวเคมี และ 4) แบบสอบถามความพึงพอใจของนิสิต วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่า t ผลการวิจัยพบว่า 1) นิสิตมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นิสิตมีทักษะปฏิบัติการทางชีวเคมีโดยรวมอยู่ในระดับดี โดยมีทักษะด้านการเตรียมความพร้อมก่อนการทดลองและด้านการปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนอยู่ในระดับดีเยี่ยม และ 3) นิสิตมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับการทดลองเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะปฏิบัติการ และความพึงพอใจของนิสิตในรายวิชาชีวเคมี

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ เอนไซม์เปอร์ออกซิเดส ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะปฏิบัติการทางชีวเคมี ความพึงพอใจ

[1] อาจารย์, สาขาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ, ศูนย์นวัตกรรมเคมีวัสดุเพื่อสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยทักษิณ 93210

[2] อาจารย์, สาขาวิทยาศาสตร์กายภาพ, ศูนย์นวัตกรรมเคมีวัสดุเพื่อสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยทักษิณ 93210

[3] อาจารย์, สาขาวิทยาศาสตร์กายภาพ, ศูนย์นวัตกรรมเคมีวัสดุเพื่อสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยทักษิณ 93210

[4] นักวิทยาศาสตร์, สาขาวิทยาศาสตร์กายภาพ คณะวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

[1] Lecturer, Biological Sciences Program, Innovative Material Chemistry for Environment Center, Faculty of Science and Digital Innovation, Thaksin University, Phatthalung 93210

[2] Lecturer, Physical Sciences Program, Innovative Material Chemistry for Environment Center, Faculty of Science and Digital Innovation, Thaksin University, Phatthalung 93210

[3] Lecturer, Physical Sciences Program, Innovative Material Chemistry for Environment Center, Faculty of Science and Digital Innovation, Thaksin University, Phatthalung 93210

[4] Scientist, Physical Sciences Program, Faculty of Science and Digital Innovation, Thaksin University, Phatthalung 93210

* Corresponding Author: E-mail: netnapa@tsu.ac.th

A Study of Learning Achievement, Biochemistry Practical Skills, and Student Satisfaction Using Inquiry-Based Learning with Peroxidase Enzyme Experiments in Undergraduate Biochemistry Course

Netnapa Chana[1], Panita Kongsune[2], Parichat Thepthong[3] and Nisa Phaichit[4]

Abstract

This research aimed to 1) compare biochemistry learning achievement before and after using inquiry-based learning with peroxidase enzyme experiments, 2) study biochemistry practical skills after instruction, and 3) study student satisfaction toward the learning management. The sample consisted of 13 second-year undergraduate students at Thaksin University who enrolled in Biochemistry course in the first semester of academic year 2023, selected by purposive sampling. The research instruments included 1) three inquiry-based learning lesson plans with peroxidase enzyme experiments, 2) a learning achievement test, 3) a biochemistry practical skills assessment form, and 4) a student satisfaction questionnaire. Data were analyzed using mean, standard deviation, and t-test. The results showed that 1) students' learning achievement after instruction was significantly higher than before instruction at the .05 level, 2) students' overall biochemistry practical skills were at a good level, with preparation before the experiment and following experimental procedures skills at an excellent level, and 3) students' overall satisfaction toward the learning management was at the highest level. The findings indicate that inquiry-based learning with peroxidase enzyme experiments is an effective approach for developing students' learning achievement, practical skills, and satisfaction in biochemistry courses.

Keywords: Inquiry-based learning, Peroxidase enzyme, Learning achievement, Biochemistry practical skills, Satisfaction

บทนำ

ชีวเคมีเป็นศาสตร์พื้นฐานที่มีความสำคัญต่อการศึกษาในสาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพและวิทยาศาสตร์ชีวภาพ เนื่องจากเป็นการศึกษาโครงสร้างและหน้าที่ของสารชีวโมเลกุลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางชีวภาพในสิ่งมีชีวิต อย่างไรก็ตามการเรียนการสอนวิชาชีวเคมีในระดับอุดมศึกษาประสบปัญหาหลายประการ เช่น นิสิตขาดความเข้าใจในเนื้อหาที่เป็นนามธรรมและซับซ้อน และขาดทักษะปฏิบัติการที่จำเป็น โดยเฉพาะด้านการวิเคราะห์และอภิปรายผลการทดลอง การสอนแบบดั้งเดิมที่เน้นการบรรยายเป็นหลัก ส่งผลให้นิสิตขาดแรงจูงใจในการเรียนรู้และไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ทฤษฎีกับการปฏิบัติได้ (ปรียา พงศาปาน และคณะ, 2561) การเรียนการสอนวิชาชีวเคมีในระดับอุดมศึกษาจึงมีความท้าทายอย่างยิ่งในการทำให้นิสิตเข้าใจหลักการที่ซับซ้อนและสามารถเชื่อมโยงความรู้ทฤษฎีสู่การประยุกต์ใช้ได้จริง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ซึ่งเป็นโปรตีนที่ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาเคมีในสิ่งมีชีวิต เอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (Peroxidase) เป็นเอนไซม์ที่พบได้ทั่วไปในพืชและสัตว์หลายชนิด มีบทบาทสำคัญในการป้องกันเซลล์จากความเสียหายโดยทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ซึ่งเป็นสารพิษที่เกิดขึ้นในกระบวนการเมแทบอลิซึมของเซลล์ (Curieses Andrés et al., 2022) คุณสมบัติพิเศษของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่น่าสนใจคือความสามารถในการเปลี่ยนสีของสารตั้งต้นเมื่อทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ทำให้สามารถสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงได้อย่างชัดเจน การทดลองเกี่ยวกับเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในห้องปฏิบัติการจึงเป็นการเชื่อมโยงความรู้ทางทฤษฎีเข้ากับปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวัน

การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะ (Inquiry-based learning) เป็นแนวทางการสอนที่มุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนได้รับความรู้และสร้างความรู้ด้วยตนเอง กระตุ้นให้ผู้เรียนตั้งคำถาม แสวงหาคำตอบตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากการศึกษาของวรรณภา ปัตตะราช (2567) พบว่านักเรียนที่เรียนรู้ผ่านการสืบเสาะมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ และมีความพึงพอใจในระดับสูง (วรรณภา ปัตตะราช, 2567) นอกจากนี้การศึกษาของ García-Ponce et al. (2019) ยังพบว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะในรายวิชาชีวเคมีเกี่ยวกับเอนไซม์ส่งผลให้นักศึกษามีผลสัมฤทธิ์ของเป้าหมายการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับการทดลองเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในรายวิชาชีวเคมี เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะปฏิบัติการทางชีวเคมี และความพึงพอใจของนิสิต เพื่อส่งเสริมให้นิสิตได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบการทดลองและแก้ปัญหาด้วยตนเอง

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) แบบกลุ่มเดียววัดผลก่อน-หลัง โดยดำเนินการตามขั้นตอน PAOR ประกอบด้วย การวางแผน การปฏิบัติตามแผน การสังเกตตรวจสอบผล และการสะท้อนผล

1. ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับการทดลองเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส

ตัวแปรตาม ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาชีวเคมี ทักษะปฏิบัติการทางชีวเคมี ความพึงพอใจของนิสิต

2. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างคือ นิสิตระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 2 มหาวิทยาลัยทักษิณ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 13 คน ที่ลงทะเบียนในรายวิชาชีวเคมี ได้มาจากการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (purposive sampling)

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับการทดลองเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในรายวิชาชีวเคมี จำนวน 3 แผน ได้แก่ 1) ผลของความเข้มข้นของเอนไซม์ต่อการทำงานของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส 2) ผลของอุณหภูมิต่อการทำงานของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส และ 3) ผลของตัวยับยั้งต่อการทำงานของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส แต่ละแผนใช้เวลา 3 ชั่วโมง โดยจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอน 5E ได้แก่ การสร้างความสนใจ การสำรวจและค้นหา การอธิบายและลงข้อสรุป การขยายความรู้ และการประเมินผล แผนการเรียนรู้ผ่านการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน โดยใช้แบบประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ในด้านความถูกต้องของเนื้อหา ความเหมาะสมของกิจกรรม และความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์

3.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส จำนวน 30 ข้อ เป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละข้อ คือ ตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดหรือไม่ตอบให้ 0 คะแนน

3.3 แบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางชีวเคมี

แบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติการทางชีวเคมี ประกอบด้วย 5 ด้าน แสดงดังตารางที่ 1 และนำช่วงคะแนนของแต่ละด้านมากำหนดระดับความสามารถในปฏิบัติการทางชีวเคมี แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 แบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางชีวเคมี

ระดับคุณภาพ	ระดับดีเยี่ยม (4)	ระดับดี (3)	ระดับพอใช้ (2)	ระดับปรับปรุง (1)
1. ด้านการเตรียมความพร้อมก่อนการทดลอง	มีการเตรียมความพร้อมด้านข้อมูลและอุปกรณ์ครบถ้วนสมบูรณ์	มีการเตรียมความพร้อมด้านข้อมูลและอุปกรณ์เกือบครบถ้วน	มีการเตรียมความพร้อมด้านข้อมูลและอุปกรณ์บางส่วน	ขาดการเตรียมความพร้อมด้านข้อมูลและอุปกรณ์
2. ด้านการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือในห้องปฏิบัติการ	ใช้อุปกรณ์และเครื่องมือได้อย่างถูกต้องและคล่องแคล่ว	ใช้อุปกรณ์และเครื่องมือได้ถูกต้องแต่ไม่คล่องแคล่ว	ใช้อุปกรณ์และเครื่องมือได้ถูกต้องบางครั้ง	ใช้อุปกรณ์และเครื่องมือไม่ถูกต้อง
3. ด้านการปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอน	ปฏิบัติตามขั้นตอนได้อย่างถูกต้องและเป็นระบบ	ปฏิบัติตามขั้นตอนได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	ปฏิบัติตามขั้นตอนได้ถูกต้องบางส่วน	ปฏิบัติตามขั้นตอนไม่ถูกต้อง
4. ด้านการบันทึกและวิเคราะห์ผลการทดลอง	บันทึกและวิเคราะห์ผลการทดลองได้ครบถ้วนและถูกต้อง	บันทึกและวิเคราะห์ผลการทดลองได้เกือบครบถ้วน	บันทึกและวิเคราะห์ผลการทดลองได้บางส่วน	บันทึกและวิเคราะห์ผลการทดลองไม่ถูกต้อง

5. ด้านการสรุปและอภิปรายผลการทดลอง	สรุปและอภิปรายผลการทดลองได้ถูกต้องครบถ้วน และมีการเชื่อมโยงกับทฤษฎี	สรุปและอภิปรายผลการทดลองได้ถูกต้อง แต่เชื่อมโยงกับทฤษฎีได้บางส่วน	สรุปและอภิปรายผลการทดลองได้ถูกต้องบางส่วน	สรุปและอภิปรายผลการทดลองไม่ถูกต้อง

ตารางที่ 2 ช่วงคะแนนและระดับความสามารถในปฏิบัติการทางชีวเคมีในแต่ละด้าน

คะแนนแต่ละด้าน (เต็ม 4 คะแนน)	ระดับคุณภาพ	คะแนนรวมทุกด้าน (รวม 20 คะแนน)	ระดับคุณภาพ
3.51 - 4.00	ดีเยี่ยม	17.51 - 20.00	ดีเยี่ยม
2.51 - 3.50	ดี	12.51 - 17.50	ดี
1.51 - 2.50	พอใช้	7.51 - 12.50	พอใช้
1.00 - 1.50	ปรับปรุง	5.00 - 7.50	ปรับปรุง

3.4 แบบสอบถามวัดระดับความพึงพอใจ

แบบสอบถามวัดความพึงพอใจตามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับของลิเคิร์ท โดยมีเกณฑ์การแปรค่าเฉลี่ย ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 - 5.00 หมายความว่าพึงพอใจมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51 - 4.50 หมายความว่าพึงพอใจมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51 - 3.50 หมายความว่าพึงพอใจปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 - 2.50 หมายความว่าพึงพอใจน้อย

และค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.50 หมายความว่าพึงพอใจน้อยที่สุด

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้ 1) ชี้แจงให้นิสิตทราบเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ 2) ทดสอบก่อนเรียน 3) ดำเนินการสอนตามแผน 4) ทดสอบหลังเรียน ประเมินทักษะปฏิบัติการ และวัดความพึงพอใจ และ 5) วิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยการวิเคราะห์เนื้อหา วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที ประเมินทักษะปฏิบัติการโดยใช้เกณฑ์ที่กำหนดในตารางที่ 1-2 และวิเคราะห์ความพึงพอใจตามเกณฑ์ค่าเฉลี่ย 5 ระดับ

ผลการวิจัย

1. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน

การวิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาชีวเคมี เรื่องเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส ของนิสิตก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับการทดลองเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส แสดงดังตารางที่ 3 นิสิตมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียน ($\bar{X}$ = 22.63, S.D. = 3.14) สูงกว่าก่อนเรียน ($\bar{X}$ = 10.45, S.D. = 2.87) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t = 16.78, p = .000) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้ แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับการทดลองเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนิสิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาชีวเคมี เรื่องเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

การทดสอบ	N	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	t	p
ก่อนเรียน	13	30	10.45	2.87	16.78*	.000
หลังเรียน	13	30	22.63	3.14		

*p < .05

2. การศึกษาทักษะปฏิบัติการทางชีวเคมี

ผลการศึกษาทักษะปฏิบัติการทางชีวเคมีของนิสิตที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับการทดลองเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส แสดงดังตารางที่ 4 พบว่านิสิตที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับการทดลองเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสมีทักษะปฏิบัติการทางชีวเคมีโดยรวมอยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 17.25, S.D. = 2.22) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่านิสิตมีทักษะปฏิบัติการทางชีวเคมีในด้านการเตรียมความพร้อมก่อนการทดลอง ($\bar{X}$ = 3.65, S.D. = 0.48) และด้านการปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอน ($\bar{X}$ = 3.58, S.D. = 0.50) อยู่ในระดับดีเยี่ยม ส่วนด้านการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือในห้องปฏิบัติการ ($\bar{X}$ = 3.42, S.D. = 0.55) ด้านการบันทึกและวิเคราะห์ผลการทดลอง ($\bar{X}$ = 3.33, S.D. = 0.57) และด้านการสรุปและอภิปรายผลการทดลอง ($\bar{X}$ = 3.27, S.D. = 0.60) อยู่ในระดับดี

3. ผลการศึกษาความพึงพอใจของนิสิต

ผลการศึกษาความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับการทดลองเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจจากแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า แสดงดังตารางที่ 5 พบว่านิสิตมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับการทดลองเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในรายวิชาชีวเคมีโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.61, S.D. = 0.52) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่านิสิตมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุดทุกด้าน โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านผู้สอน ($\bar{X}$ = 4.68, S.D. = 0.49) รองลงมา คือด้านกิจกรรมการเรียนรู้ ($\bar{X}$ = 4.66, S.D. = 0.50) ด้านการวัดและประเมินผล ($\bar{X}$ = 4.58, S.D. = 0.54) และด้านสื่อและอุปกรณ์การเรียนรู้ ($\bar{X}$ = 4.55, S.D. = 0.57) ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ผู้สอนมีความรู้และทักษะในเนื้อหาที่สอน ($\bar{X}$ = 4.80, S.D. = 0.41) รองลงมา คือ กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นิสิตได้คิดและลงมือปฏิบัติ ($\bar{X}$ = 4.75, S.D. = 0.44) และผู้สอนมีการเตรียมการสอนที่ดี ($\bar{X}$ = 4.73, S.D. = 0.45) ตามลำดับ ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ สื่อและอุปกรณ์การเรียนรู้มีจำนวนเพียงพอต่อนิสิต ($\bar{X}$ = 4.40, S.D. = 0.67) แต่ยังคงอยู่ในระดับมาก

ตารางที่ 4 ผลการศึกษาทักษะปฏิบัติการทางชีวเคมีของนิสิตที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับการทดลองเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส

ทักษะปฏิบัติการทางชีวเคมี	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. การเตรียมความพร้อมก่อนการทดลอง	4	3.65	0.48	ดีเยี่ยม
2. การใช้อุปกรณ์และเครื่องมือในห้องปฏิบัติการ	4	3.42	0.55	ดี
3. การปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอน	4	3.58	0.50	ดีเยี่ยม
4. การบันทึกและวิเคราะห์ผลการทดลอง	4	3.33	0.57	ดี

5. การสรุปและอภิปรายผลการทดลอง	4	3.27	0.60	ดี
รวม	20	17.25	2.22	ดี

ตารางที่ 5 ความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับการทดลองเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
ด้านผู้สอน	4.68	0.49	มากที่สุด
ด้านกิจกรรมการเรียนรู้	4.66	0.50	มากที่สุด
ด้านสื่อและอุปกรณ์การเรียนรู้	4.55	0.57	มากที่สุด
ด้านการวัดและประเมินผล	4.58	0.54	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม	4.61	0.52	มากที่สุด

หมายเหตุ: รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ ผู้สอนมีความรู้และทักษะในเนื้อหาที่สอน ($\bar{X}$ = 4.80) กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นิสิตได้คิดและลงมือปฏิบัติ ($\bar{X}$ = 4.75) และผู้สอนมีการเตรียมการสอนที่ดี ($\bar{X}$ = 4.73) ส่วนรายการที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ สื่อและอุปกรณ์การเรียนรู้มีจำนวนเพียงพอต่อนิสิต ($\bar{X}$ = 4.40)

อภิปรายผลการวิจัย

1. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน

ผลการวิจัยพบว่านิสิตที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ร่วมกับการทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเน้นให้นิสิตได้เรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติและการค้นหาคำตอบด้วยตนเอง ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหาและลงข้อสรุป ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสุวิชาดา ปักกุลนันท์ และผดุง เพชรสุข (2567) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ร่วมกับแผนผังความคิดวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์เชิงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวสูงกว่าก่อนเรียน (สุวิชาดา ปักกุลนันท์ และผดุง เพชรสุข, 2567) นอกจากนี้ผลสัมฤทธิ์ที่เพิ่มขึ้นนี้อาจเกิดจากการที่นิสิตได้เห็นปรากฏการณ์การเปลี่ยนสีของสารในปฏิกิริยาที่มีเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้เข้าใจกลไกการทำงานของเอนไซม์ได้อย่างเป็นรูปธรรม ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ ทิพย์รัตน์ มังกรทอง (2558) ที่พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะในรายวิชาชีววิทยาช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น โดยพบว่าคะแนนเพิ่มขึ้นจาก 55.12% เป็น 80.04% (เพิ่มขึ้น 45.21%) (ทิพย์รัตน์ มังกรทอง, 2558) ในขณะที่งานวิจัยนี้พบการเพิ่มขึ้นจาก 34.8% เป็น 75.4% (เพิ่มขึ้น 116.6%) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับการทดลองเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสให้ผลสัมฤทธิ์ที่สูงกว่าอย่างชัดเจน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการผสมผสานการทดลองที่มีการเปลี่ยนแปลงที่สังเกตเห็นได้ชัดเจน ทำให้นิสิตเกิดความเข้าใจในเนื้อหาได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ผลการวิจัยยังสอดคล้องกับ García-Ponce et al. (2019) ที่พบว่านักศึกษามีความเข้าใจในหลักการทำงานของเอนไซม์เพิ่มขึ้นจาก 32% เป็น 64% เมื่อใช้การทดลอง

เอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในการสอน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการทดลองเกี่ยวกับเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเป็นหัวข้อที่เหมาะสมสำหรับการสอนในระดับอุดมศึกษา (García-Ponce et al., 2019) ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ได้แก่ 1) ความเชี่ยวชาญของผู้สอน ซึ่งจากผลการประเมินความพึงพอใจพบว่านิสิตให้คะแนนสูงสุดในด้านผู้สอนมีความรู้และทักษะในเนื้อหาที่สอน 2) การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสมตามขั้นตอน 5E และ 3) การเชื่อมโยงเนื้อหากับชีวิตประจำวัน ซึ่งกระตุ้นความสนใจและแรงจูงใจในการเรียนรู้ของนิสิต

2. ทักษะปฏิบัติการทางชีวเคมี

ผลการวิจัยที่พบว่านิสิตมีทักษะปฏิบัติการทางชีวเคมีโดยรวมอยู่ในระดับดี โดยมีทักษะด้านการเตรียมความพร้อมก่อนการทดลองและด้านการปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนอยู่ในระดับดีเยี่ยม อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะทำให้นิสิตได้ฝึกทักษะการวางแผนการทดลอง การเตรียมอุปกรณ์และสารเคมี และการปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนที่วางแผนไว้ ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานของ García-Caballero et al. (2022) ที่พบว่าการจัดประสบการณ์วิจัยระดับปริญญาตรีที่ใช้หลักสูตรเป็นฐาน (CURE) ในรายวิชาชีวเคมีเภสัชวิทยา ช่วยพัฒนาทักษะการเตรียมความพร้อมก่อนทดลองและ การปฏิบัติการทดลองของนักศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยนักศึกษาได้ฝึกการจัดหาสารเคมี ปรับวิธีการทดลอง และตรวจสอบความถูกต้องจนมีประสบการณ์ตรงในการค้นหาสารยับยั้งเอนไซม์อะซิทิลโคลีนเอสเทอเรส (acetylcholinesterase) นอกจากนี้ผลการศึกษาสอดคล้องกับงานวิจัยที่ศึกษาผลของปฏิบัติการจลนศาสตร์ของเอนไซม์แบบสืบเสาะบนวัสดุท้องถิ่นที่พบว่า นักศึกษามีทักษะการคิดวิเคราะห์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหลังจากทำปฏิบัติการ โดยเฉพาะด้านการสนับสนุนพื้นฐาน (basic support) ที่พัฒนาในระดับสูง ในขณะที่ด้านการอนุมาน (inference) พัฒนาในระดับปานกลาง ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าการเรียนรู้แบบสืบเสาะช่วยพัฒนาทักษะพื้นฐานทางปฏิบัติการได้ดี (Sommer et al., 2021) อย่างไรก็ตาม งานวิจัยของ García-Caballero et al. (2022) พบว่านักศึกษาสามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้ในระดับซับซ้อน ในขณะที่งานวิจัยนี้พบว่านิสิตมีทักษะด้านการบันทึกและวิเคราะห์ผลการทดลองต่ำกว่าด้านอื่น ๆ ความแตกต่างนี้อาจเกิดจากการที่ García-Caballero จัดให้มีการศึกษาทั้งในหลอดทดลอง (in vitro) และการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ (in silico) โดยใช้เครื่องมืออย่าง R, PyMol และ Bio3D ช่วยในการวิเคราะห์ (García-Caballero et al., 2022)

3. ความพึงพอใจของนิสิต

ผลการวิจัยที่พบว่านิสิตมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เปิดโอกาสให้นิสิตได้เรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติและการค้นหาคำตอบด้วยตนเอง ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับ García-Ponce et al. (2019) พบว่านักศึกษาให้ความเห็นว่าการทดลองเกี่ยวกับเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเป็นกิจกรรมที่ "น่าสนใจและท้าทาย" มากกว่าการทดลองแบบดั้งเดิม การที่นิสิตมีความพึงพอใจสูงสุดในด้านผู้สอน แสดงให้เห็นว่าบทบาทของผู้สอนมีความสำคัญมากในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ โดยผู้สอนต้องมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหา สามารถกระตุ้นให้นิสิตคิดและตั้งคำถาม และให้คำแนะนำช่วยเหลือที่เหมาะสม ข้อจำกัดที่ควรปรับปรุง ได้แก่ ความเพียงพอของสื่อและอุปกรณ์การเรียนรู้ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด แม้จะอยู่ในระดับมากก็ตาม ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป ควรมีการวางแผนและจัดสรรงบประมาณสำหรับการจัดหาสื่อและอุปกรณ์ให้เพียงพอ

สรุปผลการวิจัย

นิสิตที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับการทดลองเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นิสิตมีทักษะปฏิบัติการทางชีวเคมีโดยรวมอยู่ในระดับดี โดยมีทักษะด้านการเตรียมความพร้อมก่อนการทดลองและด้านการปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนอยู่ในระดับดีเยี่ยม นิสิตมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับการทดลองเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับการทดลองเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาทั้งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะปฏิบัติการ และความพึงพอใจของนิสิตในรายวิชาชีวเคมี เนื่องจากเป็นวิธีการที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ส่งเสริมการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติ และเชื่อมโยงความรู้ทางทฤษฎีกับปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวัน

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณาจารย์และนักวิทยาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ชีวภาพและสาขาวิทยาศาสตร์กายภาพ คณะวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยทักษิณ และขอขอบคุณนิสิตสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตรและชีวภาพ มหาวิทยาลัยทักษิณ ที่ให้ความร่วมมือในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้

อ้างอิง

Curieses Andrés, C. M., Pérez de la Lastra, J. M., Andrés Juan, C., Plou, F. J., & Pérez-Lebeña, E. (2022). Chemistry of hydrogen peroxide formation and elimination in mammalian cells, and its role in various pathologies. *Stresses*, *2*(3), 256-274. https://doi.org/10.3390/stresses2030019

García-Caballero, M., Moya-García, A., Torres-Vargas, J. A., García-Ponce, Á. L., & Rodríguez-Quesada, A. (2022). A course-based undergraduate research experience to illustrate the early stages of the drug discovery process. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, *50*(5), 437-439. https://doi.org/10.1002/bmb.21644

García-Ponce, Á. L., Martínez-Poveda, B., Blanco-López, Á., Medina, M. Á., & Quesada, A. R. (2019). Not all has been said about glucose oxidase/peroxidase: New pedagogical uses for a classical and robust undergraduate laboratory experiment. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, *47*(3), 341-347. https://doi.org/10.1002/bmb.21224

Sommer, S., Sutter, J., & Merk, S. (2021). Teaching enzyme kinetics: A problem-solving approach using inquiry-based experiments and data analysis with R. *Journal of Chemical Education*, *98*(4), 1264-1272. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c01349

ทิพย์รัตน์ มังกรทอง. (2558). การศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้วิชาชีววิทยาด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค STAD สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *Veridian E-Journal, Silpakorn University ฉบับภาษาไทย สาขามนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์และศิลปะ*, *8*(1), 842-855.

ปรียา พงศาปาน, กิตติศักดิ์ นิวรัตน์ และสุชาติ ลี้ตระกูล. (2561). ปัจจัยเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา ประถมศึกษาเชียงราย เขต 3. *วารสารการวิจัยกาสะลองคำ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย*, *12*(1), 21-30. https://so04.tci-thaijo.org/index.php/ksk/article/view/132504

วรรณภา ปัตตะราช. (2567). *การจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบโดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมเพื่อส่งเสริมมโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย* (หมายเลข 12195) [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. Chula Digital Collections. https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd/12195

สุวิชาดา ปักกุลนันท์ และผดุง เพชรสุข. (2567). ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ร่วมกับแผนผังความคิด วิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. *วารสารสังคมศาสตร์วิจัย*, *15*(2), 73-89.

การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมด้วยการเรียนรู้แบบผสมผสาน เรื่องการทดสอบวัสดุ สำหรับช่างอุตสาหกรรม ในจังหวัดสงขลา

พิชิต เพ็งสุวรรณ[1]* จรัญ ธรรมใจ[2] และกฤษฎา คงพูน[3]

บทคัดย่อ

ช่างอุตสาหกรรมต้องมีการพัฒนาทักษะอยู่เสมอ โดยเฉพาะการทดสอบวัสดุ อันจะเป็นประโยชน์ในการปฏิบัติงานต่าง ๆ ของงานช่างอุตสาหกรรม วิธีการพัฒนาทักษะที่เอื้อต่อการเรียนรู้จึงมีความจำเป็น การวิจัยเรื่อง การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมด้วยการเรียนรู้แบบผสมผสาน เรื่องการทดสอบวัสดุ สำหรับช่างอุตสาหกรรม ในจังหวัดสงขลา มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1. หาคุณภาพของหลักสูตรฝึกอบรม 2. หาประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรม 3. หาความพึงพอใจของผู้ใช้หลักสูตรฝึกอบรม ประชากรเป็นแรงงานช่างอุตสาหกรรมในจังหวัดสงขลา กลุ่มตัวอย่างเลือกแบบเจาะจง เป็นช่างอุตสาหกรรมในจังหวัดสงขลา จำนวน 30 คน สถิติที่ใช้ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัย พบว่า 1. ความต้องการในการเพิ่มพูนทักษะและความรู้ ตามลำดับความต้องการดังนี้ การตรวจสอบด้วยสายตา การตรวจสอบด้วยผงแม่เหล็ก การตรวจสอบคลื่นเสียง การตรวจสอบด้วยน้ำยาแทรกซึม คุณภาพของหลักสูตรฝึกอบรมในภาพรวมอยู่ในระดับดี 2. ประสิทธิภาพของหลักสูตร พบว่าหลักสูตรที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ E1/E2 เท่ากับ 80.88/81.33 สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้คือ 70/70 3. ระดับของความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรมโดยภาพรวมอยู่ในระดับดี

คำสำคัญ: หลักสูตรฝึกอบรม การเรียนรู้แบบผสมผสาน การทดสอบวัสดุ

---

[1] ผู้ช่วยศาสตรจารย์, คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จังหวัดสงขลา 90000

[1] ผู้ช่วยศาสตรจารย์, คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จังหวัดสงขลา 90000

[1] ผู้ช่วยศาสตรจารย์, คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จังหวัดสงขลา 90000

[1] Assistant Professor, Faculty of Industrial Education and Technology Songkhla, Postal code 90000

[2] Assistant Professor, Faculty of Industrial Education and Technology Songkhla, Postal code 90000

[3] Assistant Professor, Faculty of Industrial Education and Technology Songkhla, Postal code 90000

* Corresponding Author: E-mail: pichit.p@rmutsv.ac.th, Tel: .0830938703

The Development of Blended-Learning Training Curriculum on Subject Material Testing for Industrial Technicians in Songkhla.

Pichit Pengsuwan [1*], Jaran Tamjai [2], and Kritsada Kongpoon[3]

Abstract

Industrial technicians must continuously develop their skills, especially in materials testing, which will be beneficial in various industrial tasks. Learning-friendly skill development methods are therefore necessary. The research on the development of a blended learning training curriculum on materials testing for industrial technicians in Songkhla Province aimed to: 1. Determine the quality of the training curriculum. 2. Determine the effectiveness of the training curriculum. 3. Determine the satisfaction of the training curriculum users. The population consisted of industrial technicians in Songkhla Province. The purposive sampling method was used to select a sample group of 30 industrial technicians in Songkhla Province. The statistics used were percentage, mean, and standard deviation. The research findings revealed that: 1. The needs for enhancing skills and knowledge, in order of priority, were visual inspection, magnetic particle testing, ultrasonic testing, and penetrant testing. The overall quality of the training curriculum was at a good level. 2. The effectiveness of the curriculum was found to be E1/E2 = 80.88/81.33, which was higher than the set criteria of 70/70. 3. The overall satisfaction level of the trainees was at a good level.

Keywords: Training curriculum, Blended-Learning, Material Testing.

บทนำ

ปัจจุบันศาสตร์ความรู้ต่างๆ ได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะองค์ความรู้ทางเทคโนโลยี ที่มีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก ดังนั้นการรู้เท่าทัน และพร้อมที่จะปรับตัวเองสู่สิ่งที่ดีกว่า จึงเป็นสิ่งที่ต้องดำเนินการ ช่างอุตสาหกรรมเป็นบุคลากรที่มีบทบาทขับเคลื่อนภาคอุตสาหกรรมการผลิต และภาคอุตสาหกรรมการผลิตนับเป็นกิจกรรมทางเศรษฐกิจ สาขาหนึ่งที่มีความสำคัญในการขับเคลื่อนการเจริญเติบโต ทางเศรษฐกิจของประเทศ ซึ่งปัจจุบันรัฐบาลมีนโยบายด้านการ พัฒนาอุตสาหกรรมที่ส่งเสริมการนำเทคโนโลยีชั้นสูงและนวัตกรรม ใหม่ๆ มาใช้ปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต เพื่อเป็นกลไกในการ ขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศไทยในระยะ 20 ปีข้างหน้าตามกรอบ การพัฒนาประเทศไทย 4.0 (สำนักงานสถิติแห่งชาติ : 2560)

จากการสำรวจของสำนักงานสถิติแห่งชาติ พบว่าในปีพ.ศ. 2560 จำนวนสถานประกอบการในจังหวัดสงขลา มีทั้งสิ้น 4141 แห่ง สร้างมูลค่าผลผลิตได้ 215,596,232.3 ล้านบาท นับว่าสูงที่สุดในภาคใต้ (สำนักงานสถิติแห่งชาติ : 2560.น.96) สิ่งหนึ่งที่สถานประกอบการต้องการให้ภาครัฐช่วยเหลือ คือการพัฒนาฝีมือของแรงงานและความรู้ ทักษะต่าง ๆ (สำนักงานสถิติแห่งชาติ : 2560.น.26) จากข้อมูลดังกล่าว จะเห็นว่ามีความต้องการในการพัฒนาฝีมือแรงงาน สำหรับแรงงานช่างอุตสาหกรรมสายการผลิตแล้ว มีทักษะเฉพาะทางอยู่หลายด้าน ขึ้นอยู่กับตำแหน่งงานและลักษณะงานเช่น ช่างเชื่อม ต้องมีทักษะ การทดสอบวัสดุ การเชื่อม การประกอบงาน เป็นต้น ในขณะที่ช่างกลโรงงาน ต้องมีทักษะการกลึง การเจาะ การใส การทดสอบวัสดุ เป็นต้น ดังนั้นจะเห็นว่าทักษะเฉพาะทางพื้นฐานที่เกือบจะทุกตำแหน่งงาน จำเป็นต้องมีคือ ความรู้และทักษะทางด้านการทดสอบวัสดุ

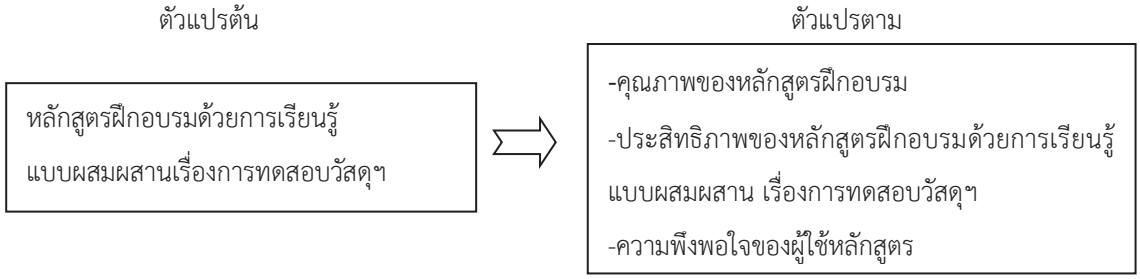
เพื่อการ Re-skill และ Up-skill ของแรงงานด้านนี้ให้มีประสิทธิภาพ สามารถเพิ่มความรู้และทักษะได้จริง การฝึกอบรมเป็นวิธีการหนึ่งที่เหมาะสมกับผู้ที่อยู่นอกระบบการศึกษาและเพิ่มพูนความรู้เฉพาะเรื่อง เพื่อให้สอดคล้องกับธรรมชาติของความรู้และทักษะด้านการทดสอบวัสดุ ตลอดจนภาวะการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมปัจจุบัน คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาและหาประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมแบบผสมผสาน (Blended Learning) เรื่องการทดสอบวัสดุ สำหรับช่างอุตสาหกรรม ในจังหวัดสงขลา

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ช่างอุตสาหกรรมที่อยู่ในภาคอุตสาหกรรมการผลิต ในจังหวัดสงขลาที่มีคุณวุฒิการศึกษาไม่ต่ำกว่าประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ช่างอุตสาหกรรมที่สมัครใจเข้ารับการฝึกอบรมที่อยู่ในภาคอุตสาหกรรมการผลิต ในเขตอำเภอเมืองจังหวัดสงขลา ที่มีคุณวุฒิการศึกษาไม่ต่ำกว่าประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) เลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 30 คน



แผนการดำเนินการวิจัย

แบบแผนการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองแบบ One-Group Pretest-Posttest Design

T1	X	T2
Pretest	Treatment	Posttest

T1 หมายถึง การทดสอบก่อนการทดลอง

X หมายถึง การทดลองใช้ชุดฝึกอบรม

T2 หมายถึง การทดสอบหลังการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. หลักสูตรฝึกอบรมด้วยการเรียนรู้แบบผสมผสาน เรื่องการทดสอบวัสดุ สำหรับช่างอุตสาหกรรม ในจังหวัดสงขลา ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหา – การทดสอบวัสดุ - การตรวจสอบด้วยสายตา (Visual Testing) - การตรวจสอบด้วยอนุภาคแม่เหล็ก (Magnetic Particle Testing) - การตรวจสอบด้วยสารแทรกซึม (Penetrant Testing) - การตรวจสอบด้วยคลื่นความถี่สูง (Ultrasonic Testing)

2. แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดฝึกอบรม

3. แบบทดสอบแบบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ เรื่องการทดสอบวัสดุ สำหรับช่างอุตสาหกรรม ในจังหวัดสงขลา ก่อนและหลังใช้ชุดฝึกอบรม ที่มีลักษณะเป็นแบบทดสอบแบบปรนัย แบบเลือกตอบ จำนวน 4 ตัวเลือก ซึ่งมีดมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) 0.67 ขึ้น ไป มีความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.40 – 0.70 และค่าดัชนี อำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.30 ขึ้นไป และหาความเชื่อมั่น (reliability) ของแบบทดสอบทั้งฉบับโดยใช้สูตร KR-20 ของ Kuder-Richardson เท่ากับ 0.74

4. แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่มีต่อชุดฝึกอบรมเรื่องการทดสอบวัสดุ สำหรับช่างอุตสาหกรรม ในจังหวัดสงขลา ใน 4 ประเด็นคือ1.ด้านเนื้อหา2. ด้านการใช้งาน 3. ด้านการออกแบบ 4. ด้านกิจกรรม Onsite

การเก็บรวบรวมข้อมูล

หลังจากได้ศึกษาความต้องการ ที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการทางช่างอุตสาหกรรม ในจังหวัดสงขลาแล้ว ผู้วิจัยได้ออกแบบหลักสูตรเพื่อความเหมาะสมกับการจัดฝึกอบรม ได้ร่างหลักสูตรแบบผสมผสาน ที่ประกอบด้วยเนื้อหา online ดังนี้ ศึกษาการทดสอบวัสดุ การตรวจสอบด้วยสายตา(Visual Testing: VT) การตรวจสอบด้วยอนุภาคแม่เหล็ก (Magnetic Particle Testing: MT) การตรวจสอบด้วยน้ำยาแทรกซึม (Liquid Penetrant Testing: PT) ตรวจสอบด้วยคลื่นความถี่สูง (Ultrasonic Testing : UT) และฝึกปฏิบัติทดสอบวัสดุ ในรูปแบบ Onsite จากนั้น นำหลักสูตรฝึกอบรมที่ได้ ไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน ความเหมาะสม หลังจากนั้นจึงปรับปรุงแก้ไข จากนั้นจึงดำเนินการใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นช่างอุตสาหกรรม ในจังหวัดสงขลา จำนวน 30 คน

โดยให้ทุกคนทำข้อสอบก่อนเรียน และหลังจากนั้นจึงให้เรียนผ่าน Online โดยจะเริ่มจากการเรียนผ่านโปรแกรม Google Meet จากนั้นจึงให้เข้าเรียนต่อใน Google Sites ที่ประกอบด้วย เนื้อหาต่าง ๆ ทั้ง 5 เรื่อง เมื่อฝึกอบรมครบทั้ง online และ Onsite จึงให้ทำแบบทดสอบหลังเรียน หลังจากนั้นจึงให้ทำการประเมินความพึงพอใจของหลักสูตรจากผู้เข้ารับการฝึกอบรม

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

1. วิเคราะห์คุณภาพของชุดฝึกอบรม หลักจากผู้วิจัยได้ร่างหลักสูตรฝึกอบรมแล้ว ได้หาคุณภาพของชุดฝึกอบรม จากผู้เชี่ยวชาญ ด้านสื่อ ด้านการสอน และด้านการทดสอบวัสดุ จำนวน 7 ท่าน

2. วิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลก่อนฝึกอบรมและหลังฝึกอบรม จากแบบทดสอบหลังเรียนได้เป็นค่า E_1 และเก็บคะแนนจากการทำใบงานในระหว่างการฝึกอบรม ได้ค่า E_2

3. วิเคราะห์ความพึงพอใจ ของผู้ที่ใช้หลักสูตรฝึกอบรม จากแบบสอบถามแบบ 5 เสกล

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลหลักสูตรฝึกอบรม ได้ผลการพิจารณาดังนี้

1. วิเคราะห์คุณภาพของชุดฝึกอบรม หลักจากผู้วิจัยได้ร่างหลักสูตรฝึกอบรมแล้ว ได้หาคุณภาพของชุดฝึกอบรม จากผู้เชี่ยวชาญ ด้านสื่อ ด้านการสอน และด้านการทดสอบวัสดุ จำนวน 7 ท่าน ซึ่งประกอบไปด้วย สื่อ เนื้อหา ชิ้นงานทดสอบและใบประเมินผล ไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่าน ได้พิจารณา ได้ผลการประเมินดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์หาค่าความคิดเห็นของหลักสูตรฝึกอบรม ได้ผลดังนี้

รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. ด้านเนื้อหา	4.04	0.45	คุณภาพดี
2. ด้านการออกแบบสื่อวิดีโอ	3.69	0.50	คุณภาพดี
3. ด้านประโยชน์ของชุดฝึกอบรม	4.36	0.51	คุณภาพดี
4. ด้านชุดฝึกทักษะปฏิบัติการตรวจสอบวัสดุ	4.48	0.43	คุณภาพดี
เฉลี่ยรวม	4.05	0.47	คุณภาพดี

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพหลักสูตรฝึกอบรมแบบผสมผสาน เรื่องการทดสอบวัสดุ สำหรับช่างอุตสาหกรรมในจังหวัดสงขลา โดยผู้เชี่ยวชาญให้ระดับคุณภาพโดยรวมอยู่ในระดับคุณภาพดี ($\bar{x}$ = 4.05, S.D. = 0.47) โดยด้านชุดฝึกทักษะปฏิบัติการตรวจสอบวัสดุมีคุณภาพมากสุด อยู่ในระดับดี ($\bar{x}$ = 4.48, S.D. = 0.43) ด้านประโยชน์ของชุดฝึกอบรม ด้านเนื้อหาและด้านสื่อวีดีโอ มีคุณภาพรองลงมาตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการหาประสิทธิภาพหลักสูตรฝึกอบรม

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการหาประสิทธิภาพหลักสูตรฝึกอบรมด้วยการเรียนรู้แบบผสมผสาน เรื่องการทดสอบวัสดุสำหรับช่างอุตสาหกรรม ในจังหวัดสงขลา ผู้วิจัยได้นำชุดฝึกอบรมแบบผสมผสานมาใช้กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน โดยระหว่างการทดลองได้เก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้แก่ แบบฝึกหัด เพื่อนำไปวิเคราะห์หาค่าคะแนนร้อยละของคะแนนกระบวนการ (E1) และเมื่อฝึกอบรมครบตามหลักสูตรแล้ว ผู้วิจัยเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังฝึกอบรม เพื่อนำไปวิเคราะห์หาค่า

คะแนนร้อยละของคะแนนผลลัพธ์ (E2) เพื่อวิเคราะห์หาประสิทธิ์ภาพของชุดหลักสูตรฝึกอบรมด้วยการเรียนรู้แบบผสมผสาน เรื่องการทดสอบวัสดุสำหรับช่างอุตสาหกรรม ในจังหวัดสงขลา ซึ่งปรากฏผลดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิ์ภาพของหลักสูตรฝึกอบรมด้วยการเรียนรู้แบบผสมผสาน เรื่องการทดสอบวัสดุสำหรับช่างอุตสาหกรรม ในจังหวัดสงขลา

บทที่	คะแนนระหว่างเรียน		คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน	
	เฉลี่ย $\bar{x}$	S.D.	เฉลี่ย $\bar{x}$	S.D.
1	8.03	1.16	81.33	6.56
2	15.86	1.15		
3	16.40	1.19		
4	16.43	1.28		
5	16.06	2.45		
รวมค่าเฉลี่ยร้อยละ 80.88			รวมค่าเฉลี่ยร้อยละ 81.33	
ประสิทธิภาพของกระบวนการ คือ 80.88			ประสิทธิภาพของผลลัพธ์คือ 81.33	
E1/E2 = 80.88/81.33				

จากตารางที่ 2 พบว่าหลักสูตรฝึกอบรมด้วยการเรียนรู้แบบผสมผสาน เรื่องการทดสอบวัสดุสำหรับช่างอุตสาหกรรม ในจังหวัดสงขลามีประสิทธิภาพของกระบวนการ เท่ากับ 80.88 และมีประสิทธิภาพของผลลัพธ์เท่ากับ 81.33

3. ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจในการใช้หลักสูตรฝึกอบรม

ในการวิเคราะห์ผลการประเมินความพึงพอใจของหลักสูตรฝึกอบรมด้วยการเรียนรู้แบบผสมผสาน เรื่องการทดสอบวัสดุสำหรับช่างอุตสาหกรรม ในจังหวัดสงขลา โดยจะประเมินความพึงพอจใน 4 ด้านดังนี้ ด้านเนื้อหา ด้านการใช้งาน ด้านการออกแบบ และด้านกิจกรรม มีดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ในการประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรม

รายการ	$\bar{x}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. ด้านเนื้อหา	4.03	0.59	มาก
2. ด้านการใช้งาน	4.03	0.50	มาก
3. ด้านการออกแบบ	4.31	0.49	มาก
4. ด้านกิจกรรม Onsite (ชุดฝึกทักษะ)	4.65	0.41	มากที่สุด
รวมค่าเฉลี่ยทุกด้าน	4.26	0.49	มาก

จากตารางที่ 3 พบว่าผลการประเมินความพึงพอใจหลักสูตรฝึกอบรมด้วยการเรียนรู้แบบผสมผสาน เรื่องการทดสอบวัสดุสำหรับช่างอุตสาหกรรม ในจังหวัดสงขลา โดยรวมระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.26, S.D. = 0.49) ซึ่งพบว่าความพึงพอใจทางด้านกิจกรรม Onsite (ชุดฝึกทักษะ) อยู่ในระดับมากสุด ($\bar{x}$ = 4.65, S.D. = 0.41)

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลของประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมด้วยการเรียนรู้แบบผสมผสาน เรื่องการทดสอบวัสดุวัสดุสำหรับช่างอุตสาหกรรม ในจังหวัดสงขลา พบว่ามีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 80.88/81.33 กล่าวคือมีประสิทธิภาพของกระบวนการ เท่ากับ 80.88 และมีประสิทธิภาพของผลลัพธ์เท่ากับ 81.3 สูงกว่าเกณฑ์กำหนดไว้ที่ 70/70 สอดคล้องกับงานวิจัยของ แทน โมรารายและคณะ. (2560). ที่ได้ทำการวิจัยเรื่อง รูปแบบการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมแบบผสมผสานเพื่อพัฒนาสมรรถนะการสอนงานของครูฝึกในสถานประกอบการ ซึ่งมีประสิทธิภาพ 82.85/81.59 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ สมพิศ โยมาและคณะ (2561) ได้ทำการวิจัยเรื่อง หลักสูตรฝึกอบรมแบบผสมผสานเพื่อสร้างบทเรียน e-Learning สำหรับครูผู้สอนที่ไม่ได้จบทางด้านคอมพิวเตอร์ ที่มีประสิทธิภาพ 82.75/81.94 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะ การฝึกอบรมแบบผสมผสาน เป็นการอบรมทฤษฎี จนเกิดความเข้าใจและเมื่อได้ปฏิบัติจะยิ่งทำให้เข้าใจเนื้อหาต่าง ๆ ได้มากยิ่งขึ้น ซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมให้สูง

ด้านความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่มีต่อหลักสูตรด้วยการเรียนรู้แบบผสมผสาน เรื่องการทดสอบวัสดุ วัสดุสำหรับช่างอุตสาหกรรม ในจังหวัดสงขลา พบว่าอยู่ในระดับมาก สอดคล้องกับงานวิจัยของ สมพิศ โยมาและคณะ (2561) ได้ทำการวิจัยเรื่อง หลักสูตรฝึกอบรมแบบผสมผสานเพื่อสร้างบทเรียน e-Learning สำหรับครูผู้สอนที่ไม่ได้จบทางด้านคอมพิวเตอร์ และสอดคล้องกับ Surahmanและคณะ (2019) ที่ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลของรูปแบบการฝึกอบรมแบบผสมผสานต่อการปรับปรุงผลลัพธ์การเรียนรู้: กรณีการฝึกอบรมวัตถุการเรียนรู้ขนาดเล็ก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ การเรียนรู้แบบผสมผสาน เป็นการเรียนรู้ที่หลากหลาย โดยเฉพาะการได้เรียนรู้ทฤษฎีแล้วตามด้วยปฏิบัติ ซึ่งจะทำให้เข้าใจเนื้อหาและคลายข้อสงสัยต่าง ๆ ที่ยังไม่กระจ่างในการเรียนรู้ทฤษฎีให้กระจ่างยิ่งขึ้น ซึ่งจะส่งผลต่อ การสร้างสรรค์สิ่งต่าง ๆ เช่นการปฏิบัติงานได้มากขึ้น

จากผลการวิจัยครั้งนี้แสดงว่าหลักสูตรที่พัฒนาขึ้นประสบความสำเร็จ เนื่องจากมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์และผู้ใช้พึงพอใจ การเรียนรู้แบบผสมผสาน (Blended Learning) เหมาะสม สำหรับการฝึกอบรมช่างอุตสาหกรรม เพราะช่วยเสริมทั้งความรู้เชิงทฤษฎีและทักษะปฏิบัติตอบโจทย์ความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย โดยเฉพาะทักษะการทดสอบวัสดุที่จำเป็นสำหรับการทำงาน มีแนวโน้มนำไปขยายผลได้ เนื่องจากสอดคล้องกับงานวิจัยอื่นที่ใช้รูปแบบคล้ายกันและได้ผลดี ควรขยายกลุ่มตัวอย่างไปยังพื้นที่อื่นเพื่อทดสอบความเหมาะสมของหลักสูตรในบริบทที่ต่างกัน และพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเพิ่มเติมสำหรับทักษะอื่น ๆ ที่ช่างอุตสาหกรรมต้องการ

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมด้วยการเรียนรู้แบบผสมผสาน เรื่องการทดสอบวัสดุ สำหรับช่างอุตสาหกรรม ในจังหวัดสงขลา มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1. หาคุณภาพของหลักสูตรฝึกอบรม 2. หาประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรม 3. หาความพึงพอใจของผู้ใช้หลักสูตรฝึกอบรม ได้ผลการวิจัยดังนี้

1. โดยผู้เชี่ยวชาญให้ระดับคุณภาพโดยรวมอยู่ในระดับคุณภาพดี ($\bar{X}$ = 4.05, S.D. = 0.47) โดยด้านชุดฝึกทักษะปฏิบัติการตรวจสอบวัสดุมีคุณภาพมากสุด อยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 4.48, S.D. = 0.43) ด้านประโยชน์ของชุดฝึกอบรม ด้านเนื้อหาและด้านสื่อวีดีโอ มีคุณภาพรองลงมาตามลำดับ

2. ประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมด้วยการเรียนรู้แบบผสมผสาน เรื่องการทดสอบวัสดุสำหรับช่างอุตสาหกรรม ในจังหวัดสงขลามีประสิทธิภาพของกระบวนการ เท่ากับ 80.88 และมีประสิทธิภาพของผลลัพธ์เท่ากับ 81.33 (E1/E2, 80.88/81.33)

3. ผลการประเมินความพึงพอใจหลักสูตรฝึกอบรมด้วยการเรียนรู้แบบผสมผสาน เรื่องการทดสอบวัสดุสำหรับช่างอุตสาหกรรม ในจังหวัดสงขลา โดยรวมระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.26, S.D. = 0.49) ซึ่งพบว่าความพึงพอใจทางด้านกิจกรรม Onsite (ชุดฝึกทักษะ) อยู่ในระดับมากสุด ($\bar{X}$ = 4.65, S.D. = 0.41)

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยงบประมาณเงินรายได้ประจำปี พ.ศ. 2564 ขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณผู้ประกอบการอุตสาหกรรม ในจังหวัดสงขลา โดยเฉพาะศูนย์ตรวจสภาพรถยนต์ (ตรอ.) ที่ได้เสนอแนะและอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูล

อ้างอิง

แทน โมรารายไพโรจน์ สถิรยากรและพิสิฐ เมธาภัทร.(2560). **รูปแบบการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมแบบผสมผสานเพื่อพัฒนาสมรรถนะการสอนงานของครูฝึกในสถานประกอบการ.** วิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรม พระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 247-255.

สมพิศ โยมา มนต์ชัย เทียนทอง และชัยวิชิต เชียรชนะ. (พฤษภาคม – สิงหาคม 2561). หลักสูตรฝึกอบรมแบบผสมผสานสำหรับครูผู้สอนที่ไม่ได้จบทางด้านคอมพิวเตอร์. ครุศาสตร์อุตสาหกรรม พระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 180-190.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ.(2560). **อุตสาหกรรมการผลิต ปี 2560 การเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน (รายงานฉบับสมบูรณ์)** เข้าถึงได้จาก : www.nso.go.th/sites/2014/Pages/สำมะโนอุตสาหกรรม/2560/2560-พื้นฐาน-สมบูรณ์.aspx

อัคพงศ์ พันธ์เผือก academia.edu. **การทดสอบโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง.** ออนไลน์. เข้าถึงได้ จาก : https://www.academia.edu/12103374. (วันสืบค้นข้อมูล : 2 พฤษภาคม 2564)

Carman, J.M. (2005). **Blended learning design: Five key ingredients**. Retrieved November 21, 2016, from www.agilantlearning.com/pdf/Blended Learning Design.pdf

Horaţiu Catalano,(2014). **The Opportunity of Blended-learning Training Programs in Adult Education – Ascertaining Study-,Procedia - Social and Behavioral** Sciences,Volume 142, Pages 762-768, ISSN 18770428, https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.07.612.

Surahman, E., Sulthoni, Ulfa, S., Husna, A., Slamet, T. I., Qolbi, M. S., Setiawan, A. B., At Thaariq, Z. Z., & Diana, R. C. (2019). **The Effect of Blended Training Model to Improving Learning Outcomes: A Case in Micro Learning Object Training**. 2019 5th International Conference on Education and Technology (ICET),

ออกแบบชุดกิจกรรมสำนวน สุภาษิต และคำพังเพยเพื่อใช้เป็นสื่อการสอน สำหรับช่วงวัยประถมศึกษาตอนปลายกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย

สุกัญญา สมกานดา[1*] และโชติพงษ์ บุญฤทธิ์

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่อง ออกแบบชุดกิจกรรมสำนวน สุภาษิต และคำพังเพยเพื่อใช้เป็นสื่อการสอนสำหรับช่วงวัยประถมศึกษาตอนปลายกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย มีวัตถุประสงค์ (1) เพื่อศึกษาชุดการเรียนรู้โดยใช้ เรื่อง สำนวน สุภาษิต และคำพังเพย (2) เพื่อพัฒนาสื่อเพื่อใช้ในการเรียนการสอนสำหรับเด็กในช่วงประถมศึกษาตอนปลาย (3) เพื่อประเมินประสิทธิภาพการออกแบบที่เหมาะสมกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย โดยวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลและนำมาวิเคราะห์ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า การออกแบบชุดกิจกรรมสำนวน สุภาษิต และคำพังเพยเพื่อใช้เป็นสื่อการสอนสำหรับช่วงวัยประถมศึกษาตอนปลายกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย จากการสอบถามกลุ่มตัวอย่าง รวบรวมข้อมูลจากกลุ่มเป้าหมาย และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้ศึกษาชุดการเรียนรู้โดยใช้ เรื่อง สำนวน สุภาษิต และคำพังเพย โดยนำมาผสานกับการใช้ชีวิตในยุคสมัยปัจจุบันเพื่อให้เข้าใจได้ง่ายมากยิ่งขึ้น ผลประเมินความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมายที่มีต่อชุดกิจกรรมสำนวน สุภาษิต และคำพังเพยเพื่อใช้เป็นสื่อการสอนสำหรับช่วงวัยประถมศึกษาตอนปลายกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย ดังตารางที่ 4.8 เมื่อพิจารณารายละเอียดพบว่า ความคิดสร้างสรรค์ อยู่ในระดับดี ($\bar{x}$=4.2) (S.D.=0.9) ความเหมาะสมของเนื้อหาอยู่ในระดับดี ($\bar{x}$=4.2) (S.D.=1.05) ความเหมาะสมของภาพประกอบ อยู่ในระดับดี ($\bar{x}$=4.1) (S.D.=1.37) การจัดวางองค์ประกอบ อยู่ในระดับดี ($\bar{x}$=4.1) (S.D.=1.23) ความสวยงามและความน่าสนใจ อยู่ในระดับดี ($\bar{x}$=4.4) (S.D.=1.6)

คำสำคัญ: การ์ตูน สำนวน สุภาษิต คำพังเพย การ์ดเกมสื่อการสอน

สุกัญญา สมกานดา[1], โชติพงษ์ บุญฤทธิ์[2]

[1]นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาศิลปะการออกแบบ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ, สงขลา, 90000

[2]อาจารย์ สาขาศิลปะการออกแบบ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ, สงขลา, 90000

[1]Undergraduate Student, Design Arts, Faculty of Fine Arts, Thaksin University, Songkhla, 90000

[2]Lecturer, Design Arts, Faculty of Fine Arts, Thaksin University, Songkhla, 90000

* Corresponding Author: Sukanya85somkanda@gmail.com, Tel: 096-423-5192

A set of idiom- and aphorism-based activities designed for Thai language teaching materials in Late primary school students

Sukanya somkanda, Chotipong Bunyarit

Abstract

This research, titled " A set of idiom- and aphorism-based activities designed for Thai language teaching materials in Late primary school students" aimed to (1) study learning materials related to idioms, proverbs, and sayings, (2) develop media for teaching upper elementary students, and (3) evaluate the instructional media's effectiveness and design suitability for upper elementary students. Data was collected and analyzed using mean and standard deviation. The research findings revealed that the design of the activity kit for idioms, proverbs, and sayings as a teaching medium for upper elementary Thai Language Arts, based on inquiries with a sample group, data collection from the target group, and related research, led the researcher to study learning materials on idioms, proverbs, and sayings. These were integrated with aspects of contemporary life to enhance understanding. In conclusion, the satisfaction assessment of the target group towards the design of the activity kit for idioms, proverbs, and sayings as a teaching medium for upper elementary Thai Language Arts showed a good level of satisfaction, with a mean of 20.5. The top three satisfaction aspects were creativity ($\bar{x}$ of 4.2), content appropriateness ($\bar{x}$ of 4.2), and the appropriateness of illustrations and composition ($\bar{x}$ of 4.1)

Keywords: Cartoon, Idiom, Proverb, Saying or Adage, Educational card game or Teaching card game

บทนำ

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย ได้กำหนดให้ นักเรียนชั้นประถมศึกษา มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเรียนรู้และเข้าใจการสะกดคำ ตลอดจนความหมายของคำ สำนวน สุภาษิต และคำพังเพย รวมถึงสามารถรับรู้และเข้าใจชนิดและหน้าที่ของคำในประโยค ตลอดจนชนิดของประโยคได้อย่างถ่องแท้

ในบริบทของภาษาไทย สำนวนไทย นับเป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญอย่างยิ่งยวด เนื่องจากเป็นถ้อยคำที่ได้รับการกลั่นกรองอย่างประณีต เพื่อให้เกิดความสละสลวยงดงาม และเป็นถ้อยคำที่เปี่ยมด้วยความคมคายที่เหนือกว่าการสื่อสารด้วยคำพูดทั่วไป นอกจากนี้ สำนวนไทยยังมีความสามารถในการรวบรวมใจความที่ยาวให้กระชับสั้นลงได้ ซึ่งในบางสถานการณ์ ผู้พูดไม่จำเป็นต้องอธิบายเรื่องราวให้ยืดยาว แต่หากนำสำนวนมาใช้ประกอบประโยค ก็จะช่วยให้ผู้ฟังสามารถเข้าใจสาระสำคัญได้ง่ายมากยิ่งขึ้นยิ่งไปกว่านั้น การตีความ ถือเป็นกระบวนการสำคัญที่อาศัยความรู้และประสบการณ์ของผู้อ่าน ผนวกกับการใช้บริบท อาทิ คำแวดล้อมข้อความ เพื่อทำความเข้าใจหรือกำหนดความหมายของคำให้ถูกต้องแม่นยำ พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2526 ได้ให้ความหมายของการตีความว่าเป็นการชี้หรือกำหนดความหมาย การให้ความหมายหรืออธิบาย การใช้ หรือการปรับเพื่อให้เข้าใจเจตนาและความมุ่งหมายเพื่อความถูกต้อง (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

เด็กวัยเรียนช่วงอายุ 6-12 ปี พวกเขามีความกระตือรือร้นสูงที่จะเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ จากประสบการณ์ที่สามารถสัมผัสได้จริง โดยผ่านกระบวนการสังเกต การเล่น และการทำกิจกรรมกลุ่ม เด็กวัยนี้มีความชื่นชอบการแข่งขัน ซึ่งเป็นแรงกระตุ้นความสนใจได้อย่างดีเยี่ยม ทั้งนี้เนื่องจากเด็กมีความต้องการการยอมรับและต้องการมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ
การจำเพื่อการใช้งาน (Working Memory) จึงเป็นความสามารถพื้นฐานที่สำคัญยิ่งในการจดจำข้อมูลทั้งในระยะสั้น และยังรวมไปถึงการเก็บข้อมูลไว้ในความทรงจำระยะยาว ความสามารถนี้จำเป็นอย่างยิ่งสำหรับเด็ก เนื่องจากการเรียนรู้จำเป็นต้องอาศัยความจำและความเข้าใจภาษา ทั้งจากการได้ยินและการได้เห็นตลอดเวลาในการเรียน รวมถึงการปฏิบัติตัวตามแนวทางที่วางไว้ ความจำเพื่อการใช้งานช่วยให้เราสามารถนำประสบการณ์เดิมหรือข้อมูลที่มีอยู่แล้วมาประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ที่เผชิญอยู่ในปัจจุบัน รวมถึงการทำงานที่ต้องรับผิดชอบหรือต้องการบรรลุเป้าหมายให้สำเร็จ

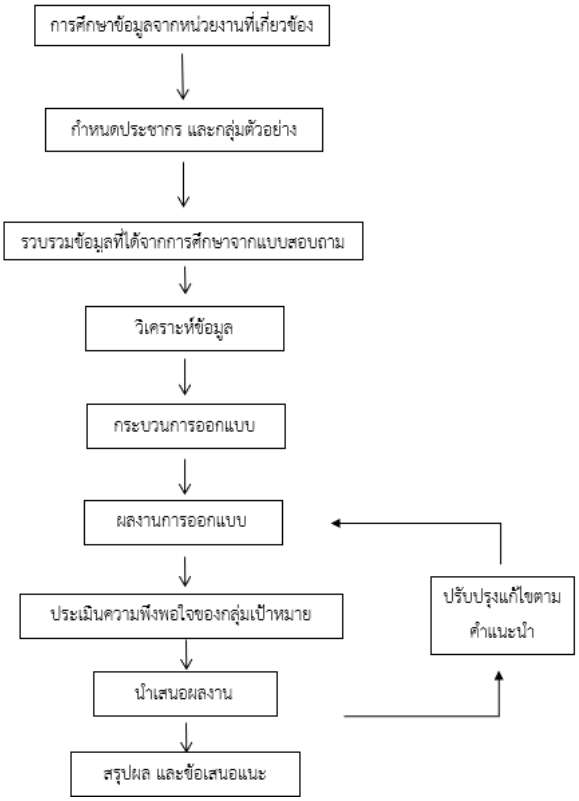
แม้ว่าความจำเพื่อการใช้งานจะเป็นความสามารถพื้นฐานของสมองส่วนหน้า แต่จากการสำรวจขององค์การอนามัยโลก พบว่า เด็กวัยเรียนกว่าร้อยละ 20 มีปัญหาสุขภาพจิตที่ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการเรียนรู้ของเด็ก ซึ่งประมาณการได้ว่ามีเด็กวัยเรียนในประเทศไทยราว 1 ล้านคน กำลังเผชิญกับปัญหาดังกล่าว สาเหตุที่พบได้บ่อยที่สุดคือ โรคสมาธิสั้น ซึ่งบ่อยครั้งที่ครูและผู้ปกครองมักจะไม่เข้าใจลักษณะของโรคและข้อจำกัดของเด็ก ทำให้ผลการเรียนแย่ลง
เพื่อช่วยในการบริหารจัดการและจัดระเบียบทางความคิด การทำงาน และการดำเนินชีวิต ซึ่งเป็นพื้นฐานของการทำความเข้าใจถึงสาเหตุและผลของเรื่องราวต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น การใช้ การ์ดเกม สามารถนำมาใช้ในการพัฒนาเด็กที่โตขึ้นมาในอายุราว 5 ขวบขึ้นไปได้ เกมเหล่านี้ช่วยฝึกเรื่อง Working Memory ได้ถึงสองทาง ในเรื่องพื้นฐาน เด็กจะได้ฝึกความจำเพื่อใช้งานในการเล่นเกมตามกติกาของเกม และยิ่งไปกว่านั้น เพื่อที่จะเล่นเกมให้ชนะ เด็กจะต้องฝึกจำว่าตัวเองได้การ์ดใบไหน และมีการ์ดใบไหนที่คนอื่นลงไปแล้วบ้าง การเล่นบ่อย ๆ จะช่วยฝึกทั้งสมาธิ การสังเกตไพ่ และความจำเพื่อใช้งาน (อ้างอิง มั่นเศรษฐวิทย์, สุนันทา. 2554)

จากความสำคัญและความเป็นมาของปัญหาดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการใช้สื่อการเรียนรู้มา ออกแบบชุดกิจกรรมสำนวน สุภาษิต และคำพังเพย เพื่อใช้เป็นสื่อการสอนสำหรับนักเรียนประถมวัยตอนปลายในกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย

ตลอดจนเพิ่มความน่าสนใจในการเรียนการสอนของนักเรียน และเป็นแนวทางในการพัฒนาการเรียนรู้ภาษาไทยให้มีคุณภาพต่อไปในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินวิจัยออกแบบชุดกิจกรรมสำนวน สุภาษิต และคำพังเพยเพื่อใช้เป็นสื่อการสอนสำหรับช่วงวัยประถมศึกษาตอนปลายกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย ประถมศึกษา มีการดำเนินวิจัยดังต่อไปนี้



ตารางที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินวิจัย

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ออกแบบชุดกิจกรรมสำนวน สุภาษิต และคำพังเพยเพื่อใช้เป็นสื่อการสอนสำหรับช่วงวัยประถมศึกษาตอนปลายกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย จากแบบสัมภาษณ์และแบบสอบถามพบว่าส่วนใหญ่มักนิยมภาพสไตล์สีสันสดใส สีสันโทนสว่างจึงนำมาแนวคิดมาใช้ดังนี้

ภาพที่ 1 ผลงานการออกแบบชุดกิจกรรมสำนวน สุภาษิต และคำพังเพยเพื่อใช้เป็นสื่อการสอน สำหรับช่วงวัยประถมศึกษาตอนปลายกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย

ภาพที่ 2 กล่อง

ภาพที่ 3 อัลบั้มสำหรับใส่การ์ด

ภาพที่ 4 ตราบั้มยาง

การออกแบบชุดกิจกรรมสำนวน สุภาษิต และคำพังเพย เพื่อใช้เป็นสื่อการสอนสำหรับช่วงวัยประถมศึกษาตอนปลายกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย จากแบบสอบถามความพึงพอใจ ผู้วิจัยพบว่าผลประเมินความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมายที่มีต่อผลงานการออกแบบชุดกิจกรรมสำนวน สุภาษิต และคำพังเพยเพื่อใช้เป็นสื่อการสอนสำหรับช่วงวัยประถมศึกษาตอนปลายกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย มีความพึงพอใจในระดับ ดี ค่าเฉลี่ย 20.5 และความพึงพอใจสามอันดับแรกคือ ความคิดสร้างสรรค์ ค่าเฉลี่ย 4.2 รองลงมาคือ ความเหมาะสมของเนื้อหา ค่าเฉลี่ย 4.2 รองลงมาคือความเหมาะสมของภาพประกอบ และการจัดวางองค์ประกอบ ค่าเฉลี่ยเท่ากันคือ 4.1

ผลประเมินความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมายที่มีต่อชุดกิจกรรมสำนวน สุภาษิต และคำพังเพยเพื่อใช้เป็นสื่อการสอนสำหรับช่วงวัยประถมศึกษาตอนปลายกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย ดังตารางที่ 4.8 เมื่อพิจารณารายละเอียดพบว่า ความคิดสร้างสรรค์ อยู่ในระดับดี ($\bar{x}$=4.2) (S.D.=0.9) ความเหมาะสมของเนื้อหาอยู่ในระดับดี ($\bar{x}$=4.2) (S.D.=1.05) ความเหมาะสมของภาพประกอบ อยู่ในระดับดี ($\bar{x}$=4.1) (S.D.=1.37) การจัดวางองค์ประกอบ อยู่ในระดับดี ($\bar{x}$=4.1) (S.D.=1.23) ความสวยงามและความน่าสนใจ อยู่ในระดับดี ($\bar{x}$=4.4) (S.D.=1.6)

สรุปผลการวิจัย

สรุปผลการวิจัย การออกแบบชุดกิจกรรมสำนวน สุภาษิต และคำพังเพยเพื่อใช้เป็นสื่อการสอนสำหรับช่วงวัยประถมศึกษาตอนปลายกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย จากการสอบถามกลุ่มตัวอย่าง รวบรวมข้อมูลจากกลุ่มเป้าหมาย และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้ศึกษาชุดการเรียนรู้โดยใช้ เรื่อง สำนวน สุภาษิต และคำพังเพย โดยนำมาผสานกับการใช้ชีวิตในยุคสมัยปัจจุบันเพื่อให้เข้าใจได้ง่ายมากยิ่งขึ้น ทำให้สื่อเพื่อใช้ในการเรียนการสอนสำหรับเด็กในช่วงประถมศึกษาตอนปลายนั้นมีความสดใสและเข้าใจได้ง่าย แต่ยังคงสามารถสื่อความหมายของสำนวนได้ดีอยู่ สรุปผลงานการออกแบบได้ดังนี้

สรุปผลการออกแบบชุดสำนวน สุภาษิต และคำพังเพย เพื่อใช้เป็นสื่อการสอนสำหรับช่วงวัยประถมศึกษาตอนปลายกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย ผู้วิจัยมีแนวคิดในการออกแบบชุดกิจกรรมสำนวน สุภาษิต และคำพังเพยเพื่อใช้การสื่อการสอนสำหรับช่วงวัยประถมศึกษาตอนปลายกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทยแม้ว่าเด็กๆ จะเคยสัมผัสและมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับสำนวนไทยมาบ้างแล้วในระดับหนึ่ง ซึ่งอาจเป็นการได้ยินได้ฟังมา หรือเคยผ่านตามาบ้าง แต่เมื่อได้เข้าร่วมกิจกรรมที่ได้รับการออกแบบอย่างพิถีพิถัน โดยมีเป้าหมายเพื่อส่งเสริมความเข้าใจในเรื่องสำนวนโดยเฉพาะ จะปรากฏพัฒนาการทางองค์ความรู้ที่เด่นชัดและลึกซึ้ง

ยิ่งขึ้นอย่างสังเกตได้จากเดิมที่อาจเพียงแต่คุ้นเคยกับรูปคำของสำนวน หรือเข้าใจความหมายในลักษณะที่ยังคลุมเครือ ไม่สามารถอธิบายความหมายโดยนัยหรือความหมายเชิงเปรียบเทียบได้อย่างชัดเจนหลังจากการมีส่วนร่วมในกิจกรรมเหล่านี้ เด็ก ๆ จะแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการตอบคำถามเกี่ยวกับสำนวนที่หลากหลายมากยิ่งขึ้นอย่างน่าพอใจไม่เพียงแต่สามารถจดจำและระบุตัวสำนวนได้อย่างถูกต้อง และแม่นยำเท่านั้น แต่ยังสามารถอธิบายความหมายที่ซ่อนอยู่เบื้องหลังถ้อยคำเหล่านั้นได้อย่างละเอียดชัดเจน และเป็นเหตุเป็นผลมากขึ้น สะท้อนให้เห็นถึงการพัฒนาความเข้าใจในระดับที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น สามารถเชื่อมโยงความหมายของสำนวนเข้ากับบริบทและสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสมและเป็นธรรมชาติ นอกจากนี้ ยังสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงในด้านความมั่นใจในการใช้ภาษาไทยอย่างเห็นได้ชัด โดยเด็ก ๆ มีความกระตือรือร้นที่จะแสดงความคิดเห็น ยกตัวอย่างประกอบ หรืออธิบายขยายความเกี่ยวกับสำนวนที่ได้เรียนรู้มา ซึ่งเป็นผลโดยตรงจากการที่กิจกรรมเหล่านั้นได้กระตุ้นกระบวนการคิดวิเคราะห์ การตีความหมายในเชิงนามธรรม การเชื่อมโยงความรู้กับประสบการณ์ และการฝึกประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับสำนวนในบริบทที่หลากหลาย ส่งผลให้เด็กไม่เพียงแต่สามารถจดจำสำนวนได้เท่านั้น แต่ยังสามารถเข้าใจความหมายที่แท้จริง และนำไปใช้ในการสื่อสารได้อย่างคล่องแคล่ว มีความหมาย และเหมาะสมกับสถานการณ์มากยิ่งขึ้น

สรุปผลออกแบบชุดสำนวน สุภาษิต และคำพังเพย เพื่อใช้เป็นสื่อการสอนสำหรับช่วงวัยประถมศึกษาตอนปลายกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทยผู้วิจัยมีแนวคิดในการออกแบบชุดกิจกรรมสำนวน สุภาษิต และคำพังเพยโดยการใช้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานที่กำหนดให้ผู้เรียนทุกคนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานจำเป็นต้องเรียนรู้เรื่องสำนวน สุภาษิต และคำพังเพย การเรียนรู้การสะกดคำ และเข้าใจความหมายของคำ สำนวน สุภาษิต และคำพังเพย รู้และสามารถเข้าใจชนิด และหน้าที่ของคำในประโยค ชนิดของประโยคโดยสำนวนไทยเป็นอีกเรื่องหนึ่งที่สำคัญเรื่องของภาษาไทย โดยผู้วิจัยได้นำข้อมูลของสำนวน สุภาษิต และคำพังเพยมาออกแบบเป็นชุดกิจกรรมการทายบัตรคำเพื่อให้นักเรียนได้รับความรู้เกี่ยวกับสำนวน สุภาษิต และคำพังเพยพร้อมกับพัฒนาทักษะด้านต่าง ๆ ได้อย่างหลากหลายเช่น ทักษะการจำ ทักษะการอ่าน ทักษะการคิดวิเคราะห์

อ้างอิง

กาญจนะ, ณรงค์. (2551). **การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง คำไทยที่มักเขียนผิด สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6**. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศิลปากร.

กาญจนะ, ณรงค์. (2553). **การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกม**. กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). **หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**. สืบค้นเมื่อ 16 ตุลาคม 2567, จาก http://academic.obec.go.th/images/document/.pdf

แขมมณี, ทิศนา. (2557). ศาสตร์การสอน: **องค์ความรู้เพื่อการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ**. (พิมพ์ครั้งที่ 18). กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ดีดพิณ, พรรษพล. (2551). **ผลของการใช้เกมประกอบการสอนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสนใจในการเรียนวิชาภาษาไทยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5**. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ตันตุลพงษ์, วิภา. (2549). **เกมและการละเล่นสำหรับเด็กปฐมวัย**. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

นันทวัชรวิบูลย์, โสรชัย. (2537). **ทัศนศิลป์**. กรุงเทพมหานคร: โอ.เอส. พริ้นติ้ง เฮาส์.

พิชยะสุนทร, ประเสริฐ. (2555). **หลักการออกแบบ**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มั่นเศรษฐวิทย์, สุนันทา. (2554). **จิตวิทยาพัฒนาการวัยเด็ก**. กรุงเทพมหานคร: ทิปปิ้ง พอยท์.

ลียะวนิชย์, รุ่งอรุณ. (2555). **เกมและการละเล่นสำหรับเด็ก**. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

วงษ์ชื่น, ณัฐพล. (2552). **การออกแบบแสงสีในภาพยนตร์**. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ศักดิ์ชัย เกียรตินาคินทร์. (2557). **ทฤษฎีสีและการประยุกต์ใช้**. กรุงเทพมหานคร: วาดศิลป์.

สีหา, เกสร. (2558). **การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง มาตราตัวสะกด กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4**. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา.(2550).**แนวทางการจัดการเรียนรู้ภาษาไทยตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สุจริต เพียรชอบ และอัจฉรา ชีวพันธ์. (2555). **วิธีการสอนภาษาไทย**. กรุงเทพมหานคร: โครงการตำราและเอกสารประกอบการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Session

มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

P 22

การพัฒนาคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุในพื้นที่ชุมชน เขตองค์การบริหารส่วนตำบลเกาะแต้ว อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา

พรวดี เพ็งสุวรรณ[1]* พิชิต เพ็งสุวรรณ[2]

บทคัดย่อ

วิจัยเรื่องการพัฒนาคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุในพื้นที่ชุมชนเขตองค์การบริหารส่วนตำบลเกาะแต้ว อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา มีวัตถุประสงค์ 1) ศึกษาคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุ 2) เปรียบเทียบคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุ และ3) ศึกษาแนวทางการพัฒนาคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุ ประชากรผู้สูงอายุ 1,658 คน ใช้แบบสอบถามผู้สูงอายุ 60 ปีขึ้นไป จำนวนประชากร 313 คน แบบการสัมภาษณ์ (Interview) ตัวแทนผู้สูงอายุแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จาก 10 หมู่บ้าน ๆ ละ 2 คน จำนวน 20 คน และผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับผู้สูงอายุโดยการสัมภาษณ์ (Interview) จำนวน 2 คน สถิติที่ใช้ ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความเที่ยงตรง ผลวิจัย 1) คุณภาพชีวิตผู้สูงอายุ พบว่า ผู้สูงอายุพึงพอใจต่อคุณภาพชีวิตทั้ง 4 ด้าน คือ ด้านร่างกาย ด้านจิตใจ ด้านความสัมพันธ์ทางสังคม และด้านสิ่งแวดล้อม ภาพรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก 2) การเปรียบเทียบคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุ พบว่าผู้สูงอายุพึงพอใจต่อคุณภาพชีวิตทั้ง 4 ด้าน โดยเพศหญิงและเพศชายไม่แตกต่างกัน ผู้สูงอายุ 80 ปีขึ้นไปมีผลต่อความพึงพอใจทั้ง 4 ด้านไม่แตกต่างกันในทุกด้าน ส่วนด้านสถานภาพ ด้านระดับการศึกษา และด้านอาชีพ มีผลต่อความพึงใจในคุณภาพชีวิตทุกด้าน ยกเว้นด้านสิ่งแวดล้อมที่ไม่แตกต่างกัน และ3) แนวทางในการพัฒนาคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุ พบว่าองค์การบริหารส่วนตำบลเกาะแต้วมีนโยบายและแผนพัฒนาคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุร่วมกับการพัฒนาชุมชนในด้านการศึกษา ด้านศาสนา ด้านเศรษฐกิจ และด้านสาธารณะสุข

คำสำคัญ: การพัฒนา คุณภาพชีวิต ผู้สูงอายุ

---

[1] คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยสงขลา จังหวัดสงขลา 90000

[1] คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยสงขลา จังหวัดสงขลา 90000

[1] Business Administration, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkhla, 90000

[2] Faculty of Industrial Education and Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, 90000

* E-mail: pornwadee.p@rmutsv.ac.th., Tel: 0841946889

The Development of Quality of Life for the Elderly of Subdistrict Administration Organizations in the Area of Ko Taeo Subdistrict, Mueang District, Songkhla Province.

Pornwadee Pengsuwan[1*], Pichit Pengsuwan[2]

Abstract

This research had the following objectives: 1) Study the quality of life of the elderly. 2) Compare the quality of life of the elderly and 3) Study the guidelines for developing the quality of life of the elderly. The elderly population is 1,658 people. The questionnaire was used for the elderly aged 60 years and over, totaling 313 people, The interview form, a purposive sampling of the elderly from 10 villages, 2 people per village, totaling 20 people, and 2 people working with the elderly through interviews. The statistics used were percentages, means, standard deviations, and precision. Research results 1) The quality of life of the elderly found that the elderly were satisfied with the quality of life in all 4 aspects: physical, mental, social relationships, and environment. The overall average was at a high level. 2) Comparison of the quality of life of the elderly found that the elderly were satisfied with the quality of life in all 4 aspects, with no difference between males and females. The elderly aged 80 years and over had no difference in satisfaction in all 4 aspects. Status, education level, and occupation had no difference in satisfaction in all aspects of quality of life, except for the environment, which was not different. 3) Guidelines for developing the quality of life of the elderly It was found that the Ko Tao Subdistrict Administrative Organization has policies and plans to develop the quality of life of the elderly in conjunction with community development in education, religion, economics, and public health.

Keywords: Development, Quality of Life, Elderly

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยกำลังเผชิญหน้าก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้รัฐบาลต้องจัดเตรียมแผนยุทธศาสตร์เพื่อเตรียมความพร้อมในแผนพัฒนาเศรษฐกิจ และสังคมแห่งชาติตามแผนผู้สูงอายุแห่งชาติกลุ่มผู้สูงอายุ 60 ปีขึ้น จำนวนประชากรไทยทั้งหมดที่เข้าสู่สังคมผู้สูงอายุจากข้อมูลสถิติของประชากรในประเทศไทย ปี 2561 จำนวนประชากรเพศชายมี 32,556,271 คน และเพศหญิง 33,857,708 คน โดยมีจำนวนผู้สูงอายุเพศชาย 4,715,598 คน และจำนวนผู้สูงอายุเพศหญิง 5,951,205 คน คิดเป็นสัดส่วนของเพศชายร้อยละ 14.48% และเพศหญิงร้อยละ 17.58% (กรมการปกครอง, 2561) จะส่งผลต่อการพัฒนาประเทศ และปัญหาจากภาวะประชากรผู้สูงอายุเพิ่มมากขึ้น ส่งผลกระทบให้สถานะทางการเงิน การคลังของรัฐบาลและเศรษฐกิจของประเทศ หากพิจารณาทรัพยากรของประเทศที่จะรองรับการดูแลผู้สูงอายุในอนาคตคงไม่เพียงพอ ภาครัฐและเอกชนจึงได้กำหนดจัดสวัสดิการสังคม ตลอดจนการส่งเสริม และสนับสนุนให้บุคคล ครอบครัว ชุมชน องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และองค์การมหาชน ได้เข้ามามีส่วนร่วมในการจัดสวัสดิการ โดยรัฐบาลได้กำหนดแผนนโยบายเพื่อเป็นการสร้างหลักประกันในวัยสูงอายุสร้างความมั่นคงให้แก่สังคม โดยมีมุมมองของวิสัยทัศนของผู้สูงอายุเป็นหลักประกันที่มั่นคงที่ผู้สูงอายุในสังคมสมควรได้รับการดูแลให้มีสุขภาพร่างกาย จิตใจ และครอบครัวที่ดี รวมทั้งได้รับสวัสดิการ การบริการต่าง ๆ ที่เหมาะสม และสามารถพึ่งตนเองได้มีที่อยู่อาศัยมั่งคง มีส่วนร่วมและโอกาสเข้าถึงข้อมูลข่าวสาร และอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่ดี สภาพปัญหาของผู้สูงอายุขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในองค์การบริหารส่วนตำบลเกาะแต้ว อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา (ไทยตำบลดอทคอม, 2562) ตั้งอยู่ในเขตการปกครองของอำเภอเมืองสงขลา มีจำนวนหมู่บ้านทั้งสิ้น 10 หมู่บ้าน ได้แก่ 2 หมู่ที่ 1 บ้านแหลมเคียน, หมู่ที่ 2 บ้านสามกอง, หมู่ที่ 3 บ้านชุมพอ, หมู่ที่ 4 บ้านด่าน, หมู่ที่ 5 บ้านด่าน, หมู่ที่ 6 บ้านเกาะแต้ว, หมู่ที่ 7 บ้านเกาะวา, หมู่ที่ 8 บ้านบ่ออิฐ, หมู่ที่ 9 บ้านชูเกียรติ และหมู่ที่ 10 บ้านด่านกลาง อาชีพหลัก คือ ทำนำ จำนวนประชากรทั้งหมด 10,845 คน มีประชากรผู้สูงอายุ 1,658 คน คิดเป็น 15.288% ซึ่งถือว่าสัดส่วนประชากรผู้สูงอายุในเกณฑ์สูง ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาการพัฒนาคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุในพื้นที่ชุมชนเขตองค์การบริหารส่วนตำบลเกาะแต้ว อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา และคาดว่าการศึกษาจะมีประโยชน์ต่อทั้งชุมชนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและใช้เป็นข้อมูลในการวางแนวทางในการดูแลช่วยเหลือผู้สูงอายุให้มีคุณภาพชีวิตความเป็นอยู่ที่ดียิ่งขึ้นต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุในพื้นที่ชุมชนเขตองค์การบริหารส่วนตำบลเกาะแต้ว อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนในการวิจัย ดังนี้

1. กลุ่มป้าหมาย

ประชากรผู้สูงอายุในพื้นที่ชุมชนเขตองค์การบริหารส่วนตำบลเกาะแต้ว อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 กลุ่มตัวอย่างที่เก็บข้อมูลด้วยวิธีเชิงปริมาณ โดยเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามผู้สูงอายุ (ทั่วไป) ที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไปในพื้นที่ชุมชนเขตองค์การบริหารส่วนตำบลเกาะแต้ว อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา จำนวน 313 คน สุ่มแบบกลุ่ม (Area or Cluster Random Sampling)

กลุ่มที่ 2 กลุ่มตัวอย่างที่เก็บข้อมูลด้วยวิธีเชิงคุณภาพ โดยเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยแบบการสัมภาษณ์(Interview) ตัวแทนผู้สูงอายุ กลุ่มตัวอย่างได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จากตัวแทนผู้สูงอายุ 10 หมู่บ้าน ๆ ละ 2 คน จำนวน 20 คน

กลุ่มที่ 3 กลุ่มผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับผู้สูงอายุ โดยเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยแบบการสัมภาษณ์ (Interview) จำนวน 2 คน โดยใช้การวิเคราะห์ในเชิงคุณภาพ (Quantitative Research)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลในการวิจัย คือ แบบสอบถาม และแบบสัมภาษณ์ โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 ความคิดเห็นต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุ

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

3. การสร้างเครื่องมือ วิจัยมีการกำหนดขั้นตอน ดังนี้

3.1 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเอกสารและนโยบายของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาผู้สูงอายุ

3.2 นำข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการศึกษามากำหนดเป็นกรอบแนวคิดการวิจัย

3.3. ออกแบบ และสร้างเครื่องมือแบบสอบถาม โดยหาความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญหาความเชื่อมั่นและสร้างแบบสัมภาษณ์เพื่อหาแนวทางการพัฒนาคุณภาพชีวิต

3.4 นำข้อมูลจากการออกแบบ และสร้างเครื่องมือจากผู้เชี่ยวชาญมาใช้สำหรับการทำแบบสอบถามแล้วส่งแบบสอบถามถึงกลุ่มเป้าหมาย

3.5 เก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มเป้าหมาย โดยเดินทางไปเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง และร่วมกับผู้รับจ้างเหมาเก็บข้อมูล

3.6 วิเคราะห์ข้อมูล

3.7 สรุปผล วิเคราะห์ข้อมูล อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) และการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ (Qualitative Research) โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ศึกษาความคิดเห็นของผู้สูงอายุ ดังนี้

4.1 รวบรวมข้อมูลสถานที่ของกลุ่มเป้าหมาย

4.2 เดินทางไปเก็บรวบรวมข้อมูล โดยใช้วิธีการแจกแบบสอบถามจำนวน 313 ชุด และการสัมภาษณ์จำนวน 22 ชุด

5. การวิเคราะห์ข้อมูล สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

5.1 การวิเคราะห์เชิงปริมาณ (Quantitative Research) เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) จากข้อมูลแบบสอบถาม โดยการใช้ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Arithmetic Mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) และค่าความเที่ยงตรง (Index of item objective congruence)

5.2 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ (Qualitative Research) เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ที่ได้จากการสัมภาษณ์

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างประชากรในพื้นที่ชุมชนเขตองค์การบริหารส่วนตำบลเกาะแต้ว อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา ใช้แบบสอบถามและแบบสัมภาษณ์

1. คุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 313 คน โดยใช้แบบสอบถามผู้สูงอายุ (ทั่วไป) ที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง

เพศ ส่วนใหญ่เป็นหญิง จำนวน 159 คน คิดเป็นร้อยละ 50.80 เป็นเพศชาย จำนวน 154 คน คิดเป็นร้อยละ 49.20

อายุ ส่วนใหญ่ 60-69 ปี จำนวน 146 คน คิดเป็นร้อยละ 46.60 รองลงมาอายุ 70-79 ปี จำนวน 136 คน คิดเป็นร้อยละ 43.50 และอายุ80 ปีขึ้นไป จำนวน 31 คน คิดเป็นร้อยละ 9.90 52

สถานภาพ ส่วนใหญ่สมรส จำนวน 231 คน คิดเป็นร้อยละ 73.80 รองลงมาหย่า/หม้าย จำนวน 51 คน คิดเป็นร้อยละ 16.30 และโสด จำนวน 31 คิดเป็นร้อยละ 9.90

ระดับการศึกษา ส่วนใหญ่ประถมศึกษา จำนวน 284 คน คิดเป็นร้อยละ 90.70 รองลงมาไม่ได้รับการศึกษา จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 4.50 ปริญญาตรี/สูงกว่า จำนวน 6 คิดเป็นร้อยละ 1.90 มัธยมศึกษา จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 1.6 และอนุปริญญา/เทียบเท่า จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 1.30

อาชีพ ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม จำนวน 167 คน คิดเป็นร้อยละ 53.40 รองลงมาไม่ได้ประกอบอาชีพ จำนวน 76 คน คิดเป็นร้อยละ 24.30 ค้าขาย จำนวน 35 คน คิดเป็นร้อยละ 11.20 รับจ้าง จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 4.50 ประมง จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 3.50 และข้าราชการบำนาญ จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 3.20

รายได้ ส่วนใหญ่ของกลุ่มตัวอย่างพอใช้จ่าย จำนวน 147 คน คิดเป็นร้อยละ 47.00 รองลงมาไม่พอใช้จ่ายแต่ไม่มีหนี้สิน จำนวน 78 คน คิดเป็นร้อยละ 24.90 พอใช้แต่มีหนี้สิน จำนวน 65 คน คิดเป็นร้อย ละ 20.80 และไม่พอใช้จ่ายและมีหนี้สิน จำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 7.30

ด้านผู้ดูแล ส่วนใหญ่มีผู้ดูแล จำนวน 262 คน คิดเป็นร้อยละ 83.70 และไม่มีผู้ดูแล จำนวน 51 คน คิดเป็นร้อยละ 16.30

การเข้าร่วมกิจกรรมการพัฒนาคุณภาพชีวิตผู้สูงในพื้นที่ชุมชน ส่วนใหญ่เคยเข้าร่วมกิจกรรม จำนวน 155 คน คิดเป็นร้อยละ 49.50 และไม่เคยเข้าร่วม จำนวน 158 คน คิดเป็นร้อยละ 50.50

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ความพึงพอใจต่อคุณภาพชีวิตของค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตาม คุณภาพชีวิต 4 ด้าน

การประเมินผลคุณภาพชีวิต	$\bar{x}$	S.D.	ระดับของความพึงพอใจ	ลำดับของความพึงพอใจ
ด้านร่างกาย	3.41	1.07	ปานกลาง	4
ด้านจิตใจ	3.53	1.02	มาก	3
ด้านความสัมพันธ์ทางสังคม	3.77	0.99	มาก	1
ด้านสิ่งแวดล้อม	3.73	1.02	มาก	2
รวมความพึงพอใจโดยภาพรวม	3.61	1.02	มาก	

จากตาราง สรุปความพึงพอใจต่อคุณภาพชีวิต พบว่า คุณภาพชีวิต 4 ด้าน โดยภาพรวม มีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.61 และ S.D. = 1.02) โดยพบว่า ลำดับที่ 1 ได้แก่ ด้านความสัมพันธ์ทางสังคม อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.77 และ S.D. = 0.99) ลำดับที่ 2 ด้านสิ่งแวดล้อม อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.73 และ S.D. = 1.02) ลำดับที่ 3 ด้านจิตใจ อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.53 และ S.D. = 1.02) และลำดับที่ 4 ด้านร่างกาย อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x}$ = 3.41 และ S.D. = 1.07)

2. เปรียบเทียบคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ โดยใช้แบบสัมภาษณ์ความรู้ ความเข้าใจ และความต้องการของตัวแทนผู้สูงอายุ ผลจากการสัมภาษณ์จากตัวแทนผู้สูงอายุในพื้นที่ มุมมองด้านคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ ปัจจุบันผู้สูงอายุในชุมชนมีคุณภาพชีวิตที่เรียบง่าย ค่อยช่วยเหลือกันและกันดี คุณภาพชีวิตอยู่ในระดับพอใช้จนถึงดี มีการดูแลจากภาครัฐบาล และอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้านคอยให้บริการช่วยเหลือยามป่วยไข้ และโดยสภาพทั่วไปของชุมชนไม่มีอะไรเปลี่ยนแปลงมาก อยากให้หน่วยงานภาครัฐบาลเข้ามาดูแลให้มากกว่านี้ ด้านการรองรับเพื่อสังคมผู้สูงอายุในอนาคต ส่วนใหญ่อยากให้องค์การบริหารส่วนตำบลเข้ามาดูแลชุมชนขั้นพื้นฐานให้มากขึ้น เพิ่มเบี้ยสวัสดิการให้แก่ผู้สูงอายุ จัดกิจกรรมเสริมสร้างรายได้ให้ผู้สูงอายุในชุมชนโดยการจัดตั้งชมรมผู้สูงอายุให้ครบทุกหมู่บ้าน ด้านการปรับตัวต่อสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงของสังคมและเศรษฐกิจในปัจจุบัน เพื่อให้สามารถดำรงชีวิตได้อย่างมีความสุข ส่วนใหญ่มีการปรับตัวการใช้ชีวิตตามสถานการณ์ของสังคมและเศรษฐกิจได้ตามอัตภาพ

3. แนวทางการพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ ด้านนโยบาย และกิจกรรมของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับผู้สูงอายุตามนโยบาย และกิจกรรมเกี่ยวกับผู้สูงอายุ เพื่อรองรับการเข้าสู่สังคมแห่งการเปลี่ยนแปลง และการเรียนรู้ที่มีคุณภาพด้านการศึกษา (โรงเรียนผู้สูงอายุ) รวมถึงผู้สูงอายุได้รับการพัฒนาทั้งทางร่างกาย อารมณ์ สังคม และสติปัญญา ด้านการส่งเสริมศาสนาวัฒนธรรม และภูมิปัญญาท้องถิ่น ในการสืบสานงานประเพณีและอนุรักษ์วัฒนธรรมของท้องถิ่นต่าง ๆ ให้คงอยู่สืบไป ด้านเศรษฐกิจส่งเสริมให้เกิดการรวมกลุ่มของผู้สูงอายุภายในตำบลเกาะแต้ว เพื่อที่จะได้ทำกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อสร้างรายได้ ส่วนด้านสาธารณสุขมีการจัดสวัสดิการผู้สูงอายุ การช่วยเหลือผู้ด้อยโอกาส และจัดระบบหลักประกันสุขภาพให้ประชาชนได้รับการดูแลอย่างทั่วถึง

อภิปรายผลการวิจัย

1. คุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ พบว่า ภาพรวมของคุณภาพชีวิตทั้ง 4 ด้านอยู่ในระดับมาก สอดคล้องกับงานวิจัยของดวงใจ คำคง (2554) ทำการศึกษาเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุตำบลลำสินธุ์ อำเภอศรีนครินทร์ จังหวัดพัทลุง

ผลการวิจัย พบว่า คุณภาพชีวิตรายด้านอยู่ในระดับสูงทั้ง 4 ด้าน คือ ด้านร่างกาย ด้านจิตใจ ด้านความสัมพันธภาพทางสังคม และด้านสิ่งแวดล้อม และสอดคล้องกับงานวิจัยของธันวา บัวมี (2560) ทำการศึกษาเรื่องแนวทางในการพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในเขตเทศบาลตำบลหนองน้อย อำเภอวัดสิงห์ จังหวัดชัยนาท ภาพรวมในทุกด้านอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะนโยบายการให้ความสำคัญกับผู้อายุของภาครัฐบาล และระบบสาธารณะสุขที่ดีของประเทศไทย

2. เปรียบเทียบคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ พบว่า คุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุใน 4 ด้าน ปัจจัยด้านเพศหญิงและเพศชายมีความพึงพอใจต่อคุณภาพด้านจิตใจแตกต่างกัน ขณะที่ด้านร่างกาย ด้านความสัมพันธ์ทางสังคม และด้านสิ่งแวดล้อมทั้งเพศหญิงและเพศชายไม่แตกต่างกัน ด้านอายุ พบว่า มีผลต่อความพึงพอใจในด้านร่างกาย ด้านจิตใจ ด้านความสัมพันธ์ทางสังคม และด้านสิ่งแวดล้อมแตกต่างกัน ส่วนผู้สูงอายุ 80 ปีขึ้นไป พบว่า มีความไม่แตกต่างกันในทุกด้าน ด้านสถานภาพ พบว่า มีผลต่อความพึงใจในคุณภาพชีวิตทุกด้าน ยกเว้นด้านสิ่งแวดล้อมที่ไม่แตกต่างกัน ด้านระดับการศึกษา และด้านอาชีพ พบว่า มีผลต่อความพึงใจในคุณภาพชีวิตทุกด้าน ยกเว้นด้านสิ่งแวดล้อมที่ไม่แตกต่างกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของสมคิด แทวกระโทก (2560) ทำการศึกษาเรื่องแนวทางการพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุพื้นที่องค์การบริหารส่วนตำบลในเขตอำเภอจักราช จังหวัดนครราชสีมา พบว่า ผู้สูงอายุพื้นที่องค์การบริหารส่วนตำบลในเขตอำเภอจักราช จังหวัดนครราชสีมา ที่มีอายุและสถานภาพสมรสต่างกัน มีคุณภาพชีวิตแตกต่างกัน ส่วนผู้สูงอายุพื้นที่องค์การบริหารส่วนตำบลในเขตอำเภอจักราช จังหวัดนครราชสีมา ที่มีเพศต่างกันมีคุณภาพชีวิตไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะบริบทของแต่ละท้องที่ไม่แตกต่างกัน

3. แนวทางการพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ พบว่า พัฒนาชุมชนมีนโยบาย กิจกรรมเกี่ยวข้องกับผู้สูงอายุ ใน 4 ด้าน คือ ด้านการศึกษา ด้านศาสนา ด้านเศรษฐกิจ และด้านสาธารณะสุข และมีการกำหนดแผนกลยุทธ์ แผนปฏิบัติงานและมีตัวชี้วัดที่ชัดเจน สอดคล้องกับงานวิจัยของสมคิด แทวกระโทก (2560) ทำการศึกษาเรื่องแนวทางการพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุพื้นที่องค์การบริหารส่วนตำบล ในเขตอำเภอจักราช จังหวัดนครราชสีมา และธันวา บัวมี(2560) ทำการศึกษาเรื่องแนวทางในการพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในเขตเทศบาลตำบลหนองน้อย อำเภอวัดสิงห์ จังหวัดชัยนาท ที่มีนโยบายในการพัฒนาแต่จะมีรายละเอียดปลีกย่อยแตกต่างกันไปในแต่ละด้าน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะนโยบายของผู้บริหารแต่ละตำบลที่แตกต่างกัน

สรุปผลการวิจัย

1. คุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุต่อความพึงพอใจ พบว่า ความสัมพันธ์ทางสังคมของชุมชนมีปฏิสัมพันธ์ที่ดี รวมถึงด้านสิ่งแวดล้อม ด้านจิตใจ ก็อยู่ในระดับดีมาก ส่วนด้านร่างกายจัดอยู่ในระดับปานกลาง เนื่องจากผู้สูงอายุมีอายุมากขึ้นทำให้ร่างกายถดถอยลง

2. การเปรียบเทียบความพึงพอใจของผู้สูงอายุ ด้านเพศ พบว่า เพศหญิงและเพศชายมีความพึงพอใจต่อคุณภาพด้านจิตใจแตกต่างกัน เพศหญิงมีความพึงพอใจต่อคุณภาพด้านจิตใจสูงกว่าเพศชาย ขณะที่ความพึงพอใจด้านร่างกาย ด้านความสัมพันธ์ทางสังคมและด้านสิ่งแวดล้อมทั้งเพศหญิงและเพศชายไม่แตกต่างกัน และกลุ่มตัวอย่างที่อายุ 80 ปีขึ้นไป พบว่า มีความไม่แตกต่างกันในทุกด้าน ส่วนด้านสถานภาพ ด้านระดับการศึกษา และด้านอาชีพ พบว่า มีผลต่อความพึงใจในคุณภาพชีวิตทุกด้าน ยกเว้นด้านสิ่งแวดล้อมที่ไม่แตกต่างกัน

3. แนวทางการพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับผู้สูงอายุได้มีการพัฒนานโยบาย แผนกลยุทธ์และกิจกรรมต่าง ๆ ขององค์กร เพื่อตอบสนองความต้องการของกลุ่มผู้สูงอายุ และยกระดับคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในด้านต่าง ๆ คือ ด้านการส่งเสริมอาชีพ ด้านสวัสดิการสังคม ด้านการศึกษา ด้านสาธารณสุข (สุขภาพกายและสุขภาพจิต) ด้านนันทนาการ ด้านการจัดการเกี่ยวกับที่อยู่อาศัย หากหน่วยงานสามารถพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุได้ในทุกด้าน จะก่อเกิดผลดีต่อผู้สูงอายุให้มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น

คำขอบคุณ (ถ้ามี)

การวิจัยครั้งนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยสงขลา ผู้เชี่ยวชาญและทุกท่านที่เกี่ยวข้อง ที่กรุณาให้คำแนะนำข้อคิดเห็น ตรวจสอบและแก้ไขปัญหาข้อบกพร่องต่าง ๆ จนทำให้งานวิจัยครั้งนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

อ้างอิง

กรมการปกครอง. ข้อมูลสถิติจำนวนผู้สูงอายุประเทศไทย ปี 2561 ด้วยระบบ POWER BI. เข้าถึงจาก http://www.dop.go.th/th/know/1/153 สืบค้นวันที่ 18 พฤษภาคม 2562.

กรมกิจการผู้สูงอายุกระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์. (2552). แผนผู้สูงอายุแห่งชาติ ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2545-2564) ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1 พ.ศ. 2552. เข้าถึงจาก http://www.dop.go.th/th/laws/1/28/766 สืบค้นวันที่ 21 ตุลาคม 2563.

กรมกิจการผู้สูงอายุ. (2559). แผนผู้สูงอายุแห่งชาติ ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2545-2564) ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1 พ.ศ. 2552. เข้าถึงจาก http://www.dop.go.th/th/laws/1/28/766 สืบค้นวันที่ 23 ธันวาคม 2563.

เทศบาลตำบลเกาะแต้ว. เข้าถึงจาก https://th.wikipedia.org/wiki/ เทศบาลตำบลเกาะแต้ว. สืบค้นวันที่ 12 พฤษภาคม 2562. จันทนา สารแสง. (2561).

ดวงใจ คำคง. (2554). ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุตำบลลำสินธุ์ อำเภอศรีนครินทร์ จังหวัดพัทลุง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาการจัดการระบบสุขภาพ มหาวิทยาลัยทักษิณ.

ไทยตำบล ดอทคอม. ข้อมูลตำบลเกาะแต้ว อำเภอเมือง สงขลา. เข้าถึงจาก https://www thaitambon. com/tambon/900103 สืบค้นวันที่ 17 พฤษภาคม 2562.

ธันวา บัวมี. (2560). แนวทำงในการพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในเขตเทศบาลตำบลหนองน้อย อำเภอวัดสิงห์ จังหวัดชัยนาท. รายงานสืบเนื่องการประชุมสัมมนาวิชาการ (Proceedings) การน าเสนอ ผลงานวิจัยระดับชาติเครือข่ายบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 17.

สมคิด แทวกระโทก. (2560). การพัฒนาคุณภาพของผู้สูงอายุพื้นที่องค์การบริหารส่วนตำบลในเขตอำเภอจักราช จังหวัดนครราชสีมา. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา วารสาร ชุมชน. 11(1) (มกราคม-เมษายน 2560): 158.

Batista Vitorino, P. A., and Martins da Silva, F. 2010. Level of Quality of Life in the elderly un ATI-UCB. Education Fisica Revista 4(3): 1-15.

องค์ประกอบจังหวะของโนราโรงครูภาคใต้

อภินันท์ รักษ์นิ่ม[1*]

บทคัดย่อ

ดนตรีประกอบการแสดงโนราโรงครูภาคใต้มีความเป็นเอกลักษณ์เฉพาะถิ่น ความโดดเด่น ด้านการบรรเลงเครื่องดนตรีประกอบจังหวะของโนราโรงครู ที่หนักแน่น ความรวดเร็ว ความสลับซับซ้อน และความหลากหลาย หน้าที่เพื่อควบคุมด้านความเร็วของการแสดง การเคลื่อนไหวของผู้ร่ายรำ เป็นหัวใจหลักในการกำหนดจังหวะของวงดนตรี รูปแบบการเน้นจังหวะช่วงขั้นตอนที่สำคัญ รูปแบบเป็นวงดนตรีขนาดเล็กแต่ทรงพลังครอบคลุมทั้งทางด้านจังหวะ ด้านทำนอง ทุกเครื่องดนตรีมีการเชื่อมโยงกันกาย ใจ และจิตวิญญาณ โดยการกำหนดหน้าที่กันอย่างชัดเจนสะท้อนให้พลังแรงศรัทธา และยังช่วยสร้างเสริมบรรยากาศให้มีศักดิ์สิทธิ์ความขลังในพิธีกรรมมากยิ่งขึ้นไม่จะเป็นการบรรเลงจังหวะช้า หรือการบรรเลงจังหวะเร็วล้วนมีความน่าสนใจ

เครื่องดนตรีประกอบจังหวะของโนราโรงครู ประกอบด้วยกัน 6 ชิ้น แต่เรียกว่า “เครื่องห้า” หรือเรียกว่า “เครื่องเบจญดุริยางค์” ได้แก่ ปี่นอก, กลองหน้าทับ, กลองตุ๊ก, โหม่งคู่, ฉิ่ง, แตระ ด้านองค์ประกอบจังหวะของโนราโรงครูภาคใต้ประกอบด้วยกัน 3 กลุ่ม คือ 1.กลุ่มจังหวะหลัก หรือ กลุ่มชีพจรจังหวะ (Beat, Meter) 2.กลุ่มกระสวนจังหวะ (Rhythmic Patterns) 3.กลุ่มการด้นสดจังหวะ (Improvisation)

องค์ประกอบจังหวะของโนราโรงครูปรากฏในบทเพลงประกอบการแสดงโนราโรงครูการยกตัวอย่างประกอบการอธิบายเป็นโน้ตดนตรีสากล สัญลักษณ์แบบดนตรีสากล เพื่อการจัดเก็บข้อมูล เป็นแนวทางในการศึกษา ด้านอัตลักษณ์ ด้านดนตรี ด้านบทเพลง สำหรับผู้ที่มีความสนใจ เพื่อเป็นการส่งเสริม การอนุรักษ์ ประเพณีวัฒนธรรมไว้ให้ลูกหลานต่อไป

คำสำคัญ : ดนตรีประกอบโนราโรงครู, จังหวะประกอบโนราโรงครู,

Rhythmic Elements of Nora Rong Khrue Southern Region

Apinun Ruknim[1*]

Abstract

The music accompanying the performance of Nora Rong Khrue in the South has its own unique local identity. The outstanding feature is the rhythmic instruments of Nora Rong Khrue, which are solid, fast, complex, and diverse. The function is to control the speed of the performance and the movements of the dancers. It is the main factor in determining the rhythm of the band. The form emphasizes the rhythm of important steps. The form is a small but powerful band that covers both rhythm and melody. Every instrument is connected to the body, mind, and spirit. The clear assignment of duties reflects the power of faith. It also helps create a sacred atmosphere and more sacredness in the ceremony. Whether it is playing a slow rhythm or a fast rhythm, it is interesting.

The rhythmic instruments of Nora Rong Khrue consist of 6 pieces, but they are called "five instruments" or "five-piece instruments": oboe, drum, tuk drum, paired gong, ching, and tra. In terms of the rhythmic components of Nora Rong Khrue in the South Consisting of 3 groups: 1. Main rhythm group or rhythm pulse group (Beat, Meter) 2. Rhythmic pattern group (Rhythmic Patterns) 3. Improvisation group (Improvisation)

The rhythmic elements of Nora Rong Khrue appear in the songs accompanying the Nora Rong Khrue performance. Examples are provided to explain in the form of international music notes, international music symbols, for data collection, as a guideline for studying identity, music, and songs for those who are interested in promoting the preservation of traditions and culture for future generations.

Keywords: Nora Rong Khrue music, Nora Rong Khrue rhythm,

บทนำ

โนราโรงครูเป็นศิลปะการแสดงพื้นบ้านที่มีความสำคัญ มาตั้งสมัยอดีตจนถึงปัจจุบัน ซึ่งได้รับการสืบทอดจากคนรุ่นหนึ่งไปสู่คนอีกรุ่นหนึ่ง โดยปรากฏอยู่ในเขตบริบทของพื้นที่ภาคใต้ การสืบทอดประกอบด้วย ด้านขั้นตอนพิธีกรรม ด้านความเชื่อ ด้านศิลปะการแสดง ด้านวัฒนธรรมและสังคม บทบาทของโนราโรงครูจึงมีอิทธิพลต่อสังคม สามารถกำหนดวิถีชีวิตของกลุ่มชนในสังคมในด้านต่างๆได้ ชวน เพชรแก้ว (2540: 85) กล่าวไว้ “โนราได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางว่าเป็นนาฏศิลป์ที่เป็นตัวแทนของชาวภาคใต้ ซึ่งบอกถึงความแข็งกร้าว บึกบึน ฉับไว และเด็ดขาด เป็นกิจกรรมทางวัฒนธรรมที่เก่าแก่ เป็นการสื่อสารที่ใช้ร่างกายเป็นเครื่องมือ และใช้การเคลื่อนไหวเป็นไปอย่างมีจังหวะ และมีความสัมพันธ์ระหว่างความคิดกับจิตวิญญาณของผู้แสดง ซึ่งเมื่อผสมผสานกับลีลาดนตรีที่ประโคมควบคู่กับท่ารำแล้ว จะบอกลักษณะถึงความหนักแน่นเฉียบขาด ฉับพลัน และอีกทีกเร้าใจเป็นอย่างยิ่ง โนราจึงเป็นการแสดงที่ไม่ใช่เพียงเพื่อความบันเทิงหรือเป็นเพียงกิจกรรมนันทนาการเพื่อผู้ชมเท่านั้น แต่มีความสำคัญต่อชีวิตชาวบ้านเกือบทั้งชีวิต ทั้งนี้เนื่องจากศิลปินได้ใช้การแสดงโนราเป็นเครื่องแสดงปฏิกิริยาตอบต่อความต้องการของสังคมและต่อปัญหาสังคม โนราจึงอาจนับได้ว่าเป็นส่วนประกอบหนึ่งของประวัติศาสตร์สังคม”

ศิลปวัฒนธรรม ประเพณีการแสดงพื้นบ้านในแต่ละเขตพื้นที่โดยส่วนมากมักจะมีดนตรีเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งดนตรีเหล่านั้นเป็นเครื่องมือในการสื่อสารทางวัฒนธรรมและอารมณ์ โดยดนตรีในแต่ละเขตพื้นที่ย่อมมีความแตกต่างกันออกไป ประโยชน์ของดนตรีช่วยให้ผ่อนคลายทางด้านอารมณ์ ทำให้จิตใจเบิกบาน สร้างความสนุกสนาน ดนตรีบางอย่างอาจแฝงไว้ด้วยคติสอนใจ การให้ความรู้ ช่วยสร้างความสามัคคีในกลุ่มชน ซึ่งลักษณะดนตรีในรูปแบบต่างๆ มีอิทธิพลต่อความรู้สึกของมนุษย์ทำให้วิถีชีวิตของมนุษย์มีการเปลี่ยนแปลงในด้านต่างๆ ทั้งในปัจจุบัน และอนาคต สุรศักดิ์ เพชรคงทอง (2564) กล่าวว่า “ดนตรีพื้นบ้านภาคเหนือแสดงให้เห็นถึงความเป็นอยู่และวัฒนธรรมที่เรียบง่าย ส่วนของภาคกลางจะบ่งบอกวิถีชีวิตทั้งความรื่นเริงและการประกอบอาชีพ ในภาคใต้แสดงถึงความเชื่อและประเพณีที่ปฏิบัติสืบทอดมาอย่างยาวนาน และดนตรีของภาคตะวันออกเฉียงเหนือแสดงให้เห็นภูมิปัญญาความเชื่อตลอดจนพิธีกรรมโดยในที่นี้มุ่งเน้นเฉพาะดนตรีประกอบการแสดงของภาคใต้ซึ่งมีหลายประเภท อาทิ โนรา หนังตะลุง รองเง็ง ดิเกร์ฮูลู หรือแม้กระทั่งลิเกป่าที่มีเอกลักษณ์เฉพาะและพบเห็นได้น้อยในปัจจุบัน”

การแสดงโนราโรงครูเป็นการผสมผสารเรื่องของวิถีชีวิตความเป็นอยู่ การนำเอาความสัมพันธ์ที่อยู่โดยรอบตัวเรา ในด้านต่าง ๆ การแสดงโนราโรงครู มีรูปแบบที่แบบแผน การฝึกฝน ลักษณะการสืบทอดจากรุ่นสู่รุ่น ในสายตระกูลโนราโรงครู การแสดงโนราโรงครู ประกอบไปด้วยการบรรเลงจังหวะรูปแบบต่าง ๆ ประกอบการร้อง การขับบท การร่ายรำ 12 ท่าทาง 12 เรื่องที่ใช้ในการแสดง การแก้บ่นบานศาลกล่าว เครื่องดนตรีที่ใช้บรรเลงประกอบการแสดงโนราโรงครู ได้แก่ ปี่นอก หน้าทับ กลองตุ๊ก โหม่งคู่ ฉิ่ง และไม้แตระ นพรัตน์ ลาภส่งผล (2563) กล่าวไว้ว่า “วงดนตรีพื้นบ้านภาคใต้ นิยมบรรเลงในงานแตกต่างกันไป เช่น วงกาหลอ ใช้บรรเลงในงานศพ วงดนตรีหนังตะลุง ใช้บรรเลงประกอบการแสดงหนังตะลุงโนห์รา เครื่องดนตรีที่ใช้บรรเลงในวงดนตรีพื้นบ้านภาคใต้ที่สำคัญได้แก่ ทับ รำมะนา กลอง โหม่ง ฆ้องคู่ กลองชาตรี”

ดนตรีประกอบการแสดงโนราโรงครู ได้รับการฝึกฝน และการสืบทอดต่อกันมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ประกอบด้วย ด้านบทเพลงทำนอง ด้านการร่ายรำ ด้านการขับบท ด้านพิธีกรรมความเชื่อ ด้านจังหวะประกอบ ด้านการรวมวงดนตรี เฉลิมศักดิ์ พิกุลศรี (2560) กล่าวว่า “ดนตรีเป็นศิลปะของการเรียบเรียงเสียงที่เกิดจากความพากเพียรของมนุษย์ โดยเสียงที่สร้างสรรค์เรียบเรียงขึ้น ประกอบด้วย จังหวะ ทำนอง สีสัน หรือสุ่มเสียง การประสานเสียง และรูปแบบ หรือคีตลักษณ์ ไม่ว่าดนตรีเหล่านั้นจะสังกัดในวัฒนธรรมใด ภาษาใด ล้วนประกอบขึ้นจากพื้นฐานองค์ประกอบดังกล่าวทั้งสิ้น ส่วนความแตกต่างขององค์ประกอบทางด้านดนตรีของแต่ละวัฒนธรรมนั้น มีปัจจัยมาจากรสนิยม และแนวคิดของมนุษย์ผู้สร้างสรรค์ดนตรี”

ดนตรีประกอบการแสดงโนราโรงครูภาคใต้มีความเป็นเอกลักษณ์เฉพาะถิ่น ความโดดเด่น ด้านการบรรเลงเครื่องดนตรีประกอบจังหวะของโนราโรงครู ที่หนักแน่น ความรวดเร็ว ความสลับซับซ้อน และความหลากหลาย หน้าที่เพื่อควบคุมด้านความเร็วของการแสดง การเคลื่อนไหวของผู้ร่ายรำ เป็นหัวใจหลักในการกำหนดจังหวะของวงดนตรี รูปแบบการเน้นจังหวะช่วงขั้นตอนที่สำคัญ รูปแบบเป็นวงดนตรีขนาดเล็กแต่ทรงพลัง ครอบคลุมทั้งทางด้านจังหวะ ด้านทำนอง ทุกเครื่องดนตรีมีการเชื่อมโยงกันกาย ใจ และจิตวิญญาณ โดยการกำหนดหน้าที่กันอย่างชัดเจนสะท้อนให้พลังแรงศรัทธา และยังช่วยสร้างเสริมบรรยากาศให้มีศักดิ์สิทธิ์ความขลังในพิธีกรรมมากยิ่งขึ้นไม่จะเป็นการบรรเลงจังหวะช้า หรือการบรรเลงจังหวะเร็วล้วนมีความน่าสนใจ

เครื่องดนตรีประกอบจังหวะของโนราโรงครู ประกอบด้วยกัน 6 ชิ้น แต่เรียกว่า “เครื่องห้า” หรือเรียกว่า “เครื่องเบจญดุริยางค์” ได้แก่ ปี่นอก, กลองหน้าทับ, กลองตุ๊ก, โหม่งคู่, ฉิ่ง, แตระ ด้านองค์ประกอบจังหวะของโนราโรงครูภาคใต้ **ประกอบด้วยกัน 3 กลุ่ม คือ 1.กลุ่มจังหวะหลัก หรือ กลุ่มชีพจรจังหวะ (Beat, Meter) 2.กลุ่มกระสวนจังหวะ (Rhythmic Patterns) 3.กลุ่มการด้นสดจังหวะ (Improvisation)**

วิธีดำเนินการวิจัย

บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยเรื่อง อัตลักษณ์ และการเปลี่ยนแปลงดนตรีโนราโรงครู (Identity and Change Music Nora Rong Khrue) เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) โดยนำเนื้อหาในส่วนของจังหวะประกอบการแสดงโนราโรงครูมาขยายเนื้อหาเพิ่มเติม ที่มุ่งเน้นการศึกษาข้อมูลจากแหล่งข้อมูลจริงและการวิเคราะห์เชิงลึก โดยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1.การศึกษาข้อมูลเอกสาร (Documentary Research) ศึกษาข้อมูลทฤษฎี งานวิจัย และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับโนราโรงครู ดนตรีโนรา และองค์ประกอบจังหวะจากหนังสือ บทความ วิทยานิพนธ์ และสื่ออื่น ๆ เพื่อสร้างความเข้าใจพื้นฐาน และกรอบแนวคิดในการวิจัย

2.การเก็บข้อมูลภาคสนาม (Field Study)

2.1 การสังเกต (Observation)

-เข้าร่วมสังเกตการณ์แสดงโนราโรงครูในพื้นที่ภาคใต้ คณะโนราชะอุ้ม อมรศิลป์ ศิลปินโบราณ จังหวัด พัทลุง ปัจจุบันอาศัยอยู่บ้านเลขที่ 174 หมู่ที่ 4. ต.หนองธง อ.ป่าบอน จ.พัทลุง รหัสไปรษณีย์ 93170

- การบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับจังหวะดนตรี การตีจังหวะ การเปลี่ยนแปลงจังหวะตามลำดับพิธีกรรม

-การเก็บบันทึกข้อมูลด้วยวิดีโอ และการบันทึกเสียงเพื่อใช้วิเคราะห์ข้อทางด้านดนตรีภายหลัง

2.2 การสัมภาษณ์ (Interview)

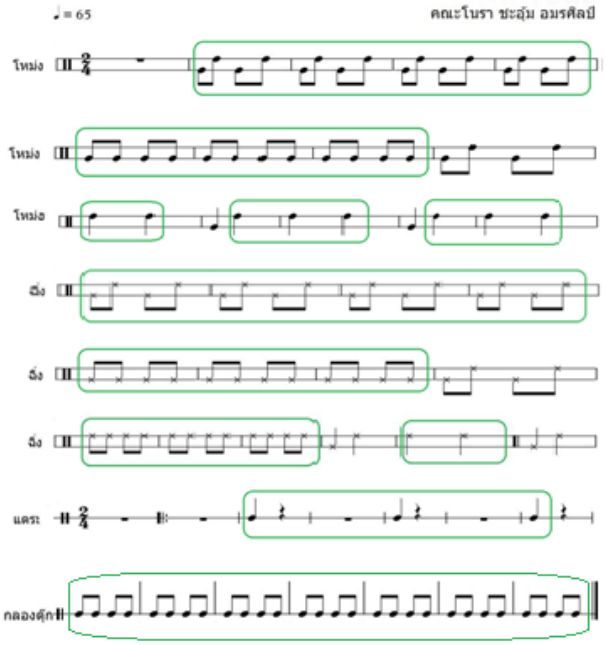
-สัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) กับโนรา ครูเพลง ปราชญ์ท้องถิ่น และนักดนตรีที่มีประสบการณ์ในพิธีกรรมโนราโรงครู

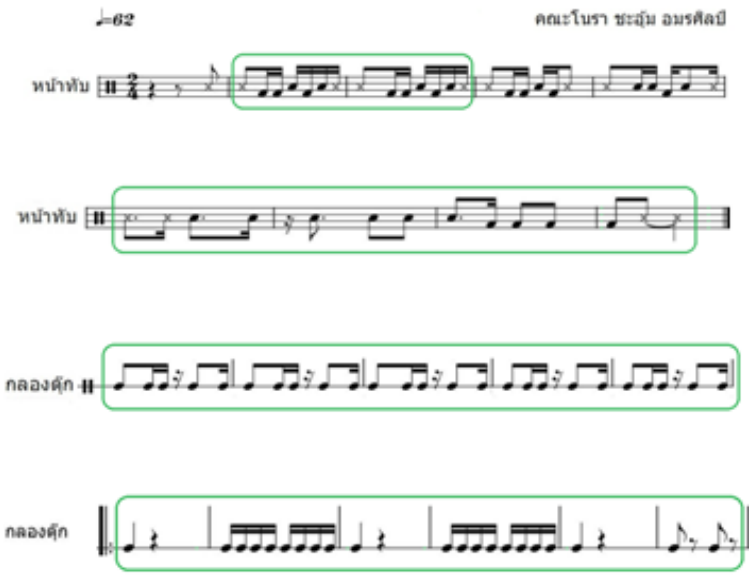
-ใช้คำถามกึ่งโครงสร้าง (Semi-structured Interview) เพื่อให้ข้อมูลเปิดกว้างและลึกซึ้ง เช่น คำถามเกี่ยวกับลักษณะจังหวะ ความหมายของจังหวะในแต่ละช่วงพิธีกรรม และบทบาทของจังหวะต่อพิธี

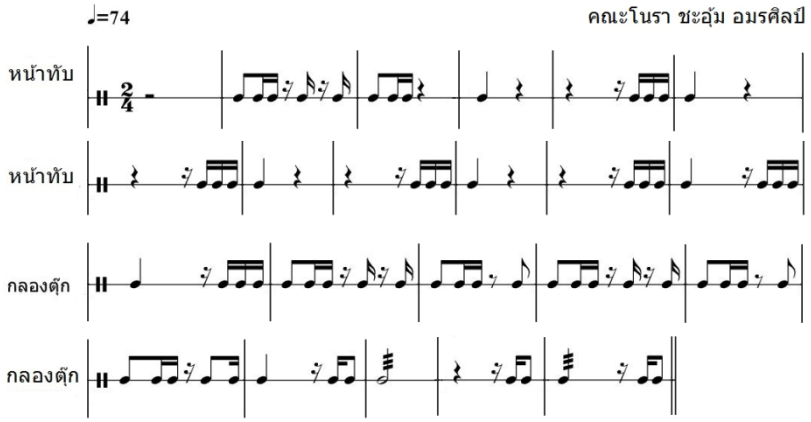
3.การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis) 3.1วิเคราะห์ข้อมูลจากการบันทึกเสียงและวิดีโอ โดยถอดเสียงจังหวะ (Transcription) เพื่อหาลักษณะและรูปแบบจังหวะที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงพิธีกรรม 3.2เปรียบเทียบลักษณะจังหวะกับข้อมูลจากเอกสารและข้อมูลจากการสัมภาษณ์เพื่อหาความสอดคล้องและความแตกต่าง 3.3จัดหมวดหมู่ข้อมูลตามช่วงพิธีกรรม เช่น จังหวะย่ำครู จังหวะเข้าครู จังหวะส่งครู เป็นต้น

4.การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล (Data Validation) 4.1ตรวจสอบข้อมูลโดยการสอบถามกลับ (Member Check) กับผู้ให้ข้อมูลหลัก เช่น โนรา หรือครูเพลง เพื่อยืนยันความถูกต้อง 4.2ใช้วิธีการตรวจสอบแบบ (Triangulation) โดยเปรียบเทียบข้อมูลจากหลายแหล่ง เช่น เอกสาร ภาคสนาม และการสัมภาษณ์

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาองค์ประกอบจังหวะของโนราโรงครูภาคใต้พบว่าองค์ประกอบจังหวะการแสดงโนราโรงครูแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มหลักตามลักษณะของบทเพลงทำนองประกอบตามลำดับพิธีกรรม ได้แก่ **1.กลุ่มจังหวะหลัก หรือ กลุ่มชีพจรจังหวะ (Beat, Meter)** เป็นกลุ่มที่มีความสำคัญที่สุด เป็นชีพรจังหวะ เรียกว่า “บีช” (Beat) หรือ “มิสเตอร์” (Meter)ไม่สามารถหยุดบรรเลงได้ ทำหน้าที่ในการควบคุมจังหวะความช้า ความเร็ว การเคลื่อนไหวของผู้ร่ายรำ เป็นหัวใจหลักในการกำหนดจังหวะของทั้งวงดนตรี รูปแบบการเน้นจังหวะในช่วงขั้นตอนที่ความสำคัญ

ภาพที่1. องค์ประกอบจังหวะของโนราโรงครู ที่มา: อภินันท์ รักนิ่ม

1.2.กลุ่มกระสวนจังหวะ (Rhythmic Patterns) รูปแบบจังหวะที่เป็นแบบแผน กำหนดโครงสร้างของจังหวะไว้อย่างชัดเจน อาจเป็นรูปแบบเฉพาะเรียกว่า “รูปแบบจังหวะประจำ” ใช้เป็นแม่แบบในการบรรเลงเครื่องดนตรีวนซ้ำไปมา เพื่อให้ผู้บรรเลง, นักแสดง สามารถเข้าใจตรงกันทั้งวงดนตรี และดำเนินไปในทิศทางเดียวกันได้

ภาพที่2. องค์ประกอบจังหวะของโนราโรงครู ที่มา: อภินันท์ รักนิ่ม

1.3.กลุ่มการด้นสดจังหวะ (Improvisation) การสร้างรูปแบบกระสวนจังหวะขึ้นมาทันทีขณะที่กำลังบรรเลงเครื่องดนตรีอยู่ โดยไม่ได้ยึดติดรูปแบบกระสวนจังหวะแบบเดิม ลักษณะเป็นการแสดงออกทางทักษะดนตรีที่เกิดจากการเรียนรู้ ความรู้ ทักษะ และความรู้สึก สื่อสารผ่านเครื่องดนตรี การด้นสดกระสวนจังหวะสร้างความไม่จำเจ สร้างความมีชีวิตชีวา การด้นสดกระสวนจังหวะแบ่งได้เป็น 4 แบบ คือ 1.การด้นสดจังหวะตามรูปแบบ (Structured Improvisation) 2.การด้นสดจังหวะอิสระ (Free Improvisation) 3.การด้นสดตอบโต้ (Call and Response Improvisation) 4.การด้นสดจังหวะประกอบการเคลื่อนไหว (Movement-based Improvisation)

ภาพที่3. กลุ่มจังหวะหลัก และกลุ่มกระสวนจังหวะ ที่มา: อภินันท์ รักนิ่ม

จากผลการวิจัยพบว่าองค์ประกอบจังหวะของโนราโรงครูภาคใต้

ประกอบด้วย 1.กลุ่มของจังหวะหลัก (Beat, Meter) เป็นกลุ่มที่มีความสำคัญที่สุด ซึ่งหากศิลปวัฒนธรรม ประเพณี การแสดงใดๆก็ตามที่เกี่ยวข้องกับเรื่องดนตรีแล้วจะต้องมีกลุ่มจังหวะหลัก หรือเรียกว่าชีพจรจังหวะ ทำหน้าที่ควบคุมจังหวะช้า จังหวะเร็ว การเคลื่อนไหวของผู้ร่ายรำ การเน้นจังหวะหนัก จังหวะเบาในขั้นตอนที่มีความสำคัญ เป็นหัวใจหลักของวงดนตรีโนราโรงครู **2.กลุ่มกระสวนจังหวะ (Rhythmic Patterns)**รูปแบบจังหวะที่เป็นแบบแผน กำหนดโครงสร้างของจังหวะไว้อย่างชัดเจนเรียกว่า “รูปแบบจังหวะประจำ” ใช้เป็นแม่แบบในการบรรเลงเครื่องดนตรีวนซ้ำไปมา สามารถเข้าใจตรงกันทั้งวงดนตรีและดำเนินไปในทิศทางเดียวกันได้ **3.กลุ่มการด้นสดจังหวะ (Improvisation)** การสร้างรูปแบบกระสวนจังหวะขึ้นมาทันทีขณะที่กำลังบรรเลงเครื่องดนตรีอยู่ โดยไม่ได้ยึดติดรูปแบบกระสวนจังหวะแบบเดิม ลักษณะเป็นการแสดงออกทางทักษะดนตรีที่เกิดจากการเรียนรู้ ความรู้ ทักษะ และความรู้สึก สื่อสารผ่านเครื่องดนตรี **ซึ่งได้มีความสอดคล้องสัมพันธ์กับ** สงัด ภูเขาทอง, (2532:27) ได้ให้ความหมายขององค์ประกอบของดนตรีอันดนตรีของทุกชนชาติย่อมมีองค์ประกอบทางดนตรีเหมือนกันหากจะแตกต่างกันบ้างก็อยู่ที่รายละเอียดที่เกี่ยวกับการปรุงแต่งทางด้านดนตรี เพื่อให้เหมาะสมตามสภาพวัฒนธรรมของตนเอง ตามองค์ประกอบทางดนตรี ด้าน

จังหวะ (Rhythmic) การเคลื่อนไหวอย่างสม่ำเสมอ กำหนดความช้า ความเร็ว เช่น ทำนองช้า ทำนองเร็ว การกำหนดความสั้น ความยาว มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาในการร้องเพลง การบรรเลงเครื่องดนตรี ต้องมีจังหวะเป็นตัวกำหนด 1.1.รูปแบบการนับ (Beat, Meter) 1.2.อัตราความเร็ว (Tempo) 1.3.ความหนักเบา (Dynamic) 1.4.อัตราจังหวะ (Time signature) 1.5.จังหวะขัด (Syncopation) **ซึ่งได้มีความสอดคล้องสัมพันธ์กับ** เฉลิมศักดิ์ พิกุลศรี, (2560. หน้า 2 – 3) ดนตรีเป็นศิลปะของการเรียบเรียงเสียงที่เกิดจากความพากเพียรของมนุษย์ โดยเสียงที่สร้างสรรค์เรียบเรียงขึ้นนั้น ประกอบด้วย จังหวะ ทำนอง สีสัน หรือสุ่มเสียง การประสานเสียง และรูปแบบ หรือคีตลักษณ์ ไม่ว่าดนตรีเหล่านั้นจะสังกัดในวัฒนธรรมใด ภาษาใด ล้วนประกอบขึ้นจากพื้นฐานองค์ประกอบดังกล่าวทั้งสิ้น ส่วนความแตกต่างขององค์ประกอบทางด้านดนตรีของแต่ละวัฒนธรรมนั้น มีปัจจัยมาจากรสนิยม และแนวคิดของมนุษย์ผู้สร้างสรรค์ดนตรีอาจกล่าวได้ว่า การเปลี่ยนแปลงทางด้านดนตรี

สรุปผลการวิจัย

1.กลุ่มจังหวะหลัก หรือ กลุ่มชีพจรจังหวะ (Beat, Meter) เป็นชีพรจังหวะ เรียกว่า “บีช” (Beat) หรือ “มิสเตอร์” (Meter) หยุดบรรเลงไม่ได้ ทำหน้าที่ในการควบคุมจังหวะความช้า ความเร็วการเคลื่อนไหวของผู้ร่ายรำ เป็นหัวใจหลักในการกำหนดจังหวะของทั้งวงดนตรี รูปแบบการเน้นจังหวะในช่วงขั้นตอนที่ความสำคัญ **2.กลุ่มกระสวนจังหวะ (Rhythmic Patterns)** รูปแบบจังหวะที่เป็นแบบแผน กำหนดโครงสร้างของจังหวะไว้อย่างชัดเจนเป็นรูปแบบเฉพาะเรียกว่า “รูปแบบจังหวะประจำ” ใช้เป็นแม่แบบในการบรรเลงเครื่องดนตรีวนซ้ำไปมา เพื่อให้ผู้บรรเลง, นักแสดง สามารถเข้าใจตรงกันทั้งวงดนตรีและดำเนินไปในทิศทางเดียวกัน **3.กลุ่มการด้นสดจังหวะ (Improvisation)** การสร้างรูปแบบกระสวนจังหวะขึ้นที่กำลังบรรเลงเครื่องดนตรีอยู่ โดยไม่ได้ยึดติดรูปแบบกระสวนจังหวะแบบเดิม แบ่งได้เป็น 4 แบบ คือ 1.การด้นสดจังหวะตามรูปแบบ (Structured Improvisation) 2.การด้นสดจังหวะอิสระ (Free Improvisation) 3.การด้นสดตอบโต้ (Call and Response Improvisation) 4.การด้นสดจังหวะประกอบการเคลื่อนไหว (Movement-based Improvisation)

บรรณานุกรม

เฉลิมศักดิ์ พิกุลศรี. (2560). การเปลี่ยนแปลงทางดนตรี.ขอนแก่น: แอนนาออฟเซต.

ณัชชา โสคติยานุรักษ์ .(2542). ทฤษฎีดนตรี.กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ณัชชา โสคติยานุรักษ์. (2549).ทฤษฎีดนตรี(พิมพ์ครั้งที่6). กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ธรรมนิตย์ นิคมรัตน์. (2542). โนราแขกการปรับเปลี่ยนการแสดงเพื่อวัฒนธรรมชุมชน. สำนักงานคณะกรรมการวัฒนธรรมแห่งชาติ กระทรวงศึกษาธิการ.(ม.ป.พ.)

นพพร ด่านสกุล. (2541). ทฤษฎีโน้ตสากล. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาศิลปกรรมคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์มหาวิทยาลัยทักษิณ.

ปัญญา รุ่งเรือง. (2546). หลักมานุษยดุริยางควิทยา เอกสารการสอนรายวิชา 393571 พื้นฐานดนตรีชาติพันธุ์วิทยา. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิทยา บุษรารัตน์, เบ็ญจวรรณ บัวขวัญ.(2559). โนรา: การเปลี่ยนแปลงการปรับตัวและพลังสร้างสรรค์ในการดำรงอยู่ของคีตนาฏยลักษณ์แห่งภาคใต้.กรีนโซนอินเตอร์ 2001.

พิทยา บุษรารัตน์. (2535). โนราโรงครูตำบลท่าแคอำเภอเมืองพัทลุงจังหวัดพัทลุง. สงขลา:มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒสงขลา.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2548). ศัพท์ดนตรีสากล. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.

สมศักดิ์ สร้อยระย้า.(2538). เครื่องเคาะตี.กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์โอ.เอส.พริ้นติ้ง เฮ้าส์

สมนึก อุ่นแก้ว.(2555). ทฤษฎีดนตรีแนวปฏิบัติ. อุดรธานี: สำนักพิมพ์มิวสิคโก

สุริชัย หวันแก้ว.(2537). การเปลี่ยนแปลงทางสังคมและวัฒนธรรมในสังคมและวัฒนธรรม.: คณะกรรมการสภาวิจัยแห่งชาติสาขาสังคมวิทยา สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ.

อุดม หนูทอง. (2536). โนรา. สงขลา: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒภาคใต้.

Apel, W. (1986). The New Harvard Dictionary of Music. Belknap Press.

Benward, B., & Marilyn Nadine Saker. (2009). Music in theory and practice. Mcgraw-Hill.

Creswell, J. W. (2007). Qualitative Inquiry and Research design: Choosing among Five Traditions. Sage.

Collins, D. (2013). Music theory and its methods structures, challenges, directions. Frankfurt, M. Pl Acad. Research.

Williams, A. M. (2001). Constructing musicology. Ashgate.

Post, J. C. (2004). Ethnomusicology: a guide to research. Routledge.

Malm, W. P. (1996). Music Cultures of the Pacific, the Near East, and Asia. Pearson.

Music--psychoanalysis--musicology; ed. by samuelwilson. (2018). London Routledge.

Session

บริหารธุรกิจและเศรษฐศาสตร์

P 24

การศึกษาพฤติกรรมการใช้สารสนเทศของผู้ประกอบการ OTOP จังหวัดสงขลา

ภัทราภรณ์ แก้วกนิษฐารักษ์[1]* และสุชาดา ศรีเชื้อ[2]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้สารสนเทศและศึกษาปัญหาการใช้สารสนเทศของผู้ประกอบการ OTOP จังหวัดสงขลา โดยสัมภาษณ์ผู้ประกอบการ OTOP จังหวัดสงขลา ด้วยแบบสอบถามมีโครงสร้าง เพื่อรวบรวมข้อมูลพฤติกรรมการใช้สารสนเทศ และปัญหาจากการใช้สารสนเทศของผู้ประกอบการ OTOP จังหวัดสงขลา โดยใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 175 คน มาวิเคราะห์และนำเสนอเชิงพรรณนา ผลการศึกษา พบว่าผู้ประกอบการ OTOP จังหวัดสงขลาส่วนใหญ่ใช้สมาร์ทโฟนและTablet เป็นอุปกรณ์เชื่อมต่อสารสนเทศ โดยเข้าถึงสารสนเทศเพื่อค้นหาความรู้เกี่ยวกับการผลิตและการตลาด รับคำสั่งซื้อจากลูกค้า และใช้เป็นเครื่องมือบอกเส้นทางในการเดินทางไปจำหน่ายสินค้าในต่างพื้นที่ ซึ่งสื่อที่ผู้ประกอบการใช้ส่วนใหญ่เป็นสื่อสังคมออนไลน์ เว็บไซต์ค้นหาข้อมูล และยูทูป นอกจากนี้ ผู้ประกอบการยังมีการเผยแพร่สารสนเทศเพื่อแนะนำผลิตภัณฑ์ประชาสัมพันธ์ เพิ่มช่องทางจัดจำหน่าย ในรูปแบบของข้อความ ภาพ วีดีโอ และวีดีโอแบบถ่ายทอดสด โดยผู้ประกอบการส่วนใหญ่ใช้สารสนเทศ 2-3 วันต่อครั้ง ใช้เวลาระหว่าง 1-2 ชั่วโมงต่อวัน ค่าใช้จ่ายอยู่ระหว่าง 200 - 499 บาทต่อเดือน ซึ่งผู้ประกอบการบางส่วนมีความรู้ในการใช้งานอยู่แล้ว นอกจากนี้มีเพื่อนและบุคคลในครอบครัวเป็นผู้ให้การแนะนำ และผู้ประกอบการให้ความเห็นว่า อุปสรรคในการใช้สารสนเทศ ได้แก่ การไม่เข้าใจ ภาษาอังกฤษที่ใช้ในสื่อสารสนเทศ ไม่เข้าใจคำสั่งหรือโปรแกรมต่าง ๆ และไม่มีทักษะในการใช้เครื่องมือสารสนเทศ

คำสำคัญ: สารสนเทศ พฤติกรรม ผู้ประกอบการ OTOP

---

[1] อาจารย์, คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จังหวัดสงขลา รหัสไปรษณีย์ 90000

[1] อาจารย์, คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จังหวัดสงขลา รหัสไปรษณีย์ 90000

[1] Lecturer, Faculty of Business Administration, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkhla Province, Postal Code 90000

[2] Lecturer, Faculty of Business Administration, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkhla Province, Postal Code 90000

The Study of Information Use Behavior and Problem of OTOP in Songkhla Province.

Patraporn Kaewkhanitarak [1] , and Suchada Srichuar [2]

Abstract

The research aims to investigate information technology usage behavior and examine the problems of information technology usage of OTOP entrepreneurs in Songkhla Province. This study using structured questionnaire. The sample of this study including 175 OTOP entrepreneurs in Songkhla Province. The data presented in descriptive analysis to describe usage behavior and problems of information technology usage of OTOP entrepreneurs. The result of this study found that most of OTOP entrepreneurs in Songkhla Province use smart phone and tablet to connect information technology. OTOP entrepreneurs use information technology to seeking knowledge of production and marketing, acknowledging order from customers, and use information technology as the route tool for business traveling. Most of media that OTOP entrepreneurs using is social media, website, and YouTube. Furthermore, OTOP entrepreneurs use information technology to introduce the product, public relation, and enhance distribution channel in the form of text, picture, video, and live video. Most of OTOP entrepreneurs use information technology 2-3 times per day, they spend 1-2 hours for information technology usage per day, and cost of information technology usage is 200-499 Baht per month. Some of OTOP entrepreneurs already have knowledge about information technology and sometimes they were suggesting by friends and member of the family when using information technology. OTOP entrepreneurs clarify that the problems of information technology usage including do not understand English, do not understand commands and programs, and lack of skill to use information technology tools.

Keywords: Information, Technology, Behavior, Entrepreneur, OTOP

บทนำ

โครงการหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) เป็นนโยบายสำคัญเร่งด่วนของรัฐบาล ที่มีเป้าหมายมุ่งเน้นให้แต่ละชุมชนได้นำภูมิปัญญาท้องถิ่นมาใช้ในการพัฒนาสินค้า โดยภาครัฐจะเข้าช่วยเหลือในด้านความรู้สมัยใหม่และการบริหารจัดการ เพื่อเชื่อมโยงสินค้าจากชุมชนสู่ตลาดทั้งในและต่างประเทศ ด้วยระบบร้านค้าเครือข่ายและอินเตอร์เน็ต และเพื่อส่งเสริมสนับสนุนกระบวนการพัฒนาท้องถิ่น สร้างชุมชนที่เข้มแข็ง พึ่งตนเองได้ ให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการสร้างงาน สร้างรายได้ ด้วยการนำทรัพยากร ภูมิปัญญาในท้องถิ่นมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์และบริการที่มีคุณภาพ มีจุดเด่นและมีมูลค่าเพิ่มเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในและต่างประเทศ สอดคล้องกับวัฒนธรรม และวิถีชีวิตท้องถิ่น โดยมีหลักการพื้นฐาน 3 ประการ คือ 1) ภูมิปัญญาท้องถิ่นสู่สากล (Local Yet Global) 2) พึ่งตนเองและคิดอย่างสร้างสรรค์ (Self-Reliance-Creativity) 3) การสร้าง ทรัพยากรมนุษย์ (Human Resource Development) โดยผลิตภัณฑ์ OTOP นั้น สามารถแบ่งตามลักษณะของผลิตภัณฑ์ได้เป็น 5 ประเภทหลัก คือ 1) อาหาร 2) เครื่องดื่ม 3) ผ้า เครื่องแต่งกาย 4) ของใช้ ของประดับ ของตกแต่ง และ 5) สมุนไพรที่ไม่ใช่อาหาร (กรมการพัฒนาชุมชน, 2556)

ประเทศไทยเป็นหนึ่งในประเทศที่มีการสร้างผลิตภัณฑ์และสินค้าชุมชนขึ้นเป็นจำนวนมาก แต่ติดปัญหาที่ยังไม่สามารถขยายตลาดสู่ผู้บริโภคอย่างจริงจัง ทำให้การขยายตลาดไม่ดีเท่าที่ควร (สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล, 2561) สินค้าโอทอปเป็นสินค้าที่มีเอกลักษณ์เฉพาะท้องถิ่น มีความโดดเด่นแตกต่างกันไป การพัฒนาคุณภาพการผลิตให้ได้มาตรฐานจึงต้องมีการวางแผนและกำหนดกลยุทธ์การตลาดในการขยายโอกาสทางธุรกิจให้กับสินค้าโอทอป โดยการใช้จุดแข็งของชุมชนทางด้านวัฒนธรรม วิถีชีวิตและภูมิปัญญาเพื่อเชื่อมโยงสู่ภาคการผลิตและบริการในการสร้างสัญลักษณ์และขยายโอกาสทางการตลาด รวมถึงเป็นการกระตุ้นเศรษฐกิจในระดับภูมิภาค เพิ่มรายได้แก่ชุมชน ส่งเสริมการอนุรักษ์และสืบสานภูมิปัญญาไทยให้เป็นที่รู้จักกว้างขวางมากยิ่งขึ้น ซึ่งในการยกระดับมาตรฐานและเพิ่มมูลค่าให้สินค้าโอทอปไทยให้ประสบความสำเร็จควรมีแนวทางการดำเนินงานและกลยุทธ์ที่ชัดเจน เช่น การสร้างแบรนด์ การประชาสัมพันธ์ผ่านสื่อช่องทางต่าง ๆ การกำหนดกลุ่มเป้าหมายที่เป็นตลาดเฉพาะหรือ Niche Market การพัฒนารูปแบบของบรรจุภัณฑ์ให้ทันสมัย การพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ได้รับรองมาตรฐานด้านการผลิต การพัฒนาความรู้ความสามารถทางด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรม การเชื่อมโยงและบูรณาการด้านการตลาด การสร้างเครือข่ายเพื่อแลกเปลี่ยน แบ่งปันทักษะและประสบการณ์ด้านการบริหารจัดการ (กรมพัฒนาธุรกิจการค้า, 2560)

จังหวัดสงขลาตั้งอยู่ฝั่งตะวันออกของภาคใต้ตอนล่างมีขนาดพื้นที่ 7,393,889 ตาราง กิโลเมตร หรือประมาณ 4,853,249 ไร่ มีขนาดใหญ่ เป็นอันดับที่ 27 ของประเทศ แบ่งการปกครอง ออกเป็น 16 อำเภอ มีประชากรทั้งสิ้น 1,417,440 คน เศรษฐกิจของจังหวัดสงขลาส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับอุตสาหกรรมเป็นหลัก (จังหวัดสงขลา, 2560) ฐานข้อมูลการลงทะเบียนผู้ผลิตผู้ประกอบการ OTOP ปี 2558 มีผู้ประกอบการรายเดิมและรายใหม่ จำนวน 321 ราย จำแนกข้อมูลตามผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วย อาหาร เครื่องดื่ม ผ้าเครื่องแต่งกาย ของใช้ ของที่ระลึกและสมุนไพรที่ไม่ใช่อาหาร จำนวน 700 ผลิตภัณฑ์ (สำนักงานประชาสัมพันธ์จังหวัดสงขลา, 2559)

จากข้อมูลจังหวัดสงขลาจะเห็นได้ว่า รายได้ส่วนใหญ่มาจากภาคอุตสาหกรรม ซึ่งหมาย รวมถึงผู้ประกอบการ OTOP ที่มีจำนวนมากถึง 321 ราย ซึ่งหากผู้ประกอบการเหล่านี้ ได้รับการพัฒนาความรู้ความสามารถทางด้านการบริหารจัดการ การนำเทคโนโลยี นวัตกรรม และการใช้สื่อสังคมออนไลน์ก็จะสามารถเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันได้ในอีกระดับหนึ่ง การศึกษาพฤติกรรมการใช้สารสนเทศของผู้ประกอบการ OTOP จังหวัดสงขลา จึงเป็นการศึกษาเพื่อให้ทราบถึงพฤติกรรมการใช้สารสนเทศ และ

ปัญหาการใช้สารสนเทศของผู้ประกอบการ เพื่อให้ทราบข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับความรู้ความสามารถในการใช้สารสนเทศ ลักษณะรูปแบบพฤติกรรมการใช้ รวมถึงปัญหาของผู้ประกอบการ อันจะนำไปสู่การเป็นแนวทางให้ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องจัดการส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศให้กับผู้ประกอบการได้อย่างเหมาะสม ทั้งยังเป็นการให้ผู้ประกอบการได้ตระหนักถึงความสำคัญของการพัฒนาการบริหารจัดการด้วยการนำสารสนเทศเข้ามามีส่วนร่วมต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาพฤติกรรมการใช้สารสนเทศของผู้ประกอบการ OTOP จังหวัดสงขลา เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) โดยการมุ่งศึกษาพฤติกรรมการใช้สารสนเทศของผู้ประกอบการ OTOP จังหวัดสงขลาและปัญหาจากการใช้สารสนเทศของผู้ประกอบการ OTOP จังหวัดสงขลา เพื่อให้ผู้เกี่ยวข้องวางแผนพัฒนาการใช้สารสนเทศ แก้ปัญหาการใช้สารสนเทศ และส่งเสริมการประกอบการให้กับผู้ประกอบการ OTOP จังหวัดสงขลา ซึ่งมีวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. ข้อมูล และแหล่งข้อมูล

1.1 ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) ซึ่งเป็นการศึกษาค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลจากแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับผู้สูงอายุและพฤติกรรมการใช้สารสนเทศ จากงานวิจัย ข้อมูลทางอินเตอร์เน็ต เอกสารต่าง ๆ ของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

1.2 ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) เป็นข้อมูลซึ่งรวบรวมจากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างโดยใช้แบบสอบถาม (Questionnaire) โดยคณะผู้วิจัยจะชี้แจงวัตถุประสงค์ เทคนิค และวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลให้กับผู้รวบรวมข้อมูล

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

2.1 ประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ ผู้ประกอบการ OTOP ซึ่งขึ้นทะเบียนกับสำนักงานพัฒนาชุมชน และผ่านการคัดสรรสุดยอดหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ ระดับ 1-5 ดาว จังหวัดสงขลา จำนวน 321 คน

2.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา คือ ผู้ประกอบการ OTOP ซึ่งขึ้นทะเบียนกับสำนักงานพัฒนาชุมชน และผ่านการคัดสรรสุดยอดหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ ระดับ 1-5 ดาว จังหวัดสงขลา ผู้วิจัยทำการกำหนดตัวอย่างจากประชากรผู้ประกอบการ OTOP ระดับ 1-5 ดาว จังหวัดสงขลา โดยใช้ตาราง Krejcie & Morgan (1970) ได้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 175 คน วิธีการสุ่มแบบสะดวก (Convenience Sampling)

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถามมีโครงสร้าง (Structured Questionnaire) โดยใช้แบบสอบถามที่มีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบ เพื่อความง่ายในการเข้าใจและการตอบของประกอบการ OTOP ประกอบด้วยคำถาม 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม เป็นคำถามแบบเลือกตอบ (Checklist) ประกอบด้วย เพศ อายุ ระดับการศึกษา ประสบการณ์ทำงาน ประเภทสินค้า OTOP ของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับพฤติกรรมการใช้สารสนเทศของผู้ตอบแบบสอบถาม เป็นคำถามแบบปลายเปิดเกี่ยวกับพฤติกรรมการใช้สารสนเทศของผู้ประกอบการ OTOP มีลักษณะคำถามแบบเลือกตอบ (Checklist)

ตอนที่ 3 อุปสรรคในการใช้สารสนเทศมีลักษณะคำถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่าตามแบบของลิเคิร์ท (Likert Scale) เพื่อทราบถึงระดับของอุปสรรคในการใช้สารสนเทศ

ตอนที่ 4 ปัญหา และข้อเสนอแนะอื่น ๆ มีลักษณะคำถามแบบปลายเปิด ให้ผู้ตอบแบบสอบถามได้แสดงความคิดเห็น

การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถาม พบว่า ผู้วิจัยทดสอบหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสอบถาม โดยการหาค่าแอลฟ่าของครอนบัค ที่ค่าความเชื่อมั่น 95% ในการศึกษาครั้งนี้มีค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามทั้งฉบับ เท่ากับ 0.895 ซึ่งมากกว่าเกณฑ์ค่าความเชื่อมั่นที่กำหนดไว้ ดังนั้นแบบสอบถามที่สร้างขึ้นนี้มีความเชื่อมั่นเพียงพอในการนำไปเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการศึกษาในครั้งนี้

4. การรวบรวมข้อมูล

ผู้ศึกษาดำเนินการขอความอนุเคราะห์ถึงผู้ประกอบการ OTOP ระดับ 1-5 ดาว จังหวัดสงขลา เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูล ติดต่อประสานงานกับผู้ประกอบการ OTOP ระดับ 1-5 ดาว จังหวัดสงขลา นำแบบสอบถามฉบับสมบูรณ์ไปดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลกับผู้ประกอบการ OTOP ระดับ 1-5 ดาว จังหวัดสงขลา จำนวน 175 คน โดยผู้ศึกษาเป็นผู้ดำเนินการลงมือเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างผู้ประกอบการ OTOP ระดับ 1-5 ดาว

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 ข้อมูลทุติยภูมิ ใช้การวิเคราะห์เนื้อหา เพื่อศึกษารูปแบบการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ปัญหาจากการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ซึ่งนำไปสู่การสร้างแบบสอบถาม และนำไปวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลปฐมภูมิที่รวบรวมจากกลุ่มตัวอย่าง

5.2 ข้อมูลปฐมภูมิ รวบรวมแบบสัมภาษณ์จากกลุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณเพื่อนำไปสู่การนำเสนอผลการศึกษา และนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลทุติยภูมิ เพื่อสรุปผลการศึกษา อภิปราย และข้อเสนอแนะเป็นแนวทางให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องใช้วางแผนจัดการส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการประกอบการได้อย่างเหมาะสม

6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) และการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) ดังนั้นจึงวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยการใช้สถิติ ดังนี้

6.1 การวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research)

1) สถิติที่ใช้ในการแสดงผลการศึกษา ใช้การหาค่าความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) เพื่อนำไปสู่ผลการศึกษาในเชิงสำรวจ

2) สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน ใช้การทดสอบสถิติด้วย independent sample t-test และ one way ANOVA สำหรับสถิติสถิติแบบ Parametric และใช้การเปรียบเทียบรายคู่ด้วย LSD สำหรับปัจจัยส่วนบุคคลที่แบ่งกลุ่มได้น้อยกว่า 4 กลุ่ม และใช้การเปรียบเทียบรายคู่ด้วย Scheffe test สำหรับปัจจัยส่วนบุคคลที่แบ่งกลุ่มได้ตั้งแต่ 4 กลุ่ม นำไปสู่ผลการศึกษาและอภิปรายผลเพื่อเสนอแนะแนวทางให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องใช้วางแผนจัดการส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการประกอบการได้อย่างเหมาะสม

6.2 การวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research)

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ เป็นการแปลความจากผลสรุป โดยมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาวิเคราะห์ที่ชัดเจน เพื่อให้เข้าใจถึงพฤติกรรมการใช้สารสนเทศของผู้ประกอบการ OTOP ปัญหาจากการใช้สารสนเทศ และองค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลร่วมด้วย ซึ่งนำไปสู่การวางแผนพัฒนาการใช้สารสนเทศ แก้ปัญหาการใช้สารสนเทศ และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการประกอบการได้อย่างเหมาะสม

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาพฤติกรรมและปัญหาการใช้สารสนเทศของผู้ประกอบการ OTOP จังหวัดสงขลา พบว่า ผู้ประกอบการ OTOP จังหวัดสงขลา ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุอายุ ระหว่าง 50 - 59 ปี มีการศึกษาระดับมัธยมศึกษา/ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ซึ่งผู้ตอบ แบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นสมาชิกกลุ่ม รองลงมาเป็นประธานกลุ่ม และเป็นกรรมการกลุ่ม ตามลำดับ ผู้ประกอบการส่วนใหญ่มีประสบการณ์ ระหว่าง 15 – 19 ปี มีสมาชิกในกลุ่มระหว่าง 10 - 19 คน ส่วนใหญ่ผลิตสินค้าประเภทอาหาร โดยจากการวิเคราะห์ รวบรวมและสรุปข้อมูล พฤติกรรมและปัญหาการใช้สารสนเทศของผู้ประกอบการ OTOP จังหวัดสงขลา จากกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ผู้ประกอบการ OTOP จังหวัดสงขลา เข้าถึงและเผยแพร่สารสนเทศเพื่อจำหน่าย ประชาสัมพันธ์ แนะนำผลิตภัณฑ์ OTOP ของกลุ่ม ผ่านทางสื่อสารสนเทศอินเตอร์เน็ต และเครือข่ายสังคมออนไลน์ ซึ่งสอดคล้องกับ รัฐพรรัตน์ งามวงศ์ และคณะ (2557) ทำการศึกษา ความเป็นไปได้ในการนำระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มาใช้กับผลิตภัณฑ์ OTOP ในอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา พบว่า ผู้ประกอบการมีการใช้อินเตอร์เน็ตเป็นช่องทางในการประชาสัมพันธ์ ข่าวสารหรือขายสินค้า แนะผู้ประกอบการ OTOP จังหวัดสงขลายังเข้าถึงและเผยแพร่ สารสนเทศ ผ่านอุปกรณ์สารสนเทศ ได้แก่ โทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟน แท็บแล็ต และ คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก ด้วยโปรแกรมิเตอร์เน็ต โซเชี่ยลมีเดีย และแอพลิเคชั่นต่างๆ อันได้แก่ เว็บไซต์ต่างๆ ยูทูป ไลน์ และเฟสบุ๊ก ซึ่งสอดคล้องกับ ณัตตยา เอี่ยมคง และดนุชา สลีวงศ์ (2559) ทำการศึกษาสภาพปัจจุบัน ความต้องการและความคาดหวังของผู้ผลิตและจำหน่าย สินค้า OTOP พบว่า ผู้ผลิตและจำหน่ายสินค้า OTOP ผ่านตลาดอิเล็กทรอนิกส์ในปัจจุบัน ใช้ช่องทางการขายสินค้าผ่านเฟสบุ๊กมากที่สุด และนอกจากนี้ ผู้ประกอบการ OTOP จังหวัดสงขลา เผยแพร่สารสนเทศผ่านทางสื่อสารสนเทศในรูปของข้อความ รูปภาพ วีดีโอ และวีดีโอ ถ่ายทอดสด (live สด) เพื่อสร้างความน่าสนใจ จูงใจให้ลูกค้าเข้าชมและเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ของกลุ่ม รวมถึงการสร้างความน่าเชื่อถือด้วยการรีวิวผลิตภัณฑ์ หรือผลตอบรับจากผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ OTOP ของกลุ่ม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ปานศิริ พูลพล และทิพวรรณ พรมลาย (2560) โดยทำการศึกษาปัญหาและแนวทางการพัฒนาการตลาดของผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์ OTOP ระดับ 1-5 ดาว ในจังหวัดขอนแก่น พบว่า ผู้ประกอบการมีความต้องการเพิ่มช่องทางการจัด จำหน่ายผ่านสื่อสังคมออนไลน์ (Social Media) ประเภทต่างๆ อาทิ เว็บไซต์ เว็บเพจ เฟซบุ๊ก ไลน์ หรือสื่ออื่นๆ เพื่อเข้าถึงและขยายฐานลูกค้าให้กว้างและสะดวกที่สุด

จากข้อมูลผู้ประกอบการ OTOP จังหวัดสงขลา พบว่า ปัญหาและอุปสรรคในการใช้ สารสนเทศของผู้ประกอบการ OTOP จังหวัดสงขลา คือ การไม่เข้าใจภาษาอังกฤษที่ใช้ในสื่อ สารสนเทศ รองลงมาได้แก่ ไม่เข้าใจคำสั่ง หรือโปรแกรมต่าง ๆ ที่ใช้ ไม่มีทักษะในการใช้อุปกรณ์ สารสนเทศ และมีต้นทุนค่าใช้จ่ายสูง รวมถึงข้อมูลจากสารสนเทศขาดความน่าเชื่อถือ ไม่มีแหล่งสารสนเทศให้ใช้งาน ซึ่งสอดคล้องกับ กริชยา ติวทอง และชลภัสส วงษ์ประเสริฐ (2560) ศึกษา พฤติกรรมสารสนเทศของผู้ประกอบการ SMES ตามแนวเศรษฐกิจตะวันออก–ตะวันตก พบว่า ผู้ประกอบการใช้สารสนเทศผ่านแหล่งเครือข่ายอินเตอร์เน็ต และ พบว่า ผู้ประกอบการ SMEs ประสบปัญหาการใช้สารสนเทศในด้านสารสนเทศที่ได้มาไม่ครบถ้วน ขาดความน่าเชื่อถือ ไม่มีหลักฐานยืนยันความถูกต้อง ขาดความรู้ในการใช้เครื่องมือค้นหา และปัญหาจากการใช้ ภาษาต่างประเทศ ในระดับมาก สำหรับการทดสอบสมมติฐาน คือ ผู้ประกอบการ OTOP จังหวัดสงขลาที่มีลักษณะส่วนบุคคลแตกต่างกัน มีปัญหาการใช้สารสนเทศแตกต่างกัน จากการทดสอบสมมติฐานและการเปรียบเทียบรายคู่ พบว่า มีลักษณะส่วนบุคคลที่ผลิตสินค้า OTOP ต่างประเภทกัน มีปัญหาการใช้สารสนเทศ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เพียงปัจจัยเดียว นอกจากนี้ลักษณะส่วนบุคคล

ได้แก่ เพศ ช่วงอายุ ระดับการศึกษา ตำแหน่ง ประสบการณ์ในการทำงาน และจำนวนสมาชิกในกลุ่มที่แตกต่างกัน จะมีปัญหาการใช้สารสนเทศแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สรุปผลการวิจัย

ผลิตภัณฑ์ชุมชน หรือที่เรียกว่า OTOP เป็นผลิตภัณฑ์ที่สร้างรายได้เป็นจำนวนมากให้กับทั้ง ผู้ประกอบการในชุมชนและระบบเศรษฐกิจของประเทศ ในขณะเดียวกันผู้ประกอบการ OTOP ก็ต้องพัฒนาความสามารถในการดำเนินกิจกรรมทางธุรกิจ โดยเฉพาะความสามารถในการใช้สารสนเทศเพื่อเป็นเครื่องมือในการสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันทั้งด้านการบริหารจัดการ การนำเทคโนโลยี นวัตกรรม และการใช้สื่อสังคมออนไลน์ การวิจัยนี้ศึกษาพฤติกรรมการใช้สารสนเทศและศึกษาปัญหาการใช้สารสนเทศของ ผู้ประกอบการ OTOP จังหวัดสงขลา เพื่อให้ผู้เกี่ยวข้องทราบถึงพฤติกรรม และปัญหาในการใช้สารสนเทศของผู้ประกอบการ และใช้ในการวางแผน พัฒนา แก้ปัญหา และส่งเสริมการใช้สารสนเทศให้กับผู้ประกอบการ OTOP จังหวัดสงขลาได้อย่างเหมาะสม นำไปสู่การพัฒนาศักยภาพผู้ประกอบการ OTOP ให้สามารถนำเทคโนโลยีสารสนเทศไปใช้ให้เกิดประโยชน์ ผลการศึกษาข้อมูลพฤติกรรมและปัญหาการใช้สารสนเทศของผู้ประกอบการ OTOP จังหวัดสงขลา พบว่า ผู้ประกอบการ OTOP จังหวัดสงขลา ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุระหว่าง 50 - 59 ปี โดยผู้ประกอบการ OTOP จังหวัดสงขลาส่วนใหญ่มีการศึกษาระดับมัธยมศึกษา/ ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ซึ่งผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นสมาชิกกลุ่ม มีประสบการณ์ระหว่าง 15 – 19 ปี และจำนวนที่ใกล้เคียงกันมีประสบการณ์น้อยกว่า 10 ปี มีสมาชิกในกลุ่มระหว่าง 10 - 19 คน ซึ่งผู้ประกอบการ OTOP ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ผลิตสินค้าประเภทอาหาร และที่มีจำนวนใกล้เคียงกันคือผลิตสินค้า ประเภทของใช้ ของตกแต่ง และของที่ระลึก รองลงมา ผลิตสินค้าประเภทผ้าและเครื่องแต่งกาย ผู้ประกอบการ OTOP จังหวัดสงขลาส่วนใหญ่ใช้สมาร์ทโฟน และ Tablet เป็นอุปกรณ์เชื่อมต่อสารสนเทศ โดยเข้าถึงสารสนเทศเพื่อค้นหาความรู้เกี่ยวกับการผลิตและการตลาด รับคำสั่งซื้อจากลูกค้า และใช้เป็นเครื่องมือบอกเส้นทางในการเดินทางไปจำหน่ายสินค้าในต่างพื้นที่ ซึ่งสื่อที่ผู้ประกอบการใช้ส่วนใหญ่เป็นสื่อสังคมออนไลน์ เว็บไซต์ค้นหาข้อมูล และยูทูป โดยผู้ประกอบการส่วนใหญ่ใช้สารสนเทศ 2-3 วันต่อครั้ง ใช้เวลาระหว่าง 1-2 ชั่วโมงต่อวัน ค่าใช้จ่ายอยู่ระหว่าง 200 - 499 บาทต่อเดือน ซึ่งผู้ประกอบการบางส่วนมีความรู้ในการใช้งานอยู่แล้ว นอกจากนี้มีเพื่อนและบุคคลในครอบครัวเป็นผู้ให้การแนะนำ และผู้ประกอบการ ให้ความเห็นว่า อุปสรรคในการใช้สารสนเทศ ได้แก่ การไม่เข้าใจภาษาอังกฤษที่ใช้ในสื่อสารสนเทศ ไม่เข้าใจคำสั่ง หรือโปรแกรมต่างๆ และไม่มีทักษะในการใช้ เครื่องมือสารสนเทศ ปัญหาและอุปสรรคในการใชสารสนเทศของผู้ประกอบการ OTOP จังหวัดสงขลา โดยรวมอยู่ในระดับน้อย พิจารณาแต่ละรายการ พบว่าปัญหาและอุปสรรคคือการไม่เข้าใจภาษาอังกฤษที่ใช้ในสื่อสารสนเทศมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด อยู่ในระ ดับปานกลาง รองลงมาได้แก่ ไม่เข้าใจคำสั่ง หรือโปรแกรมต่าง ๆ ที่ใช้ ไม่มีทักษะใน การใช้อุปกรณ์สารสนเทศ และมีต้นทุนค่าใช้จ่ายสูง และปัจจัยปัญหาที่มีระดับปัญหาอยู่ในระดับน้อย ได้แก่ ข้อมูลจากสารสนเทศขาดความน่าเชื่อถือ ไม่มีแหล่งสารสนเทศให้ใช้งาน และไม่เกิดความคุ้มค่า หรือเกิดประโยชน์ต่อธุรกิจ

นอกจากนี้จากการทดสอบสมมติฐานในการวิจัย คือ ผู้ประกอบการ OTOP จังหวัดสงขลาที่มีลักษณะส่วนบุคคลแตกต่างกัน มีปัญหาการใช้สารสนเทศแตกต่างกัน จากการทดสอบสมมติฐานและการเปรียบเทียบรายคู่ พบว่า ผู้ประกอบการ OTOP จังหวัดสงขลา ที่มีเพศ ช่วงอายุ ระดับการศึกษา ตำแหน่ง ประสบการณ์ในการทำงาน และจำนวนสมาชิกในกลุ่ม แตกต่างกัน มี

ปัญหาการใช้สารสนเทศแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และผู้ประกอบการ OTOP จังหวัดสงขลา ที่ผลิตสินค้า OTOP ต่างประเภทกัน มีปัญหาการใช้สารสนเทศ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

คำขอบคุณ

งานวิจัยฉบับนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย งบประมาณการวิจัยเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทางมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยเป็นอย่างสูงที่ได้สนับสนุนงบประมาณสำหรับการวิจัยในครั้งนี้

อ้างอิง

กรมการพัฒนาชุมชน. (2556). **ประวัติความเป็นมาผลิตภัณฑ์ 1 ตำบล 1 ผลิตภัณฑ์**. สืบค้น เมษายน 22, 2561 จาก http://www.otop5star.com/about-th.php.

กรมพัฒนาธุรกิจการค้า. (2560). **สินค้าโอทอป**. สืบค้น เมษายน 22, 2561 จาก http://www.dbd.go.th/mobile/news_view.php?nid=469404975

กริชยา ติวทอง และชลภัสส วงษ์ประเสริฐ. (2560). พฤติกรรมสารสนเทศของผู้ประกอบการ SMES ตามแนวเศรษฐกิจตะวันออก–ตะวันตก. **อินฟอร์เมชั่น, 24(2)**, 55 - 56.

จังหวัดสงขลา. (2560). **บรรยายสรุปจังหวัดสงขลา ปี 2560**. สืบค้น เมษายน 22, 2561 จาก http://www.songkhla.go.th/files/com_news_operation/201709_a02ac8d01839c28.pdf

ณัตตยา เอี่ยมคง และดนุชา สลีวงศ์. (2559). ศึกษาสภาพปัจจุบัน ความต้องการและความคาดหวังของผู้ผลิตและจำหน่ายสินค้าโอทอป (OTOP) ที่มีต่อการขายสินค้าผ่านตลาดอิเล็กทรอนิกส์. **วารสารวิชาการคณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 11(1)**, 31-42.

ปานศิริ พูลพล และทิพวรรณ พรมลาย. (2560). การศึกษาปัญหาและแนวทางการพัฒนาการตลาดของผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์ OTOP ระดับ 1-5 ดาว ในจังหวัดขอนแก่น. **วารสารวิทยาลัยบัณฑิตเอเชีย, 7(พิเศษ)**, 23 - 33.

รัฐพรรัตน์ งามวงศ์ กฤษณพล เกิดทองคา และฉัตรชัย อินทสังข์. (2557). **ความเป็นไปได้ในการนำระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มาใช้กับผลิตภัณฑ์ OTOP ในอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา**. นครราชสีมา: คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน.

สำนักงานประชาสัมพันธ์จังหวัดสงขลา. (2559). **จังหวัดสงขลาจัดประชุมชี้แจงแนวทางการคัดสรรสุดยอดหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ไทยประจำปี 2559 แก่คณะกรรมการคัดสรรฯ/ คณะทำงานพิจารณาตรวจสอบและกลั่นกรองผลิตภัณฑ์ ครั้งที่ 1/2559**. สืบค้น เมษายน 21, 2561 จาก http://www.rd1677.com/showdetial.php? ARTICLES_ID=10878

สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล. (2561). **CMS ระบบเชื่อมต่อตลาดอิเล็กทรอนิกส์ เสริมแกร่ง วิสาหกิจชุมชน-OTOP**. สืบค้น เมษายน 22, 2561 จาก www.depa.or.th/th/article/cms-ระบบเชื่อมต่อตลาดอิเล็กทรอนิกส์-เสริมแกร่งวิสาหกิจชุมชน-otop.

Krejcie, R. V. & Morgan, D. W. (1970). Determining Sample Size for Research Activities. **Educational and Psychological Measurement, 30(3)**, 607 610.

Session

ผลงานสร้างสรรค์

P 25

การสร้างสรรค์ผลงานจิตรกรรม ความสัมพันธ์ในพืชพันธุ์พื้นถิ่นภาคใต้

สาโรจน์ มีพวกมาก[1]*

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษาความอุดมสมบูรณ์ของธรรมชาติ และวิถีชีวิตของคนในพื้นถิ่นสังคมชนบทภาคใต้ ความประทับใจและได้สัมผัสกับพืชพันธุ์ที่มีความหลากหลายที่อยู่รอบตัว เห็นถึงคุณค่าของความงามที่แสดงถึงลักษณะเฉพาะถิ่น โดยเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับรูปแบบของใบไม้พื้นถิ่นชนิดต่าง ๆ ที่มีความเป็นเอกลักษณ์ ซึ่งสภาพแวดล้อมเหล่านี้กระตุ้นให้เกิดอารมณ์แห่งสุนทรีย แสดงออกถึงบรรยากาศแห่งความผูกพัน โดยใช้วัสดุจากพืชพันธุ์ผ่านกระบวนการค้นคว้าทางศิลปะ ที่แสดงทางทัศนธาตุ เทคนิควิธีการสร้างสรรค์เฉพาะตัว ในรูปแบบผลงานจิตรกรรม 2 มิติ โดยใช้กลวิธีจิตรกรรมเทคนิคผสม และประกอบด้วยระเบียบวิธีการพรรณนาวิเคราะห์

คำสำคัญ: พืชพันธุ์ จิตรกรรม สัมพันธ์

[1]อาจารย์ หลักสูตสาขาวิชาทัศนศิลป์ สาขาศิลปกรรมและออกแบบ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อ.เมือง จ.สงขลา

The Creation of Fine Arts Aesthetic of life

Saroch Meepuakmak[1]*

Abstract

The research were study the creation of Fine Arts Aesthetic of life to presenting a perspective of creative individual expression through art techniques by the story of valus aesthetic experience to the cause. By creating and truncated shape that symbol of represents the imagination from the senses to consistent with idea by collecting data of considering the creative arts .to search the definition of beauty that to express appreciation of the beauty existing using natural mediation by selecting truncated or converted into natural shapes the convey , The idea or imagination of creator were by shape, technique to created emotion ,feeling of beauty to guide the creativity The unique identity of creator to study format process of creative as a result to art to contemporary painting using mixed painting technique. Research methods of descriptive analysis. with illustration. In addition.

Keywords: Florae, Painting, Relationships

บทนำ

การสัมผัสธรรมชาติ ที่เกี่ยวกับความอุดมสมบูรณ์ที่มีอยู่ในธรรมชาติความงามของธรรมชาติ ที่มีสีสัน พื้นบ้านมีความผูกพันกับพืช มาตั้งแต่โบราณ ภูมิปัญญาพื้นบ้านที่เกี่ยวกับพืชกลุ่มชนในท้องถิ่นภาคใต้ ให้รู้ถึงความงามเบื้องต้น เพื่อการคิดค้นรูปทรงขึ้นมาใหม่ ซึ่งมาคิดค้นรูปทรงอาจเกิดจากแรงกระตุ้นทางธรรมชาติและแรงกระตุ้นภายใน ธรรมชาติและสิ่งมีชีวิตจึงมีความผูกพันซึ่งกันและกัน ต่างฝ่ายต่างมีความสำคัญและมีคุณค่า และส่งผลต่อกัน การจินตนาการถึง เส้น สี รูปทรง และบรรยากาศถ่ายทอดออกมาเป็นรูปธรรมโดยการเพิ่ม ลด ตัดทอน หรือแปรสภาพให้ตรงกับจินตนาการ หรือความรู้สึกส่วนตัวของผู้สร้าง ซึ่งสภาวะของการสร้างสรรค์ทางศิลปะ การถ่ายทอดจินตนาการ หรือความรู้สึกที่มาจากส่วนลึกของจิตใต้สำนึกออกมาโดยมิได้อาศัยรูปทรงภายนอก เข้าไปมีอิทธิพลต่อการสร้างผลงานทางศิลปะ จะยึดรูปแบบภายนอกเป็นตัวกระตุ้นให้บันดาล เป็นผลงานทางศิลปะจากพืชพื้นถิ่น

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อต้องการแสดงความอุดมสมบูรณ์ ที่เป็นเอกลักษณ์จากพืชพันธุ์พื้นถิ่นภาคใต้
2. เพื่อต้องการแสดงความรู้สึกประทับใจพืชพันธุ์พื้นถิ่น ความสัมพันธ์ บรรยากาศด้านสุนทรีย
3. เพื่อต้องการเผยแพร่ผลงานสร้างสรรค์ ศึกษาค้นคว้ากระบวนการสร้างสรรค์ รูปแบบ และเทคนิคที่มีอัตลักษณ์เฉพาะตัวของผู้สร้างสรรค์ และเป็นแนวทางในการค้นคว้าทางด้านผลงานสร้างสรรค์แก่บุคคลทั่วไป

แนวคิดในการสร้างสรรค์ผลงาน

ทุกสิ่งทุกอย่างที่อยู่ล้อมรอบตัวมนุษย์ มีทั้งสิ่งที่มีชีวิตและสิ่งที่ไม่มีชีวิต ทั้งสิ่งที่เป็นรูปธรรมและสิ่งที่เป็นนามธรรมมีอิทธิพลเกี่ยวโยงถึงกัน เป็นปัจจัยในการเกื้อกูลซึ่งกันและกัน เป็นปัจจัยเบื้องต้นในการกำหนดรูปแบบวิถีการดำเนินชีวิตของมนุษย์ มีความสัมพันธ์เกี่ยวโยงกันในระบบองค์รวม เป็นอันหนึ่งอันเดียวกันในท่ามกลางความหลากหลาย สรรพสิ่งต่าง ๆ ต้องอิงอาศัยซึ่งกันและกัน โดยมีมนุษย์เป็นส่วนหนึ่งของธรรมชาติ สิ่งเหล่านี้มีความสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ เป็นสิ่งที่มนุษย์พบเห็นเข้าใจและเห็นคุณค่าคุณ

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการสร้างสรรค์ผลงาน

การสร้างสรรค์ผลงานจิตรกรรม ความสัมพันธ์ในพืชพันธุ์พื้นถิ่นภาคใต้ ผู้สร้างสรรค์ได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้าเป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เริ่มต้นจากศึกษาข้อมูลจากเอกสาร ตำรา บทความ หนังสือ งานวิจัย ทั้งรูปวาด ข้อมูลสื่อสัญลักษณ์และความเกี่ยวข้อง

2. รวบรวมข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าจากภาคเอกสารที่เกี่ยวข้องรวมทั้งการถ่ายภาพ เพื่อเป็นข้อมูลความเข้าใจในแรงบันดาลใจกับเนื้อหา และสอดคล้องกับแนวความคิดที่ต้องการในการสร้างสรรค์

3. ค้นคว้าทดลองกระบวนการสร้างสรรค์ในการแสดงออกทางศิลปะหลากหลายแบบเพื่อต้องการการสร้างสรรค์

4. ทดลองสร้างภาพร่างขึ้น เพื่อหาภาพร่างที่มีความชัดเจนทางด้านองค์ประกอบ เทคนิควิธีการ เนื้อหา พร้อมทั้งวิเคราะห์ผลที่ได้รับจากภาพร่างว่าสัมพันธ์กับการแสดงออกและแนวความคิด

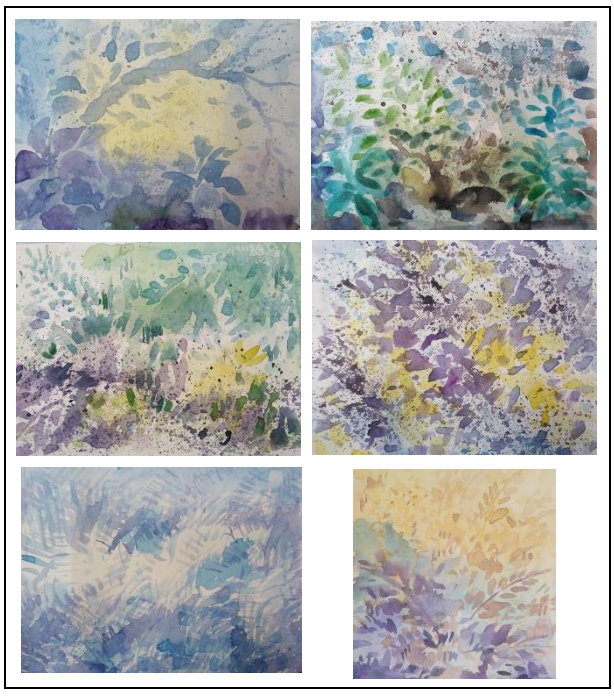
5. เลือกภาพร่างที่สมบูรณ์ตรงตามแนวความคิดมากที่สุดมาสร้างเป็นผลงานจริงด้วยกระบวนการกลวิธีทางศิลปะ

6. วิเคราะห์ผลงานจริงที่สร้างสรรค์ขึ้นมาเพื่อหาข้อดีข้อเสีย โดยใช้ทฤษฎีหลักการจัดองค์ประกอบของงานศิลปะ นำไปปรับปรุงพัฒนาผลงานสร้างสรรค์ให้ออกมาสมบูรณ์ที่สุด

7. ผู้สร้างสรรค์เสนอผลการศึกษาค้นคว้าด้วยระเบียบวิธีการพรรณนาวิเคราะห์ โดยมีภาพประกอบบางตอน

การสร้างภาพร่างหรือภาพต้นแบบ

รวบรวมข้อมูลเพียงพอต่อการสร้างภาพร่างและได้กำหนดรูปแบบของแนวความคิดที่ชัดเจน จึงเริ่มขั้นตอนการสร้างภาพร่างโดยเริ่มจากกำหนดรูปแบบโครงสร้างหลักของภาพร่างตามความรู้สึกของผู้สร้างสรรค์ ปรับเปลี่ยนรูปทรง เพิ่มสีสัน ลด ตัดทอนขนาด เพื่อสร้างรูปแบบขึ้นใหม่โดยการวาดลายเส้นกำหนดโครงสร้างหลัก จัดองค์ประกอบและเพิ่มรายละเอียด ความสมบูรณ์ของงาน จากนั้นนำภาพร่างที่สมบูรณ์แล้วมาสร้างค่าน้ำหนักสร้างบรรยากาศ ด้วยการลงสี ให้สอดคล้องกับแนวความคิดเมื่อภาพร่างเสร็จสมบูรณ์แล้วจึงนำมาเป็นต้นแบบในการสร้างสรรค์ผลงาน



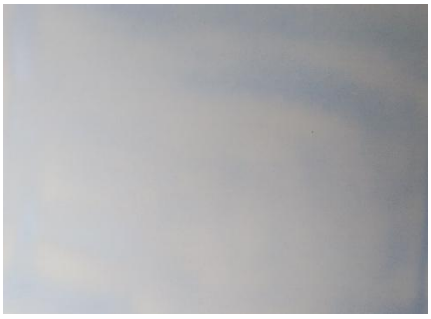
ภาพประกอบที่ 1 ภาพแสดงผลงานภาพร่าง

การสร้างสรรค์ผลงานจริง

เมื่อได้ภาพร่างหรือภาพต้นแบบกระบวนการในข้างต้น ได้ทำการคัดเลือกภาพร่างที่ตรงตามความรู้สึก เนื้อหาตรงกับแนวความคิด มีความสมบูรณ์ในด้านองค์ประกอบและสีสันมากที่สุด เพื่อนำมาเป็นต้นแบบสำหรับขยายเป็นผลงานจริงต่อไป ขั้นตอนการสร้างสรรค์ผลงานจริง จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์เพื่อสร้างสรรค์ผลงานและปฏิบัติงานจริง เริ่มต้นจากการร่างภาพโดยรวมทั้งหมด ทำการเก็บรายละเอียดแก้ไขภาพร่างให้ถูกต้องและสมบูรณ์มากที่สุด ลงสีโดยรวมคร่าวๆ จัดวางลำดับการลงสีก่อน-หลัง เพื่อให้ผลงานเกิดการทับซ้อนเป็นน้ำหนักสี และเก็บรายละเอียดตัวงาน โดยใช้กลวิธีและเทคนิคเฉพาะตนของผู้สร้างสรรค์ วิเคราะห์หาข้อดี ข้อด้อย ของผลงานการสร้างสรรค์โดยทำการแก้ไขข้อบกพร่องเพื่อพัฒนาให้เกิดความสมบูรณ์มากที่สุด

ขั้นตอนวิธีการสร้างสรรค์ผลงาน

การสร้างสรรค์งานศิลปะ มีกระบวนการหรือขั้นตอนตามลำดับ โดยเริ่มต้นจากการเรียนรู้ หรือสัมผัสกับธรรมชาติและสภาพแวดล้อม นำมาสู่การสร้างประสบการณ์ หรือความชำนาญแล้วจึงเกิดความคิดสร้างสรรค์ในการปฏิบัติงานศิลปะที่แปลกใหม่ต่อไป ซึ่งมีขั้นตอนในขั้นรายละเอียดดังนี้



ภาพประกอบที่ 2 ภาพแสดงขั้นตอนการพ่นสีพื้นให้ทั่วทั้งเฟรม

ภาพประกอบที่ 3 ภาพแสดงวางกลุ่มใบไม้ขนาดเล็กและขนาดใหญ่วางสลับกันในชั้นแรก

ภาพประกอบที่ 4 ภาพแสดงการสร้างโทนสีด้วยค่าน้ำหนักกลาง

ภาพประกอบที่ 5 ภาพแสดงการพ่นสีเก็บรายละเอียดส่วนต่าง

ภาพประกอบที่ 6 ภาพแสดงลักษณะผลงานเสร็จสมบูรณ์

ชื่อผลงาน	แสงกระทบ
เทคนิค	สีอะคริลิคบนผ้าใบ
ขนาด	90 x 120 เซนติเมตร

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลงานวิจัยชุดนี้ เป็นการสร้างสรรค์ผลงานศิลปกรรม เริ่มจากแรงบันดาลใจ การรวบรวมข้อมูลแล้วสร้างเป็นภาพร่าง จนนำไปสู่การสร้างสรรค์เป็นผลงานจิตรกรรม แสดงออกทางด้านความงามด้วยทัศนะธาตุต่างๆ ที่นำมาประกอบกันขึ้นในส่วนต่างๆ เพื่อให้เป็นไปตามทัศนคติและแนวความคิด รวมกันเป็นรูปร่างรูปทรง และทัศนธาตุ ได้แก่ จุด เส้น สี แสงเงา น้ำหนัก บริเวณว่าง และลักษณะผิวทัศนธาตุ เป็นส่วนประกอบสำคัญของศิลปะที่สามารถนำมาจัดให้ประสานกลมกลืน เกิดเป็นผลงานศิลปะที่มีคุณค่าทางความงาม และสื่อความหมายตามความคิดของผู้สร้างสรรค์ได้

สรุปผลการวิจัย

การสร้างสรรค์ผลงานจิตรกรรม ความสัมพันธ์ในพืชพันธุ์พื้นถิ่น ได้รวบรวมข้อมูลข้างต้นแล้วมาดำเนินการสร้างสรรค์ผลงานศิลปะในลักษณะงานจิตรกรรม 2 มิติ รูปแบบงานจิตรกรรมร่วมสมัยเพื่อแสดง ให้เห็นถึงมุมมองส่วนตัวของผู้สร้างสรรค์ การรับรู้ปรากฏการณ์ทางความงามของพืชพันธุ์ เริ่มจากการสัมผัสด้วยการทำหน้าที่ของอวัยวะสัมผัสรับสัมผัส นำไปสู่การรับรู้ การเกิดความรู้สึก การตีความหรือแปรความจากความรู้สึก นำไปสู่การเกิดจินตนาการ การคิด การวิเคราะห์ การเห็นคุณค่า และเกิดความซาบซึ้งและกลายเป็นประสบการณ์ทางสุนทรียภาพจากนั้นได้สร้างภาพร่างขึ้นหลายๆชิ้นเมื่อกำหนดรูปแบบของงาน โดยคำนึงถึงองค์ประกอบในภาพที่มีความเหมาะสม เนื้อหาในภาพเป็นจัดวางโดยการเขียนภาพแบบเหมือนจริง ศึกษาจากผลงานศิลปกรรมของศิลปินที่ได้รับอิทธิพล นำมาศึกษาวิเคราะห์เพื่อนำมาสร้างสรรค์ และพัฒนาผลงานศิลปกรรม เพื่อถ่ายทอดความงามทางด้านศิลปะ ความงามทางด้านอารมณ์ ความรู้สึก และแฝงไว้ซึ่งแง่คิด อุดมคติตามทัศนะของข้าพเจ้า รวมถึงการศึกษาค้นคว้า พัฒนา ผลงานศิลปกรรมในครั้งนี้ให้มีเอกลักษณ์ และรูปแบบเฉพาะ ให้ตรงกับแนวความคิดให้มากที่สุด ซึ่งตรงตามวัตถุประสงค์อย่างน่าพอใจ และสามารถที่จะพัฒนาต่อไปได้ โดยเน้นการ แสดงออกซึ่งความรู้สึกและ อารมณ์เป็นสำคัญ ผลงานที่ปรากฏออกมาจะมีลักษณะเป็นขั้นตอนของการบรรยายโดยละเอียด เกี่ยวกับผลงาน ที่นำมาวิเคราะห์เป็นผลงานจิตรกรรมที่เน้นแสดงออกด้านความงาม โดยสร้างบรรยากาศมิติ ความตื้น ลึก ด้วยทัศนียภาพเชิง ทำให้ดูมีระยะใกล้ ไกล จัดภาพโดยรวมมีความเป็นเอกภาพด้วยเส้น รูปร่าง รูปทรง สี แสงเงาที่สัมพันธ์กลมกลืน และความรู้สึกอิทธิพลที่ได้รับมาจากสภาพแวดล้อมของรูปทรงในทางธรรมชาติ คุณค่าของเรื่องราวลักษณะนี้เป็นการนำเสนอ ของธรรมชาติ สิ่งแวดล้อม และการพึ่งพาอาศัยกันระหว่างมนุษย์กับธรรมชาติ เป็นกระบวนการการสร้างสรรค์งานศิลปะ การวิเคราะห์ด้านเนื้อหาแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วนคือ การวิเคราะห์ด้านเนื้อหาภายในหรือเนื้อหาทางรูปทรง เป็นเรื่องราวหรือสาระของผลงานที่ผู้สร้างสรรค์ต้องการแสดงออกมาให้ผู้ชมได้สัมผัสรับรู้โดยอาศัยลักษณะที่เกิดจากการจัดองค์ประกอบศิลปะ และการวิเคราะห์ด้านเนื้อหาภายนอก การวิเคราะห์ความหมายของเรื่องและแนวเรื่องที่แสดงออกมาได้สัมผัสรับรู้ ส่วนการวิเคราะห์ด้านรูปลักษณ์ จะประกอบด้วยทัศนธาตุ ได้แก่ จุด เส้น สี แสงเงา น้ำหนัก พื้นที่วาง รูปร่างรูปทรง มาเป็นการประสานหรือจัดองค์ประกอบของส่วนต่างๆ เพื่อความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันขององค์ประกอบศิลป์ทั้งหมด รวมทั้งมีการนำอิทธิพลที่ได้รับจากงานศิลปกรรมของศิลปินมาเป็นแนวทางในการสร้างสรรค์ โดยมี

การศึกษาจากศิลปินที่มีความเป็นเอกลักษณ์ทางด้านเทคนิค วิธีการ ตลอดจนกระบวนการสร้างสรรค์ผลงาน ขั้นตอนกรรมวิธีต่างๆ ที่สอดคล้อง มาปรับใช้ในการสร้างสรรค์เพื่อเป็นสื่อในการแสดงออก ผ่านกระบวนการสร้างสรรค์ทางศิลปะถ่ายทอดผ่านผลงานในรูปแบบจิตรกรรม 2 มิติ โดยใช้เทคนิคสีอะคริลิคบนผ้าใบ

การสร้างสรรค์ผลงานจิตรกรรม ความสัมพันธ์ในพืชพันธุ์พื้นถิ่นภาคใต้ นี้เป็นไปตามขบวนการสร้างสรรค์อย่างเป็นลำดับในการแก้ไขและพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนเกิดเป็นความงามที่ลงตัวและเข้าใจกลวิธีของการทำงานอย่างถ่องแท้ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการทำงานศิลปะของข้าพเจ้าต่อไปในอนาคตแพร่หลายต่อไป

อ้างอิง

กุลนิดา เหลือบจำเริญ. (2553). **องค์ประกอบศิลป์**. พิมพ์ครั้งที่ 1.ปทุมธานี : สกายบุ๊กส์.

จันทวัน เบ็ญจวรรณ์. (2562.กรกฎาคม 23). **สิ่งแวดล้อม**

[http://human.tru.ac.th/elearning/Human%20Being/human-detail1_4.html

(2562.กรกฎาคม 29).

ชัยวัฒน์ จันสิริบุญมี. (2562.กรกฎาคม 23). **มนุษย์กับธรรมชาติ.**

(http://punyascientificphilosophy555.blogspot.com/2013/11/blog-post_24.html (2562.กรกฎาคม 23).

ปาริษา ทองรุ่ง. (2562.กรกฎาคม 29). **ศิลปะกับธรรมชาติ.**

(https://sites.google.com/site/artwithnature1/home/silpa-beuxng-tn (2562.กรกฎาคม 29).

รวิตา ระย้านิล. (2562.กรกฎาคม 29).**รูปแบบความผูกพัน**. [http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/30697

(2562.กรกฎาคม 29).

วิกิพีเดีย (2562.กรกฎาคม 29). **Peter_Doig**

(https://en.m.wikipedia.org/wiki/Peter_Doig (2562.กรกฎาคม 29).

สมชาย พรหมสุวรรณ. (2548). **หลักการทัศนศิลป์.** พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพฯ : แอคทีฟ พริ้นท์.

สมพร ธุรี. (2553). **การวิเคราะห์ทัศศิลป์.**พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพฯ : ทริปเพิ้ล กรุ๊ป.

สุชาติ เถาทอง. (2532). **ศิลปะกับมนุษย์.**พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพฯ : โอ.เอส.พริ้นติ้ง.

P 26

ออกแบบอัตลักษณ์องค์กรพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา สถาบันทักษิณคดีศึกษา มหาวิทยาลัยทักษิณ

อลิสา บือเฮง[1*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่อง ออกแบบอัตลักษณ์องค์กรพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา สถาบันทักษิณคดีศึกษา มหาวิทยาลัยทักษิณ มีวัตถุประสงค์ (1) เพื่อศึกษาและวิเคราะห์อัตลักษณ์องค์กรพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา สถาบันทักษิณคดีศึกษา มหาวิทยาลัยทักษิณ (2) เพื่อออกแบบอัตลักษณ์องค์กรพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา สถาบันทักษิณคดีศึกษา มหาวิทยาลัยทักษิณ (3) ประเมินผลงานการออกแบบอัตลักษณ์องค์กรพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา สถาบันทักษิณคดีศึกษา มหาวิทยาลัยทักษิณ โดยผู้วิจัยทำการวิจัยกลุ่มตัวอย่างในการเก็บรวบรวมข้อมูล แบบสอบถาม แบบประเมินความพึงพอใจ โดยรวบรวมข้อมูลนำมาวิเคราะห์ เพื่อหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานการออกแบบอัตลักษณ์องค์กรพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา สถาบันทักษิณคดีศึกษา มีการคำนึงถึงองค์ประกอบสำคัญที่สามารถสะท้อนถึงศิลปะวัฒนธรรมภาคใต้ วิสัยทัศน์ พันธกิจ กิจกรรม และการบริการของพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา ผู้วิจัยได้วิเคราะห์และทำการออกแบบสัญลักษณ์แทนจุดเด่นของพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา นำมารวมกันเป็นตราสัญลักษณ์ (Logo) และมีการลดทอนลวดลายเดิมที่มีอยู่ นำมาจัดวางใหม่เพื่อแสดงถึงภูมิปัญญาท้องถิ่นของคนภาคใต้ การเลือกใช้สี ตัวอักษร และการออกแบบลายเส้นที่สื่อถึงอัตลักษณ์ของพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยาอย่างจัดเจน สรุปผลการประเมินความพึงพอใจในการออกแบบอัตลักษณ์องค์กรพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา สถาบันทักษิณคดีศึกษา มหาวิทยาลัยทักษิณ โดยวิเคราะห์ผลรวมด้วยค่า $\bar{x}$ พบว่า มีความพึงพอใจในการออกแบบโลโก้มีค่า $\bar{x}$ โดยรวม 4.26(S.D=0.47) อยู่ในเกณฑ์ดี ความพึงพอใจในด้านการออกแบบกราฟิกตกแต่ง มีค่า $\bar{x}$ โดยรวม 4.7(S.D=0.38) อยู่ในเกณฑ์ดี ความพึงพอใจในด้านการออกแบบของที่ระลึกมีค่า $\bar{x}$ โดยรวม 3.74(S.D=0.54) อยู่ในเกณฑ์ดี

คำสำคัญ: ออกแบบอัตลักษณ์องค์กร พิพิธภัณฑ์ ศิลปวัฒนธรรมภาคใต้ ภูมิปัญญาท้องถิ่น

Title Designing corporate identity for folklore museum the institute for southern Thai studies, Thaksin university.

Author Alisa Bueheng [1*]

Abstract

This research on designing the corporate identity for the Folklore Museum, Institute of Southern Thai Studies, Thaksin University aimed to: (1) study and analyze the corporate identity of the Folklore Museum, Institute of Southern Studies, Thaksin University; (2) design the corporate identity of the Folklore Museum, Institute of Southern Studies, Thaksin University; and (3) evaluate the design work of the corporate identity of the Folklore Museum, Institute of Southern Studies, Thaksin University. The researcher conducted the study on a sample group, collecting data using questionnaires and satisfaction assessment forms. The data were analyzed to calculate the mean and standard deviation. The corporate identity design of the Folklore Museum, Institute of Southern Studies, considered key elements that reflect Southern Thai art and culture, as well as the museum's vision, mission, activities, and services. The researcher analyzed and designed symbols to represent the museum's unique features, combining them into a logo. Traditional patterns were simplified and rearranged to reflect the local wisdom of the Southern Thai people. The selection of colors, fonts, and line designs clearly conveyed the identity of the Folklore Museum. The results of the satisfaction evaluation of the corporate identity design, analyzed using the mean $\bar{x}$, showed that satisfaction with the logo design $\bar{x}$ had an overall mean of 4.26 (S.D. = 0.47), which was at a good level. Satisfaction with the decorative graphic design $\bar{x}$ had an overall mean of 4.70 (S.D. = 0.38), also at a good level. $\bar{x}$ Satisfaction with the souvenir design had an overall mean of 3.74 (S.D. = 0.54), which was at a good level.

Keywords: graphic design, corporate identity, Folklore Museum, Southern Thai

บทนำ

สถาบันทักษิณคดีศึกษาเป็นหน่วยงานในสังกัดมหาวิทยาลัยทักษิณ มีที่ทำการอยู่ที่บ้านอ่าวทราย หมู่ที่ 1 ตำบลเกาะยอ อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา เมื่อปี พ.ศ.2511 วิทยาลัยวิชาการศึกษา ได้เปิดวิทยาเขตประจำภาคใต้ขึ้นที่จังหวัดสงขลา ศาสตราจารย์สุธิวงศ์ พงศ์ไพบูลย์ ซึ่งขณะนั้นได้ถูกยืมตัวจากวิทยาลัยครูสงขลาให้มาช่วยราชการที่วิทยาลัยวิชาการศึกษาสงขลา โดยทำหน้าที่หัวหน้าภาควิชาภาษาไทยได้นำนักศึกษาออกฝึกเก็บข้อมูลภาคสนาม ผลจากการเก็บข้อมูลครั้งนั้นทำให้ได้ข้อมูลวัฒนธรรมเป็นจำนวนมาก ทั้งที่เป็นวัตถุของจริง สมุดข่อย ข้อมูลที่เป็นมุขปาฐะในรูปของแถบบันทึกเสียง ภาพถ่าย ภาพสไลด์ และภาพยนตร์ ข้อมูลเหล่านั้นนับเป็นองค์ความรู้ที่มีค่าอย่างยิ่ง นอกจากเป็นแรงบันดาลใจให้มีการจัดเก็บอย่างเป็นระบบและมีเป้าหมายจนก่อให้เกิด “ห้องวรรณกรรมท้องถิ่นภาคใต้” ยังก่อให้เกิดโครงการ “ศูนย์ส่งเสริมภาษาและวัฒนธรรมภาคใต้”

ภาระหน้าที่และเป้าหมายสำคัญดังนี้ ศึกษาค้นคว้าและวิจัยเกี่ยวกับทักษิณคดีศึกษาในเขต 14 จังหวัดภาคใต้ คือ ชุมพร ระนอง สุราษฎร์ธานี พังงา ภูเก็ต กระบี่ นครศรีธรรมราช พัทลุง สงขลา สตูล ปัตตานี ยะลา และนราธิวาส เพื่อประมวลองค์ความรู้ วิเคราะห์ และสังเคราะห์ บริบทสำคัญของสังคมและวัฒนธรรม ได้แก่ สภาพทางภูมิศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติ ทรัพยากรบุคคล และภูมิปัญญาในการจัดการเพื่อปรับปรุงและพัฒนาวิถีการดำเนินชีวิตของแต่ละกลุ่มชนอันเป็นผลต่อระบบความเชื่อปทัสถานในการเลือกถือปฏิบัติ ตลอดจนนิสัยในการคิดและการกระทำที่กลายเป็นแนวทางในการถือปฏิบัติร่วมกันอย่างกว้างขวาง และมีพลังต่อกลุ่มชนนั้นๆ

เป้าหมายหลักของภาระงาน คือ การประมวลและพัฒนาระบบข้อมูลอย่างมีเป้าหมายและต่อเนื่อง ให้เป็นศูนย์สารนิเทศเกี่ยวกับทักษิณคดีศึกษา มีคลังข้อมูลเฉพาะด้านจำแนกตามประเภทของสื่อ ได้แก่ ภาพ เสียง เอกสาร และของจริง จำแนกหมวดหมู่ให้สะดวกในการเก็บรวบรวมและให้บริการ และดำเนินการในรูปพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา นำสื่อและเทคโนโลยีมาใช้ประกอบในการจัดเก็บและจัดแสดงตามความเหมาะสมและจำเป็น

ปัจจุบันพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา สถาบันทักษิณคดีศึกษาได้รับการจัดอันดับเป็นพิพิธภัณฑ์พื้นบ้านอันดับ 4 ของประเทศ และอันดับ 361 ของโลก จากการจัดอันดับพิพิธภัณฑ์โลก (Museum World Ranking) (จากฐานข้อมูลที่แสดงในเว็บไซต์ museumworldranking.net) โดยสถิติการเข้าชมพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา สถาบันทักษิณคดีศึกษา จะมีทุกช่วงวัย เริ่มตั้งแต่ กลุ่มนักเรียน นักศึกษา กลุ่มระดับอุดมศึกษา กลุ่มศึกษาดูงานจากต่างจังหวัด (กลุ่มกึ่งนักท่องเที่ยว) กลุ่มนักท่องเที่ยว ชาวต่างชาติ และหน่วยงานราชการ ซึ่งผู้เข้าชมจะมีเป้าหมายที่แตกต่างกันออกไปตามกลุ่มต่าง ๆ อาทิเช่น กลุ่มนักเรียน นักศึกษา กลุ่มอุดมศึกษา เป้าหมายของกลุ่มนี้คือ การเข้าชมพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา กลุ่มอาจารย์ เป้าหมายของกลุ่มนี้คือ หนังสือโบราณ หนังสือทางการแพทย์สมัยก่อน กลุ่มนักท่องเที่ยวชาวต่างชาติ เป้าหมายของกลุ่มนี้คือ ชื่นชอบบรรยากาศ และสถาปัตยกรรมบ้านทรงไทยทางภาคใต้ พิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา สถาบันทักษิณคดีศึกษามีอัตลักษณ์ที่เด่นชัดในเรื่องของวัฒนธรรมภาคใต้ (ความสนใจของผู้เข้าชม สอบถามเบ็ญจวรรณ์ เมื่อวันที่ 24 กันยายน 2567) ทั้งนี้ พิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา สถาบันทักษิณคดีศึกษายังต้องการให้เป็นสถานที่ท่องเที่ยว เป็นแลนมาร์กสำคัญของจังหวัดสงขลา และส่งเสริมการผู้ประกอบใหม่ แนวโน้มที่จะทำผลงาน มีนโยบายของมหาวิทยาลัย งบประมาณในการสร้างโครงสร้างพื้นฐาน พัฒนาปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐาน โดยมีแผนที่ชัดเจนคือ การกระตุ้นให้กับกลุ่มเป้าหมายในทุกช่วงวัยให้มีความสนใจที่จะศึกษาในเรื่องของวัฒนธรรมภาคใต้ ดึงดูดความสนใจในกลุ่มเป้าหมายพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา สถาบันทักษิณคดีศึกษามีโมเดลที่การพัฒนาจากวัตถุในพิพิธภัณฑ์มาเป็นโมเดล เช่น กระต่ายขูดมะพร้าว ลวดลายต่าง ๆ มาทำเป็นกระเป๋า สิ่งที่พิพิธภัณฑ์คติชนวิทยาประสบปัญหาหลักคือ ไม่มีสิ่งที่บงบอกถึงความเป็นอัตลักษณ์ของ

พิพิธภัณฑ์คติชนวิทยาที่เด่นชัด ไม่ได้สร้างความจดจำให้กับผู้เข้าชม แล้วอนาคตข้างหน้า การเติบโต การขยายพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยาจะเข้าสู่ความเป็นศากลมากขึ้น เพราะฉะนั้นการสร้างอัตลักษณ์ให้กับพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยาเป็นเรื่องจำเป็น ที่จะทำให้คนได้จดจำ โดยตัวอัตลักษณ์จะเข้าไปอยู่ในสื่อ ของทีระลึก ในผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ อีกทั้งยังสามารถทำเป็นสื่อประชาสัมพันธ์ของพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา

ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะออกแบบอัตลักษณ์พิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ศิลปะวัฒนธรรมภาคใต้สู่การเป็นผู้ประกอบการรุ่นใหม่ สามารถประชาสัมพันธ์ เพื่อให้ผู้คนได้เรียนรู้ และยังสามารถดึงดูดความสนใจให้กับผู้เข้าชม ทั้งยังช่วยในเรื่องการสร้างผลงานและการผลิตผลงานได้ ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาเรื่อง “ออกแบบอัตลักษณ์องค์กรพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา สถาบันทักษิณคดีศึกษา มหาวิทยาลัยทักษิณ” เนื่องจากเล็งเห็นถึงความสำคัญของวัฒนธรรมภาคใต้ที่มีเอกลักษณ์โดนเด่นเป็นแนวทางในการพัฒนาผลงาน ส่งเสริมการเรียนรู้วัฒนธรรมภาคใต้ผ่านการถ่ายทอดในรูปแบบการออกแบบอัตลักษณ์องค์กรพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา สถาบันทักษิณคดีศึกษา มหาวิทยาลัยทักษิณ ผู้วิจัยมีความเชื่อมั่นว่า สามารถพัฒนาและดึงดูดกลุ่มเป้าหมายในการเข้าชมศึกษาวัฒนธรรมภาคใต้เพิ่มมากขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง “ออกแบบอัตลักษณ์องค์กรพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา สถาบันทักษิณคดีศึกษา มหาวิทยาลัยทักษิณ” โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาและวิเคราะห์อัตลักษณ์องค์กรพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา สถาบันทักษิณคดีศึกษา มหาวิทยาลัยทักษิณ เพื่อออกแบบอัตลักษณ์องค์กรพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา สถาบันทักษิณคดีศึกษา มหาวิทยาลัยทักษิณ ประเมินผลงานการออกแบบอัตลักษณ์องค์กรพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา สถาบันทักษิณคดีศึกษา มหาวิทยาลัยทักษิณ

1.1 แหล่งที่มาของข้อมูล

ขั้นตอนการศึกษาข้อมูลในการทำวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีขั้นตอนในการหาแหล่งที่มาดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาข้อมูลเอกสาร หนังสือ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและบทความมาจากเว็บไซต์ที่เกี่ยวข้อง

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาข้อมูลจากการสอบถามโดยใช้แบบสอบถามความคิดเห็นจากผู้เข้าร่วมชมและเจ้าหน้าพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา สถาบันทักษิณคดีศึกษา ซึ่งได้ข้อมูลที่จำเป็นในการออกแบบอัตลักษณ์องค์กรพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา สถาบันทักษิณคดีศึกษา เพื่อให้ได้ซึ่งในการออกแบบต่อไป

1.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างในกานทำวิจัยครั้งนี้คือ

1.2.1 ประชากร

- กลุ่มผู้เข้าร่วมชมพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา สถาบันทักษิณคดีศึกษา
- ผู้ผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์พิพิธภัณฑ์คติชน สถาบันทักษิณคดีศึกษา
- ผู้ประกอบการ สถานที่ท่องเที่ยวพิพิธภัณฑ์คติชน สถาบันทักษิณคดีศึกษา
- เจ้าหน้าที่ในพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา สถาบันทักษิณคดีศึกษา

1.2.2 กลุ่มตัวอย่าง

- กลุ่มผู้เข้าร่วมชมพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา สถาบันทักษิณคดีศึกษา จำนาน 100 คน
- ผู้ผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์พิพิธภัณฑ์คติชน สถาบันทักษิณคดีศึกษา จำนวน 10 คน
- ผู้ประกอบการ สถานที่ท่องเที่ยวพิพิธภัณฑ์คติชน สถาบันทักษิณคดีศึกษา จำนวน 5 คน
- เจ้าหน้าที่ในพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา สถาบันทักษิณคดีศึกษา จำนวน 5 คน

1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบสอบถามที่สร้างตามแนววัตถุประสงค์ของการวิจัยในการออกแบบอัตลักษณ์องค์กรพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา สภาบันทักษิณคดีศึกษา มหาวิทยาลัยทักษิณ ผู้วิจัยแบ่งเครื่องมือในการเก็บข้อมูล ดังนี้

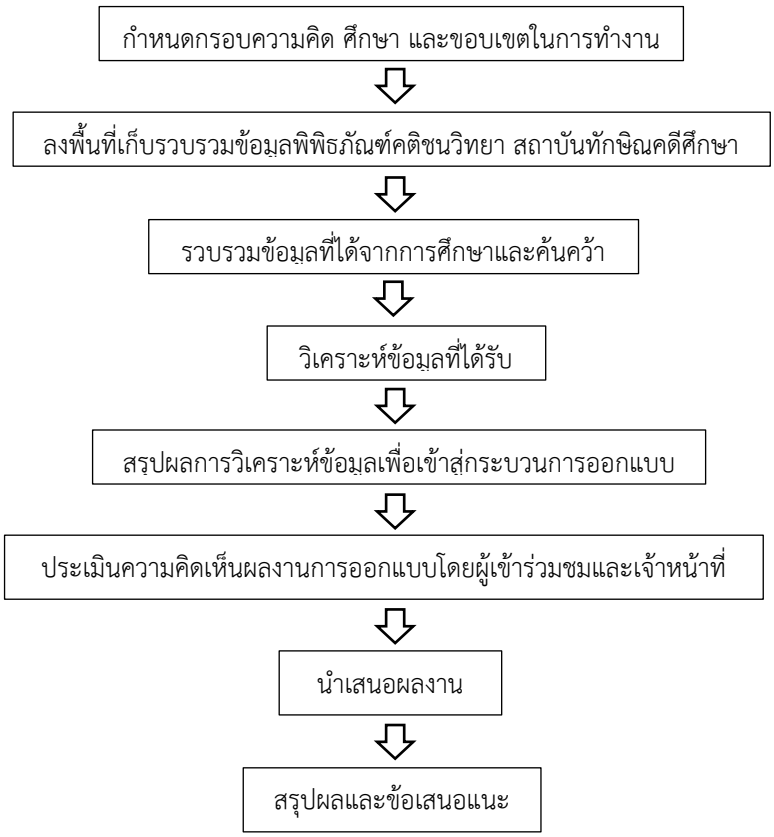
ตอนที่ 1 แบบสัมภาษณ์สำหรับเจ้าหน้าที่ในพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา สถาบันทักษิณคดีศึกษาเพื่อได้ข้อมูลเบื่องต้นเกี่ยวกับพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา เพื่อนำมาออกแบบอัตลักษณ์องค์กรพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา สถาบันทักษิณคดีศึกษา มหาวิทยาลัยทักษิณ

ตอนที่ 2 แบบสอบถามความพึงพอใจ ความเข้าใจ ความต้องการ และข้อเสนอแนะของผู้เข้าร่วมชมพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา สถาบันทักษิณคดีศึกษา

ตอนที่ 3 แบบสอบถามความพึงพอ ความเข้าใจ ความต้องการ และข้อเสนอแนะของเจ้าหน้าที่ในพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา สถาบันทักษิณคดีศึกษา

ตอนที่ 4 แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมชมพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา สถาบันทักษิณคดีศึกษา

1.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย



1.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยออกแบบอัตลักษณ์องค์กรพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา สถาบันทักษิณคดีศึกษา มหาวิทยาลัยทักษิณ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

1.5.1 วิเคราะห์ข้อมูลจากผู้เข้าร่วมชมและเจ้าหน้าที่ ซึ่งวิเคราะห์โดยหาค่าร้อยละ โดยนำเสนอเป็นตารางพร้อมคำอธิบายประกอบ

1.5.2 ผู้วิจัยจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลความคิดเห็นการออกแบบอัตลักษณ์องค์กรพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา สถาบันทักษิณคดีศึกษา มหาวิทยาลัยทักษิณถึงความพึงพอใจโดยผ่านแบบประเมินความพึงพอใจ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาประมวลผล เพื่อหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่า พิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา สถาบันทักษิณคดีศึกษามหาวิทยาลัยทักษิณ มีข้อมูลการศึกษา ดังนี้

1.1 ประวัติศาสตร์ จากการศึกษาข้อมูลจากเว็บไซต์ folkloremuseumsongkhla.com และการสัมภาษณ์หัวหน้าสำนักงานสถาบันทักษิณคดีศึกษา พบว่า สถาบันทักษิณคดีศึกษาเป็นหน่วยงานในสังกัดมหาวิทยาลัยทักษิณ มีที่ทำการอยู่ที่บ้านอ่าวทราย หมู่ที่ 1 ตำบลเกาะยอ อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา เมื่อปี พ.ศ.2511 วิทยาลัยวิชาการศึกษา ได้เปิดวิทยาเขตประจำภาคใต้ขึ้นที่จังหวัดสงขลา ศาสตราจารย์สุธิวงศ์ พงศ์ไพบูลย์ ซึ่งขณะนั้นได้ถูกยืมตัวจากวิทยาลัยครูสงขลาให้มาช่วยราชการที่วิทยาลัยวิชาการศึกษาสงขลา โดยทำหน้าที่หัวหน้าภาควิชาภาษาไทยได้นำนักศึกษาออกฝึกเก็บข้อมูลภาคสนาม ผลจากการเก็บข้อมูลครั้งนั้นทำให้ได้ข้อมูลวัฒนธรรมเป็นจำนวนมาก ทั้งที่เป็นวัตถุของจริง สมุดข่อย ข้อมูลที่เป็นมุขปาฐะในรูปของแถบบันทึกเสียง ภาพถ่าย ภาพสไลด์ และภาพยนตร์ ข้อมูลเหล่านั้นนับเป็นองค์ความรู้ที่มีค่าอย่างยิ่ง นอกจากเป็นแรงบันดาลใจให้มีการจัดเก็บอย่างเป็นระบบและมีเป้าหมายจนก่อให้เกิด “ห้องวรรณกรรมท้องถิ่นภาคใต้” ยังก่อให้เกิดโครงการ “ศูนย์ส่งเสริมภาษาและวัฒนธรรมภาคใต้” พิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา สถาบันทักษิณคดีศึกษามีการ บริการเป็นอู่วัฒนธรรมแหล่งการเรียนรู้วัตถุโบราณ วิธีชีวิตของปักษ์ใต้ ประเพณี ชุดการแต่งกาย โดยมีการแสดงเป็นห้องต่างๆ ไว้ โดยห้องจัดแสดงในพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยาดังนี้ 1. ห้องวิถีชีวิตชาวใต้ อาคารหลังคาจั่ว 2. ห้องวัฒนธรรมเครื่องโลหะ และโลหัช 3. ห้องวัฒนธรรมเครื่องแก้ว 4. ห้องวัฒนธรรมเครื่องประทีป 5. ห้องลูกปัด และเครื่องประดับ 6. ห้องนันทนาการ 7. ห้องการจัดการศึกษา 8. ห้องกระต่ายขูดมะพร้าว 9. ห้องผ้าทอพื้นเมืองภาคใต้ 10. ห้องศิลปหัตถกรรม 11. ห้องเครื่องปั้นดินเผา 12. ห้องเครื่องมือจับสัตว์ 13. ห้องมีด และศาสตราวุธ 14. ห้องอาชีพหลักชาวใต้ 15. ห้องประวัติศาสตร์ และชาติพันธุ์

1.2 จากการสัมภาษณ์ คุณมัฆวัต วิไลลักษณ์ ตำแหน่งหัวหน้าสำนักงานสถาบันทักษิณคดีศึกษา เมื่อวันที่ 27 มกราคม 2568 ณ สถาบันทักษิณคดีศึกษา สามารถวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับอัตลักษณ์ได้ ดังนี้

- พิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา สถาบันทักษิณคดีศึกษา มหาวิทยาลัยทักษิณ มีอัตลักษณ์ที่เด่นชัด คือ ภูมิปัญญาวัฒนธรรมภาคใต้

- จุดเด่นของพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา สถาบันทักษิณคดีศึกษา คือ กระต่ายขูดมะพร้าว เคลื่อปั้นดินเผาหรือเครื่องเคลือบ(จีน) ลูกปัดสุริยะเทพ ต่างหูทองเหลือง เครื่องดักจับสัตว์ กริช ผ้าทอพื้นเมือง เครื่องแก้ว โลหะ พิพิธภัณฑ์ภาพและเสียงการละเล่นพื้นบ้านและพื้นเมือง

- จุดเด่นที่สามารถนำมาออกแบบลวดลายกราฟิก ที่สามารถดึงดูดผู้เข้าชมและแสดงอัตลักษณ์อย่างชัดเจน คือ โบราณวัตถุ ภูมิปัญญาท้องถิ่น และสถาปัตยกรรม

อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาอัตลักษณ์องค์กรครั้งนี้ ได้อัตลักษณ์คือ การรวบรวม การศึกษา การรักษานำไปสู่การเผยแพร่ศิลปวัฒนธรรมถ้องถิ่น และภูมิปัญญาท้องถิ่น โดยมีการนำอัตลักษณ์องค์กรมาออกแบบผลงานที่สะท้อนถึงอัตลักษณ์องค์กรพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา สถาบันทักิณคดีศึกษา มหาวิทยาลัยทักษิณ ได้อย่างชัดเจน

ผลงานที่ได้จากการออกแบบอัตลักษณ์องค์กรนำไปสู่การผลิตชิ้นงาน และประเมินความพึงพอใจผลงานการออกแบบ การประเมินความพึงพอใจผลงานการออกแบบจากกลุ่มตัวอย่างและผู้เชี่ยวชาญรวมทั้งหมด 120 คน เป็นการประเมินความพึงพอใจแบบออนไลน์ โดยผลการประเมินความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับดี

การออกแบบอัตลักษณ์องค์กรพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา สถาบันทักษิณคดีศึกษา มหาวิทยาลัยทักษิณ บรรลุตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยในครั้งนี้

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลออกแบบอัตลักษณ์องค์กรพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา สถาบันทักษิณคดีศึกษา มหาวิทยาลัยทักษิณ อัตลักษณ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล คือ การรวบรวม การศึกษา การรักษานำไปสู่การเผยแพร่ศิลปวัฒนธรรมท้องถิ่น และภูมิปัญญาท้องถิ่น โดยผู้วิจัยนำอัตลักษณ์ที่ได้ทั้งหมด มาออกแบบเป็นสัญลักษณ์และลวดลายที่สะท้อนถึงอัตลักษณ์อย่างชัดเจน การออกแบบอัตลักษณ์องค์กรพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา มีดังนี้ 1. การออกแบบโลโก้ 2. การออกแบบ Motif ที่เป็นแม่ลาย 3. การออกแบบลวดลายสำหรับนำไปใช้เป็นกราฟิกตกแต่ง 4. การออกแบบของที่ระลึก 5. ออกแบบเสื้อองค์กร

รูปแบบที่ใช้ในการออกแบบลวดลาย นำรูปแบบลวดลายเดิมมาพัฒนาต่อ โดยใช้เทคนิคการลดทอนลวดลายเดิม เป็นลวดลายจากไม้พรรณพฤกษา มีรูปทรงเรขาคณิตเข้ามาร่วม การใช้ทัศนธาตุในการอกแบบลวดลาย ใช้เส้นโค้งเป็นส่วนใหญ่ มีหลักการเอกภาพในการจัดองค์ประกอบ โดยมีเอกภาพด้วยสี เอกภาพด้วยรูปร่างและรูปทรง แนวคิดในการจัดวางลวดลาย มีการใช้เทคนิคการจัดวางแบบรัศมี การซ้ำของรูปและพื้น การจัดวางอยู่ในกรอบสามเหลี่ยมและสี่เหลี่ยม หลักการใช้สีในการออกแบบเป็นระนาบ 2 มิติ การใช้สีใกล้เคียง สีที่ใช้ในการออกแบบมีทั้งหมด 5 สี คือ สีน้ำตาล สีส้ม สีอิฐ สีแดง และสีครีม ซึ่งทั้ง 5 สี ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ความหมายของแต่ละสี และวิเคราะห์อัตลักษณ์องค์กรพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา แต่ละสีมีความหมายโดยรวมคือ ความมั่นคง ความน่าเชื่อถือ ความปลอดภัย ความมีชีวิตชีวา การพัฒนา ความอบอุ่น ความสดใส ความเป็นมิตรภาพ และการเปิดกว้างในหลายๆด้าน ความหมายของแต่ละสีมีความสอดคล้องกับอัตลักษณ์องค์กรพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา พิพิธภัณฑ์คติชนวิทยามีรวบรวมมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน และมีการเผยแพร่ภูมิปัญญาท้องถิ่น ศิลปะวัฒนธรรมภาคใต้อย่างกว้างขวางมีความเป็นเอกลักษณ์โดยเฉพาะของพพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา ไม่ว่าจะเป็นวัตถุโบราณ งานประติมากรรม อาคารก่อสร้าง เตาเผ่า การพัฒนา

เพื่อเข้าสู่ความเป็นศากลมากขึ้น การออกแบบอัตลักษณ์องค์กรพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา สถาบันทักษิณคดีศึกษา มหาวิทยาลัยทักิณ โดยมีการออกแบบทั้งหมด 5 ชุด ดังนี้ 1. การออกแบบโลโก้ 2. การออกแบบ Motif ที่เป็นแม่ลาย 3. การออกแบบลวดลายสำหรับนำไปใช้เป็นกราฟิกตกแต่ง 4. การออกแบบของที่ระลึก 5. ออกแบบเสื้อองค์กร การออกแบบลวดลายจากอัตลักณฑ์ของพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยามีทั้งหมด 5 ลวดลาย คือ ลวดลายที่ได้จากกระต่ายขูดมะพร้าว 1 ลวดลาย ลวดลายที่ได้จากหัวเข็มกลัดห้องลูกปัดและเครื่องประดับ 1 ลวดลาย ลวดลายที่ได้จากเครื่องเคลือบหรือเซรามิคจีน 3 ลวดลาย ซึ่งผู้วิจัยนำลวดลายทั้งหมดที่ได้ มาจัดวางให้เป็นเรื่องราวใหม่ ได้ลวดลายที่เป็น Motif มา 1 ลวดลาย และมีผลงานที่นำไปผลิตทั้งหมดจำนวน 10 ชิ้น

อ้างอิง

กุสุมา กูใหญ่. (2566). กระบวนการสร้างอัตลักษณ์ มุมมองจิตวิเคราะห์และสังคมศาสตร์. สืบค้นเมื่อ 15 ตุลาคม 2567 จาก https://kusumakooyai.blogspot.com/2013/04/blog-post_5.html

ธีระ จันทิปะ. (2564).พิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา. สืบค้นเมื่อ 15 ตุลาคม 2567 จาก https://db.sac.or.th/museum/museum-detail/1121

ปิแยร์ บูร์ดิเยอ. (2550). เศรษฐกิจของทรัพย์สินเชิงสัญลักษณ์. ชนิดา เสงี่ยมไพศาลสุข. สืบค้นเมื่อ 15 ตุลาคม 2567 จาก https://kusumakooyai.blogspot.com/2013/04/blog-post_5.html

ศูนย์สร้างสรรค์งานออกแบบ (TCDC). (2016). ถอดวิธีคิดเชิงออกแบบ ของพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช. นิตยสารคิด (Creative Thailand), ปีที่ 8 ฉบับที่ 3, 6. สืบค้นเมื่อ 5 กันยายน 2567 จาก https://medium.com/

แคทเธอลีน เบลซีย์. (2549). หลังโครงสร้างนิยม ฉบับย่อ. อภิญญา เฟื่องฟูสกุล. แปล. กรุงเทพฯ : ศูนย์มานุษยวิทยาสิรินธร (องค์กรมหาชน). สืบค้นเมื่อ 15 ตุลาคม 2567 จาก https://kusumakooyai.blogspot.com/2013/04/blog-post_5.html

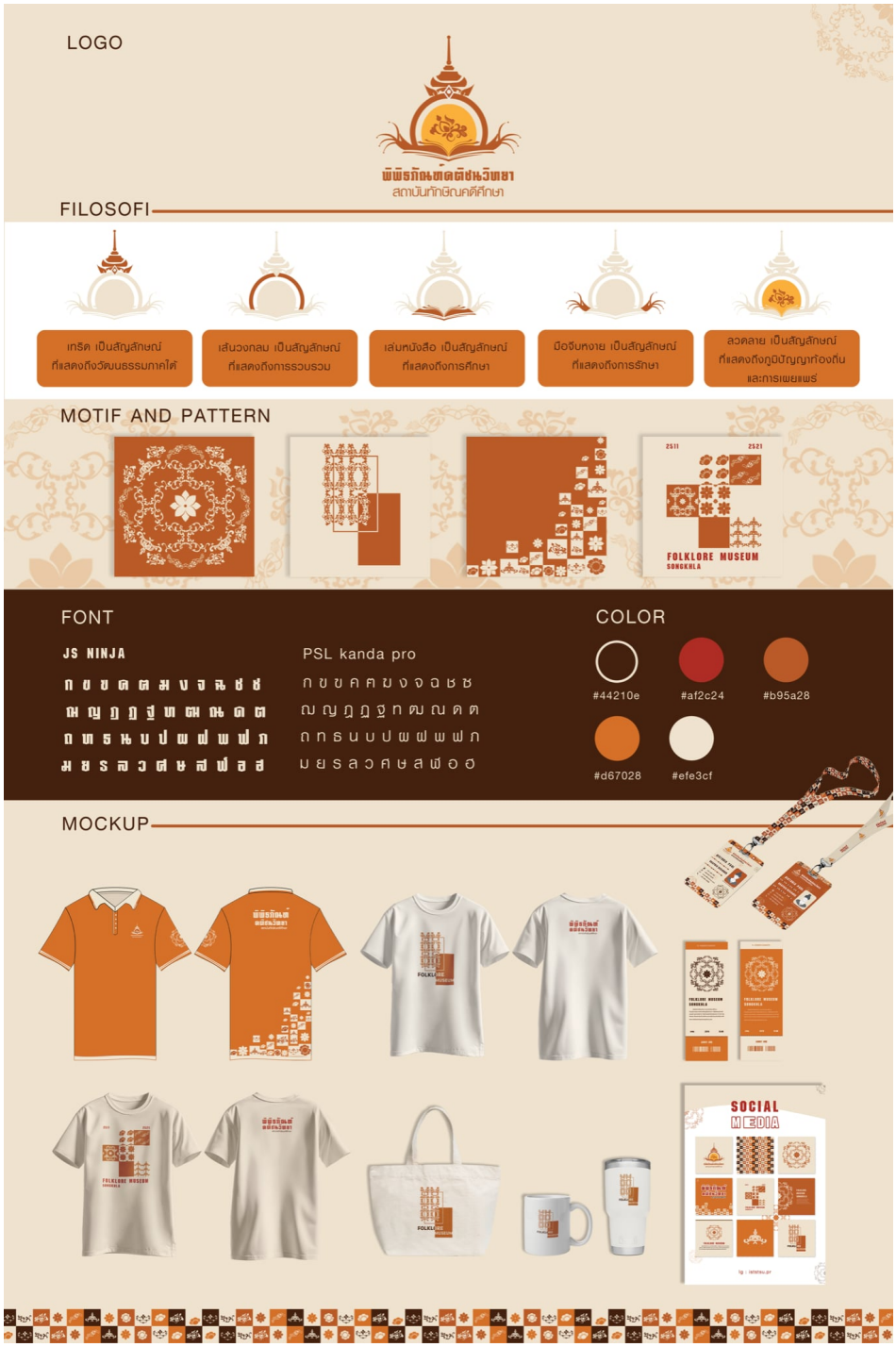
DEX Space. (2016). DESIGN THINKING คืออะไร (OVERVIEW). สืบค้นเมื่อ 5 กันยายน 2567 จาก https://medium.com/base-the-business-playhouse/design-thinking

WhiteTofu. (2016). คิดอย่างนักออกแบบ(Design Thinking). สืบค้นเมื่อ 5 กันยายน 2567 จาก http://www.applicadthai.com/articles/

ศูนย์สร้างสรรค์งานออกแบบ (TCDC). (2016). ถอดวิธีคิดเชิงออกแบบ ของพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช. นิตยสารคิด (Creative Thailand), ปีที่ 8 ฉบับที่ 3, 6

แคทเธอลีน เบลซีย์. (2549). หลังโครงสร้างนิยม ฉบับย่อ. อภิญญา เฟื่องฟูสกุล. แปล. กรุงเทพฯ : ศูนย์มานุษยวิทยาสิรินธร (องค์กรมหาชน).

ผลงานการออกแบบ



ภาพที่ 1 ผลงานการออกแบบอัตลักษณ์องค์กรพิพิธภัณฑ์คติชนวิทยา

ภาพที่ 2 ผลงานการออกแบบโปสเตอร์

ภาพที่ 3 ผลงานการออกแบบเสื้อองค์กร

P 27

การออกแบบ และพัฒนาอัตลักษณ์องค์กรมูลนิธิบ้านหมายิ้ม อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

ณัฏฐาภรณ์ ชาวกล้า[1*] และอัฏฐพล เทพยา

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาข้อมูลการออกแบบอัตลักษณ์องค์กร (2) พัฒนาอัตลักษณ์องค์กรของมูลนิธิบ้านหมายิ้ม อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา และ (3) ประเมินความพึงพอใจต่อการออกแบบอัตลักษณ์ดังกล่าว โดยการออกแบบจะสะท้อนวิสัยทัศน์ กิจกรรม และค่านิยมของมูลนิธิอย่างชัดเจน ทั้งยังต้องสามารถเข้าถึงกลุ่มเป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ การเก็บข้อมูลใช้แบบสอบถามและแบบประเมินความพึงพอใจ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ย และความถี่ ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มเป้าหมายซึ่งเป็นผู้บริจาคและผู้สนับสนุนกิจกรรมของมูลนิธิ อายุระหว่าง 25–60 ปี จำนวน 100 คน มีความพึงพอใจในองค์ประกอบของอัตลักษณ์องค์กร โลโก้ที่ออกแบบเป็นภาพลายเส้นสไตล์การ์ตูน พร้อมตัวอักษรกึ่งทางการ แสดงถึงความเป็นมิตรและความเป็นมืออาชีพ สีที่ใช้เป็นโทนสดใสเพื่อสร้างภาพลักษณ์ที่เปิดกว้างและเข้าถึงง่าย ช่องทางหลักในการรับข้อมูลเกี่ยวกับมูลนิธิคือเฟซบุ๊กซึ่งช่วยกระตุ้นการมีส่วนร่วมกับกิจกรรม สำหรับของที่ระลึกที่เหมาะสมคือเสื้อ เพราะสามารถสร้างการรับรู้และเชื่อมโยงกับมูลนิธิได้อย่างดี โดยผลประเมินความพึงพอใจพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจในระดับดี ได้แก่ การออกแบบโลโก้ (เฉลี่ย 4.32), สื่อประชาสัมพันธ์ (เฉลี่ย 4.07), ของตกแต่งบูธ (เฉลี่ย 4.32) และของที่ระลึก (เฉลี่ย 4.30) แสดงให้เห็นว่าอัตลักษณ์ที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบโจทย์ภาพลักษณ์และกลุ่มเป้าหมายได้อย่างเหมาะสม

คำสำคัญ: ออกแบบ พัฒนา อัตลักษณ์ องค์กร มูลนิธิบ้านหมายิ้ม

ณักฐาภรณ์ ชาวกล้า, อัฏฐพล เทพยา

[1] นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาศิลปะการออกแบบ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ, สงขลา, 90000

[2] อาจารย์ สาขาศิลปะการออกแบบ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ, สงขลา, 90000

[1] Undergraduate Student, Design Arts, Faculty of Fine Arts, Thaksin University, Songkhla, 90000

[2] Lecturer, Design Arts, Faculty of Fine Arts, Thaksin University, Songkhla, 90000

* Corresponding Author: filmmay999@gmail.com, Tel: 080-8610870

Design and Development of the Corporate Identity of Smiledog Home Foundation, Hat Yai District, Songkhla Province

Natthaporn Chaokla[1*] and Auttaphon Theppaya

Abstract

This research aimed to (1) study information related to corporate identity design, (2) develop the corporate identity of the Smiledog Home Foundation in Hat Yai District, Songkhla Province, and (3) evaluate satisfaction with the design development. The corporate identity was designed to reflect the foundation's vision, values, and activities, while effectively reaching its target audience. Data were collected through questionnaires and satisfaction surveys and analyzed using descriptive statistics. The study involved 100 participants aged 25 to 60 and above, who were donors and supporters of the foundation. Results showed that the logo, featuring a simplified cartoon-style line drawing with semi-formal text, helped create a professional yet friendly image. Bright color tones were used to express freshness, warmth, and approachability. Facebook was identified as the primary platform for public engagement, influencing participation in the foundation's activities. T-shirts were considered the most suitable souvenir for promoting awareness and connection. Satisfaction analysis showed that participants rated the logo design positively, with a mean score of 4.32 (S.D. = 0.79). Promotional media design had a mean score of 4.07 (S.D. = 0.92), while booth decoration received a mean score of 4.32 (S.D. = 0.79). Souvenir design also scored well, with a mean of 4.30 (S.D. = 0.75). Overall, the developed corporate identity was effective in creating a favorable and engaging image for the foundation.

Keywords: Design, Development, Identity, Corporate, Smiledog Home Foundation

บทนำ

ปัจจุบันสังคมไทยเผชิญกับปัญหาสัตว์จรจัดที่รุนแรงขึ้นอย่างต่อเนื่อง แม้การเลี้ยงสัตว์เลี้ยง เช่น สุนัขและแมว จะเป็นที่นิยม แต่ยังพบสัตว์จำนวนมากถูกทอดทิ้ง ปัญหานี้เกิดจากหลายปัจจัย เช่น ความไร้ความรับผิดชอบของเจ้าของสัตว์ การควบคุมจากภาครัฐที่ไม่เพียงพอ และการขาดแคลนศูนย์พักพิงสัตว์ ส่งผลกระทบทั้งด้านสุขภาพ สิ่งแวดล้อม และคุณภาพชีวิตของชุมชน มูลนิธิช่วยเหลือสัตว์จึงมีบทบาทสำคัญในการดูแลสัตว์จรจัด สร้างความตระหนักเรื่องสิทธิสัตว์ ลดการทารุณกรรม และส่งเสริมความเมตตาในสังคม

มูลนิธิบ้านหมายิ้มเป็นหนึ่งในองค์กรที่ให้ความสำคัญกับการช่วยเหลือสัตว์จรจัด โดยมีภารกิจหลักคือการทำหมันสุนัขจรจัด ปัจจุบันมีสุนัขในความดูแลมากกว่า 500 ตัว ส่งผลให้งบประมาณไม่เพียงพอ นอกจากนี้ อัตลักษณ์องค์กรในปัจจุบันยังขาดความชัดเจน เช่น โลโก้ที่ไม่สื่อสารจุดยืนขององค์กร การใช้สี และฟอนต์ที่ไม่เหมาะสม ทำให้ภาพลักษณ์ไม่น่าดึงดูด ผู้สนับสนุนหลักอยู่ในช่วงอายุ 25–60 ปี ซึ่งมีศักยภาพทางการเงิน และความเข้าใจต่อปัญหาสังคม จึงมีแนวโน้มเข้าร่วมและสนับสนุนมูลนิธิในหลายรูปแบบ เช่น การบริจาค การอาสา และการรณรงค์

ผู้วิจัยมีแนวคิดในการพัฒนาอัตลักษณ์ของมูลนิธิบ้านหมายิ้ม โดยการออกแบบจะต้องสะท้อนวิสัยทัศน์ กิจกรรม และค่านิยมขององค์กรอย่างชัดเจน อัตลักษณ์องค์กรจะประกอบด้วยองค์ประกอบต่าง ๆ เช่น โลโก้ สี ฟอนต์ และสื่อประชาสัมพันธ์ ทั้งสื่อสิ่งพิมพ์ บูธกิจกรรม และของที่ระลึก เพื่อสร้างการจดจำและการเชื่อมโยงกับองค์กร การออกแบบอัตลักษณ์อย่างเหมาะสมจะช่วยเสริมภาพลักษณ์ที่ดี เพิ่มการสนับสนุน และสร้างรายได้ให้แก่มูลนิธิ ส่งเสริมการเติบโตอย่างยั่งยืนในระยะยาว

วิธีดำเนินการวิจัย

1. แหล่งที่มาของข้อมูล

ขั้นตอนการศึกษาข้อมูลในการทำวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีขั้นตอนในการหาแหล่งที่มาดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาข้อมูลมูลนิธิบ้านหมายิ้ม เช่น ความเป็นมา วิสัยทัศน์ กิจกรรม และอื่น ๆ ของมูลนิธิ โดยศึกษาข้อมูลจากอินเตอร์เน็ต และสอบถามข้อมูลที่มูลนิธิบ้านหมายิ้ม

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาข้อมูลจากการสอบถามความต้องการเกี่ยวกับการออกแบบอัตลักษณ์องค์กรของมูลนิธิบ้านหมายิ้มว่าอยากได้อัตลักษณ์ไปในแนวทางไหน ซึ่งข้อมูลที่จำเป็นจะนำมาใช้ในการออกแบบอัตลักษณ์องค์กร เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบต่อไป

ขั้นตอนที่ 3 ข้อมูลจากการประเมินการออกแบบอัตลักษณ์มูลนิธิบ้านหมายิ้มนำไปใช้ในวิจัยเรื่อง “การออกแบบเพื่อพัฒนาอัตลักษณ์มูลนิธิบ้านหมายิ้ม”

2. ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ผู้ที่บริจาค และให้ความร่วมมือสนับสนุนกิจกรรมต่าง ๆ ของมูลนิธิบ้านหมายิ้ม ช่วงอายุ 25-60 ปีขึ้นไป

2. กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้ที่บริจาค และให้ความร่วมมือสนับสนุนกิจกรรมต่าง ๆ ของมูลนิธิบ้านหมายิ้ม ช่วงอายุ 25-60 ปีขึ้นไป จำนวน 100 คน

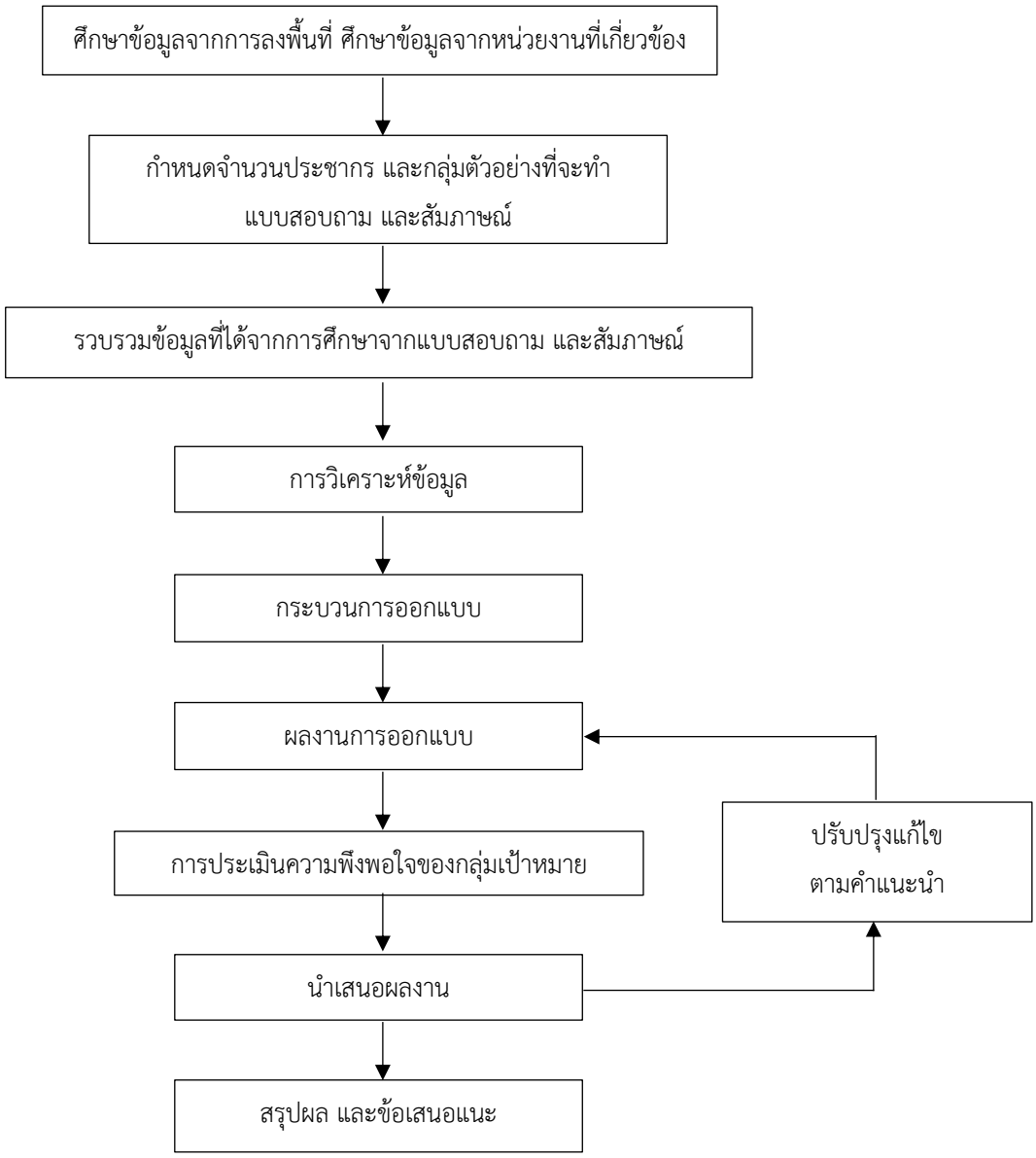
3. เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยในการศึกษาข้อมูลครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาโดยใช้เครื่องมือในการวิจัย วิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

3.1 แบบสัมภาษณ์สำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เป็นการสัมภาษณ์ถึงข้อมูลเบื้องต้น รวมถึงข้อมูลเกี่ยวกับรูปแบบความต้องการ เพื่อใช้ในในการออกแบบอัตลักษณ์องค์กร เพื่อใช้ในสอบถามข้อมูลที่เป็นแนวทางในการหากลุ่มเป้าหมาย และพัฒนาอัตลักษณ์องค์กรมูลนิธิบ้านหมายิ้ม อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

3.2 แบบสอบถามสำหรับกลุ่มเป้าหมาย เพื่อใช้ประกอบในการสอบถามข้อมูลเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาอัตลักษณ์องค์กรมูลนิธิบ้านหมายิ้ม อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

3.3 แบบประเมินผลความพึงพอใจในผลงานการออกแบบเพื่อพัฒนาอัตลักษณ์องค์กรมูลนิธิบ้านหมายิ้ม อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา โดยแบ่งออกเป็น 5 ระดับ มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ 5 หมายถึง มีความพึงพอใจมากที่สุด, 4 หมายถึง มีความพึงพอใจมาก, 3 หมายถึง มีความพึงพอใจปานกลาง, 2 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อย และ 1 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อยที่สุด



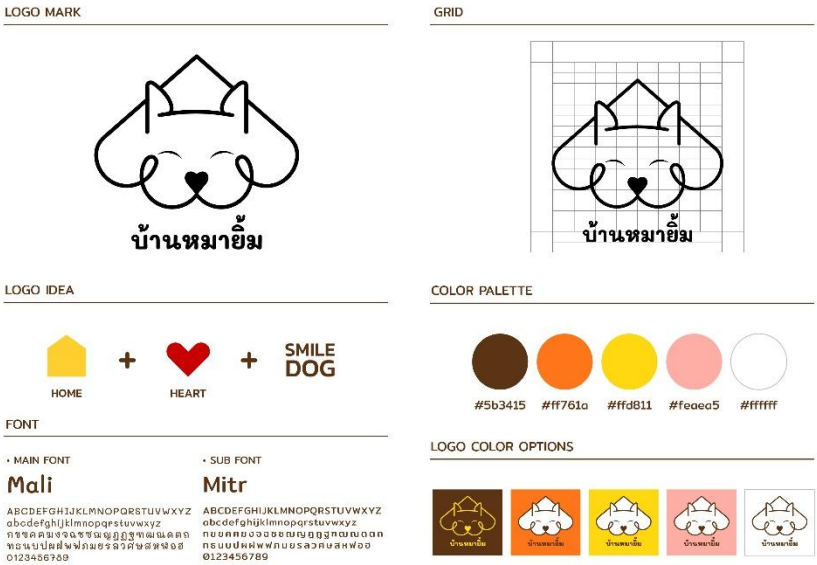
ภาพที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการวิจัย

จากการศึกษา และวิเคราะห์แบบสอบถาม พบว่ากลุ่มเป้าหมายรับรู้ข้อมูลของมูลนิธิบ้านหมายิ้ม อำเภอเมืองหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ผ่านช่องทางอินเทอร์เน็ต โดยเฉพาะ Facebook ซึ่งเป็นช่องทางหลักในการประชาสัมพันธ์กิจกรรมของมูลนิธิ และมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเข้าร่วมกิจกรรมต่าง ๆ ของที่ระลึกที่เหมาะสมที่สุดคือ “เสื้อ” เนื่องจากสามารถสร้างการรับรู้และความเชื่อมโยงกับมูลนิธิได้เป็นอย่างดี ในการออกแบบอัตลักษณ์องค์กรมีการใช้โลโก้ที่ประกอบด้วยภาพลายเส้นตัดทอน (การ์ตูน) พร้อมตัวอักษรด้านล่าง ซึ่งช่วยสร้างเอกลักษณ์ที่น่าสนใจและจดจำง่าย ตัวอักษรแบบกึ่งทางการช่วยเพิ่มความเป็นมืออาชีพ และความเป็นมิตร การเลือกใช้โทนสีสดใสช่วยดึงดูดความสนใจ และสร้างความรู้สึกสดชื่น มีชีวิตชีวา สอดคล้องกับภาพลักษณ์ขององค์กรที่อบอุ่นและเปิดกว้าง อีกทั้งยังมีลวดลายรูปสุนัขในรูปแบบการ์ตูนที่ออกแบบให้ดูเป็นมิตรและเข้าถึงง่าย ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญในการสื่อสารอัตลักษณ์ของมูลนิธิ

1.1 การออกแบบโลโก้หรือสัญลักษณ์ที่สื่อถึงภาพลักษณ์ และเป็นอัตลักษณ์องค์กรมูลนิธิบ้านหมายิ้ม โดยออกแบบจากการนำข้อมูลจากแบบสอบถามกลุ่มตัวอย่าง สรุปได้ว่าโลโก้ออกมาในรูปแบบของอักษรใต้ภาพ โดยภาพนั้นเป็นภาพลายเส้นแบบตัดทอน (การ์ตูน) ใช้ตัวอักษรกึ่งทางการ และใช้โทนสีสด ซึ่งข้อมูลเหล่านี้เป็นการออกแบบเพื่อให้ตามความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย



ภาพที่ 2 แนวคิดการออกแบบโลโก้มูลนิธิบ้านหมายิ้ม อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

1.2 การออกแบบสื่อประชาสัมพันธ์ของมูลนิธิบ้านหมายิ้มประกอบด้วยโปสเตอร์ นามบัตร และแผ่นพับ โดยมีเนื้อหานำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับมูลนิธิให้ผู้รับสารเข้าใจ และรู้จักมากขึ้น สื่อเหล่านี้จัดทำทั้งในรูปแบบกระดาษและดิจิทัล เพื่อให้เข้าถึงกลุ่มเป้าหมายได้หลากหลายช่องทาง ทั้งการแจกในที่สาธารณะ และเผยแพร่ผ่านออนไลน์

ภาพที่ 3 การออกแบบสื่อประชาสัมพันธ์เกี่ยวกับนามบัตร และแผ่นพับของมูลนิธิบ้านหมายิ้ม

1.3 การออกแบบของตกแต่งบูธมูลนิธิบ้านหมายิ้มมุ่งเน้นสร้างภาพลักษณ์ที่สอดคล้องกับอัตลักษณ์องค์กร โดยใช้สัญลักษณ์ โทนสี และรูปแบบตัวอักษรที่สื่อถึงตัวตนของมูลนิธิ องค์ประกอบที่ออกแบบ เช่น แบคดรอป และป้ายสแตนดี้ ช่วยสร้างความน่าสนใจ ดึงดูดผู้เข้าชม และเสริมความเข้าใจในกิจกรรมของมูลนิธิได้อย่างชัดเจน

ภาพที่ 4 การออกแบบบูธ และของตกแต่งบูธมูลนิธิบ้านหมายิ้ม อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

1.4 การออกแบบของที่ระลึก เช่น เสื้อ กระเป๋า หมวก และพวงกุญแจ มีเป้าหมายเพื่อขอบคุณผู้สนับสนุนกิจกรรมของมูลนิธิบ้านหมายิ้ม โดยเฉพาะผู้ที่ร่วมบริจาค และระดมทุน ของที่ระลึกถูกออกแบบให้สะท้อนอัตลักษณ์ของมูลนิธิผ่านโลโก้ สัญลักษณ์ และโทนสีเฉพาะ เพื่อสร้างการจดจำ และความภาคภูมิใจแก่ผู้รับในการมีส่วนร่วมกับมูลนิธิ

ภาพที่ 5 การออกแบบของที่ระลึกมูลนิธิบ้านหมายิ้ม อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

2. อภิปรายผลการวิจัย

จากการวิจัยพบว่า อัตลักษณ์ของมูลนิธิบ้านหมายิ้มยังขาดความชัดเจน ทำให้การสื่อสารภาพลักษณ์องค์กรไม่ดึงดูด เช่น โลโก้ไม่สะท้อนกิจกรรมหรือค่านิยมอย่างชัดเจน และการใช้สีหรือฟอนต์ไม่เหมาะสม กระบวนการออกแบบใหม่จึงมุ่งพัฒนาอัตลักษณ์ที่สอดคล้องกับวิสัยทัศน์ พันธกิจ และภาพลักษณ์ขององค์กร เพื่อสร้างความน่าเชื่อถือ สื่อสารได้อย่างมีประสิทธิภาพ และจดจำง่ายในระยะยาว โดยผลงานการออกแบบสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับสื่อต่าง ๆ ได้หลากหลาย เช่น โลโก้ สื่อประชาสัมพันธ์ ของตกแต่งบูธ และของที่ระลึก

1. ด้านการออกแบบโลโก้หรือสัญลักษณ์ที่สื่อถึงภาพลักษณ์ และเป็นอัตลักษณ์องค์กรมูลนิธิบ้านหมายิ้ม อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

จากการสอบถามความพึงพอใจ ผู้วิจัยพบว่าผลการประเมินความพึงพอใจของผลงานการออกแบบโลโก้ มีความพึงพอใจต่อผลงานการออกแบบในภาพรวมอยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.06(S.D.=0.91) และความพึงพอใจสามลำดับแรก คือ ความพึงพอใจเกี่ยวกับความเหมาะสมของรูปแบบตัวอักษร ค่าเฉลี่ย 4.20(S.D.=0.81) รองลงมา โลโก้สามารถนำไปใช้ในสื่อต่าง ๆ ได้ง่าย ค่าเฉลี่ย 4.18(S.D.=0.77) และการใช้สี ค่าเฉลี่ย 4.16(S.D.=0.87)

2. ด้านการออกแบบสื่อประชาสัมพันธ์

จากการสอบถามความพึงพอใจ ผู้วิจัยพบว่าผลการประเมินความพึงพอใจของผลงานการออกแบบสื่อประชาสัมพันธ์ มีความพึงพอใจต่อผลงานการออกแบบในภาพรวมอยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.07(S.D.=0.92) และความพึงพอใจสามลำดับแรก คือ ความพึงพอใจเกี่ยวกับการใช้สี ค่าเฉลี่ย 4.20(S.D.=0.88) รองลงมา ความเหมาะสมของภาพประกอบ ค่าเฉลี่ย 4.19(S.D.=0.90) และเนื้อหาของสื่อประชาสัมพันธ์ได้ง่าย ค่าเฉลี่ย 4.18(S.D.=0.88)

3. ด้านการออกแบบของตกแต่งบูธ

จากการสอบถามความพึงพอใจ ผู้วิจัยพบว่าผลการประเมินความพึงพอใจของการออกแบบของตกแต่งบูธ มีความพึงพอใจต่อผลงานการออกแบบในภาพรวมอยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.32(S.D.=0.79) และความพึงพอใจสามลำดับแรก คือ ความเหมาะสมของรูปแบบตัวอักษร ค่าเฉลี่ย 4.38(S.D.=0.76) รองลงมา การจัดวางองค์ประกอบ ค่าเฉลี่ย 4.35(S.D.=0.73) การออกแบบของตกแต่งบูธทำให้ผู้เข้าชมสามารถเข้าใจ และรับรู้ข้อมูลได้ง่าย ค่าเฉลี่ย 4.33(S.D.=0.83)

4. ด้านการออกแบบของที่ระลึก

จากการสอบถามความพึงพอใจ ผู้วิจัยพบว่าผลการประเมินความพึงพอใจการออกแบบของที่ระลึก มีความพึงพอใจต่อผลงานการออกแบบในภาพรวมอยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.30(S.D.=0.75) และความพึงพอใจสามลำดับแรก คือ ของที่ระลึกนี้เหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมาย ค่าเฉลี่ย 4.47(S.D.=0.63) รองลงมา การใช้สี ค่าเฉลี่ย 4.43(S.D.=0.68) และกราฟิกมีความสวยงาม และน่าสนใจ ค่าเฉลี่ย 4.43(S.D.=0.65)

สรุปผลการวิจัย

การออกแบบอัตลักษณ์องค์กรมูลนิธิบ้านหมายิ้มมีเป้าหมายเพื่อสร้างภาพลักษณ์ที่ชัดเจนและน่าเชื่อถือ โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงกลยุทธ์ที่เชื่อมโยงกับวิสัยทัศน์ พันธกิจ และภาพลักษณ์ขององค์กร เพื่อให้สามารถสื่อสารกับกลุ่มเป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพและจดจำง่าย ผลงานการออกแบบสามารถนำไปใช้ได้หลากหลาย ทั้งในสื่อประชาสัมพันธ์และกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อเสริมสร้างการรับรู้และการจดจำองค์กรในระยะยาว โดยมีองค์ประกอบหลักคือ โลโก้ สื่อประชาสัมพันธ์ ของตกแต่งบูธ และของที่ระลึก

การออกแบบโลโก้ของมูลนิธิบ้านหมายิ้ม ได้รับการออกแบบอย่างรอบคอบ เพื่อสะท้อนภาพลักษณ์ที่เป็นมิตร อบอุ่น และเข้าถึงง่าย โดยใช้ลายเส้นแบบตัดทอนเพื่อลดความซับซ้อน ทำให้จดจำและเข้าใจง่าย ตัวอักษรแบบกึ่งทางการช่วยสร้างความรู้สึกเป็นมิตรและเป็นมืออาชีพ สีที่เลือกใช้ เช่น น้ำตาล ส้ม เหลือง ชมพู และขาว ล้วนมีความหมายในเชิงบวก เช่น ความมั่นคง สดใส ความรัก และความบริสุทธิ์ ซึ่งส่งเสริมภาพลักษณ์ของมูลนิธิในฐานะองค์กรที่สร้างสังคมอบอุ่น และมีเมตตา นอกจากนี้ยังมีการใช้ลวดลายรูปสุนัขในสไตล์การ์ตูน เพื่อเสริมความน่ารัก และเข้าถึงง่ายในการสื่อสารกับ

การออกแบบสื่อประชาสัมพันธ์ ประกอบด้วยโปสเตอร์ นามบัตร และแผ่นพับ นำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับมูลนิธิ ปัญหาสุนัขจรจัด และแนวทางการแก้ไข เพื่อสร้างความเข้าใจแก่ผู้รับสาร สื่อเหล่านี้ถูกออกแบบทั้งในรูปแบบสิ่งพิมพ์ และดิจิทัล เพื่อให้เข้าถึงกลุ่มเป้าหมายได้หลากหลายผ่านทั้งการแจกจ่ายในที่สาธารณะ และการเผยแพร่ทางออนไลน์

การออกแบบของตกแต่งบูธเน้นสร้างภาพลักษณ์ที่สอดคล้องกับอัตลักษณ์ของมูลนิธิบ้านหมายิ้ม รวมถึงสัญลักษณ์โทนสี และรูปแบบตัวอักษร เพื่อสร้างเอกลักษณ์ และความจดจำ ของตกแต่งบูธ เช่น แบคดรอป และป้ายสแตนดี้ ออกแบบให้สื่อถึงตัวตนของมูลนิธิ ช่วยเพิ่มความเข้าใจในกิจกรรมและดึงดูดความสนใจของผู้เข้าชมงาน

การออกแบบของที่ระลึก เช่น เสื้อ กระเป๋า หมวก และพวงกุญแจ มีเป้าหมายเพื่อขอบคุณผู้สนับสนุนที่ร่วมบริจาคและสนับสนุนกิจกรรมของมูลนิธิ ของที่ระลึกเหล่านี้ออกแบบให้สะท้อนอัตลักษณ์ของมูลนิธิผ่านโลโก้ สัญลักษณ์ และโทนสีเฉพาะ เพื่อให้ผู้รับจดจำองค์กรได้ และรู้สึกภาคภูมิใจที่ได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมดี ๆ ของมูลนิธิบ้านหมายิ้ม

อ้างอิง

กัลยกร เกื้อเสนาะ. (2565). **โครงการออกแบบอัตลักษณ์สำหรับแบรนด์ PREZIOSO.** สืบค้นเมื่อ 20 ธันวาคม 2567, จาก : https://e-research.siam.edu/wp-content/uploads/2024/06/IT-Animation-2023-project-Kanyakorn-Kuasanor-6206400013-Designing-the-brand-identity-for-Prezioso-jewelry-store.pdf

กิติพงษ์ วัฒนศิริ. (2562). **วิจัยออกแบบผลงานสร้างสรรค์ของโรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา.** สืบค้นเมื่อ 20 ธันวาคม 2567, จาก คลังปัญญามหาวิทยาลัยบูรพา : https://buuir.buu.ac.th/handle/1234567890/8525

ฉัตรชัย อรรถปักษ์. (2548). **องค์ประกอบศิลปะ.** กรุงเทพฯ: พิมพ์ดี.

ชัยรัตน์ อัศวางกูร. (2548). **ออกแบบให้โดนใจ.** กรุงเทพฯ: บริษัททังฮัวซินการพิมพ์ จำกัด.

ทองเจือ เขียดทอง. (2548). **การออกแบบสัญลักษณ์.** พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: สิปประภา.

เทียนชัย ตั้งพรประเสริฐ. (2549). **องค์ประกอบศิลป์.** พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: สามลดา.

ปาพจน์ หนุนภักดี. (2553). **หลักการและกระบวนการออกแบบงานกราฟิกดีไซน์.** นนทบุรี: ไอดีซีฯ.

มณแทน ตันบุญต่อ. (2540). **หลักการออกแบบ.** มหาสารคาม: ภาควิชาหัตถศึกษา และอุตสาหกรรมศิลป์ สถาบันราชภัฏมหาสารคาม, 2542

มูลนิธิบ้านหมายิ้ม. (2565). **สร้างศูนย์เรียนรู้ และดูแลสุนัขบ้านหมายิ้ม.** สืบค้นเมื่อ 20 ธันวาคม 2567, จาก : https://taejai.com/th/campaigner/org-1027

วรพงศ์ วรชาติอุดมพงศ์. (2538). **ออกแบบกราฟิก**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: รุ่งเรืองสาส์นการพิมพ์.

ศักดิ์ชัย เกียรตินาคินทร์. (2553). **@design : หลักการออกแบบศิลปะ principles of design.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : ไว้ลาย, 2553

สุมิตรา ศรีวิบูลย์. (2547). **การออกแบบอัตลักษณ์.** นนทบุรี: เอ-บุ๊ค ดิสทริบิวชั่น.

อารยะ ศรีกัลยาณบุตร. (2541). **การออกแบบตราสัญลักษณ์.** กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ออกแบบชุดกิจกรรมจากยางพาราสำหรับส่งเสริมพัฒนาการเด็กปฐมวัย

ศศิธร สุขถนอม[1*] และชลธิดา เกษเพชร

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องออกแบบชุดกิจกรรมจากยางพาราสำหรับส่งเสริมพัฒนาการเด็กปฐมวัย มีวัตถุประสงค์ (1) ศึกษาพฤติกรรมเด็กและพัฒนาการเด็กในช่วงปฐมวัย (2) ออกแบบชุดกิจกรรมสำหรับส่งเสริมพัฒนาการเด็กช่วงปฐมวัย (3) ประเมินประสิทธิภาพชุดกิจกรรมสำหรับส่งเสริมพัฒนาการเด็กช่วงปฐมวัย โดยวิธีเก็บรวบรวมข้อมูลและนำมาวิเคราะห์ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการเก็บข้อมูลผ่านการสัมภาษณ์กและการสำรวจพฤติกรรมรวมถึงความสนใจของกลุ่มเป้าหมาย ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และใช้เป็นแนวทางในการออกแบบชุดกิจกรรมตัวต่อจากยางพารา เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ของเด็กปฐมวัยผ่านกระบวนการเรียนรู้จากประสบการณ์ตรง ได้ออกแบบชุดกิจกรรมภายใต้แนวคิด “โลกใต้ทะเล” โดยใช้โฟมยางพาราเป็นวัสดุหลักในการผลิตชิ้นส่วน ซึ่งมีคุณสมบัติยืดหยุ่น ปลอดภัย และเหมาะสมกับการใช้งานของเด็กในช่วงวัยปฐมวัย การใช้ชุดกิจกรรมจากยางพาราจึงเครื่องมือที่ช่วยเชื่อมโยงจินตนาการของเด็กเข้ากับธรรมชาติรอบตัว อีกทั้งยังแสดงให้เห็นว่าวัสดุยางพาราสามารถนำมาพัฒนาต่อยอดเป็นของเล่นเพื่อการเรียนรู้ที่มีคุณภาพและเหมาะสมกับเด็กปฐมวัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ สรุปผลการประเมินความพึงพอใจในการออกแบบชุดกิจกรรมจากยางพาราเพื่อส่งเสริมพัฒนาการเด็กปฐมวัย โดยมีความพึงพอใจด้านการออกแบบสำหรับเด็กในช่วงอายุ3-5ปีมีค่าเฉลี่ยรวม $\bar{X}$ 4.17 (S.D.=3.03) ความคิดสร้างสรรค์ $\bar{X}$ 4.91 (S.D.=0.29) ความสวยงามและความน่าสนใจ $\bar{X}$ 4.88 (S.D.=0.33) แสดงให้เห็นว่าชุดกิจกรรมจากวัสดุยางพาราที่ออกแบบขึ้นสามารถส่งเสริมพัฒนาการของเด็กปฐมวัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: น้ำยางข้น โฟมยาง STEMs (สะเต็ม) ชุดกิจกรรมตัวต่อ

---

[1] นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาศิลปะการออกแบบ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ, สงขลา, 90000

[2] อาจารย์ สาขาศิลปะการออกแบบ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ, สงขลา, 90000

[1] Undergraduate Student, Design Arts, Faculty of Fine Arts, Thaksin University, Songkhla, 90000

[2] Lecturer, Design Arts, Faculty of Fine Arts, Thaksin University, Songkhla, 90000

* Corresponding Author: sasitroneiei34@gmail.com, Tel: 062-380-9314

Design of a Para rubber activity set for enhancing development in early childhood

Sasitorn Sukthanom, Chonthida Ketphet

Abstract

This research aimed to (1) study the behaviors and developmental characteristics of early childhood children, (2) design an activity set to promote early childhood development, and (3) evaluate the effectiveness of the designed activity set. Data were collected through interviews and behavioral observations, focusing on the interests and activities of the target group. The findings were analyzed using mean scores and standard deviations. The activity set was developed under the concept of the "Underwater World," using natural rubber foam as the primary material due to its flexibility, safety, and suitability for children aged 3–5 years. The set is designed to foster problem-solving skills and creativity through hands-on, experiential learning. Furthermore, it demonstrates the potential of natural rubber as an eco-friendly material that can be transformed into high-quality educational toys suitable for early childhood development. The satisfaction evaluation showed high levels of approval: design suitability for children aged 3–5 received a mean score of $\bar{x}$ = 4.17 (S.D. = 3.03); creativity, $\bar{x}$ = 4.91 (S.D. = 0.29); and aesthetics and attractiveness, $\bar{x}$ = 4.88 (S.D. = 0.33). These results indicate that the rubber-based activity set effectively supports multiple aspects of early childhood development.

Keywords: Concentrated latex , Rubber Foam , STEM education encourages critical thinking and innovation , Activity set in the form of building blocks

บทนำ

เด็กปฐมวัยนับเป็นทรัพยากรมนุษย์ที่สำคัญต่อการพัฒนาประเทศในอนาคต การส่งเสริมให้เด็กเติบโตเป็นผู้ใหญ่ที่มีคุณภาพจำเป็นต้องอาศัยพัฒนาการที่สมบูรณ์ในทุกด้าน ทั้งร่างกาย จิตใจ อารมณ์ สังคม และสติปัญญา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงวัย 3–5 ปี ซึ่งเป็น “ช่วงโอกาสทองของชีวิต” ที่สมองและทักษะต่าง ๆ พัฒนาอย่างรวดเร็ว หากไม่ได้รับการส่งเสริมที่เหมาะสม หรือได้รับผลกระทบจากปัจจัยลบ อาจทำให้เกิดความบกพร่องทางพัฒนาการได้ (สำนักส่งเสริมสุขภาพ กรมอนามัย , ประภาภรณ์ จังพานิช, 2566) ข้อมูลจากสำนักงานส่งเสริมสุขภาพในปี พ.ศ. 2542 ระบุว่า เด็กปฐมวัยมีพัฒนาการโดยรวมปกติทุกด้านเพียงร้อยละ 71.69 ขณะที่อีกร้อยละ 28.1 มีแนวโน้มล่าช้า โดยเฉพาะด้านภาษา กล้ามเนื้อมัดเล็ก และการปรับตัวในสังคม ซึ่งทักษะเหล่านี้ถือเป็นพื้นฐานสำคัญของพัฒนาการด้านสติปัญญา และมีผลต่อกระบวนการเรียนรู้ในอนาคต หากเด็กไม่ได้รับการส่งเสริมตั้งแต่วัยเยาว์จะเป็นการสูญเสียโอกาสพัฒนาสมองในช่วงเวลาสำคัญที่เรียกว่า “หน้าต่างแห่งโอกาส” (นิตยา คชภักดี, 2543) นอกจากนี้การเลือกวัสดุและสภาพแวดล้อมในการเล่นจึงต้องปลอดภัยเหมาะสม การออกแบบกิจกรรมส่งเสริมพัฒนาการจึงควรพิจารณาทั้งด้านสุขภาพและการเรียนรู้ควบคู่กันไป พัฒนาการด้านต่าง ๆ ที่สำคัญในช่วงวัยนี้ ได้แก่ ด้านร่างกาย ต้องการการเสริมสร้างกล้ามเนื้อมัดเล็กและมัดใหญ่ผ่านกิจกรรมเคลื่อนไหว เช่น การต่อบล็อก การเล่นกลางแจ้ง ด้านสติปัญญา เริ่มคิดอย่างมีเหตุผลและแก้ปัญหาได้ดีขึ้น ควรได้รับการกระตุ้นผ่านกิจกรรมที่เน้นการคิด เช่น การออกแบบบล็อก ด้านสังคมและอารมณ์ การเล่นแบบกลุ่มช่วยส่งเสริมการสื่อสาร การจัดการอารมณ์ และการทำงานร่วมกัน ด้านการคิดสร้างสรรค์ การเล่นแบบต่อบล็อกช่วยส่งเสริมจินตนาการ และการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ทั้งนี้การคิดแก้ปัญหาเป็นทักษะสำคัญที่เด็กควรได้รับการฝึกฝนตั้งแต่วัยปฐมวัย ผ่านการเล่นและกิจกรรมที่กระตุ้นให้เกิดการลองผิดลองถูก การสังเกต และการใช้เหตุผล (ประพันศิริ สุเสารัจ, 2560; วศิณีย์ อิศรเสนา ณ อยุธยา, 2560)

ขอบเขตการวิจัย

กลุ่มประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ผู้สอนระดับชั้นปฐมวัยมีจุดมุ่งหมายเพื่อเก็บรวบรวบข้อมูลรายละเอียดต่างๆ เกี่ยวกับพฤติกรรมของเด็กในช่วงวัย 3-5 ปี ซึ่งทำให้มีข้อมูลในการอออกแบบชุดกิจกรรมสำหรับส่งเสริมพัฒนาการเด็กปฐมวัยได้ดียิ่งขึ้นและกลุ่มนักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ชั้นปฐมวัย ศูนย์เด็กเล็กเทศบาลบางจากรวม จำนวน 32 คน

นิยามศัพท์เฉพาะ

1.น้ำยางข้น Concentrated Latex) น้ำยางธรรมชาติที่ผ่านกระบวนการเพิ่มความเข้มข้นให้มีเนื้อยางประมาณ 60%

2.โฟมยาง (Rubber Foam) ผลิตภัณฑ์จากยางธรรมชาติที่มีลักษณะเป็นรูพรุน เหมาะสำหรับทำของเล่นและสื่อการเรียนรู้

3.STEM สำหรับเด็กปฐมวัย แนวทางการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ผ่านการเล่นและการทดลอง

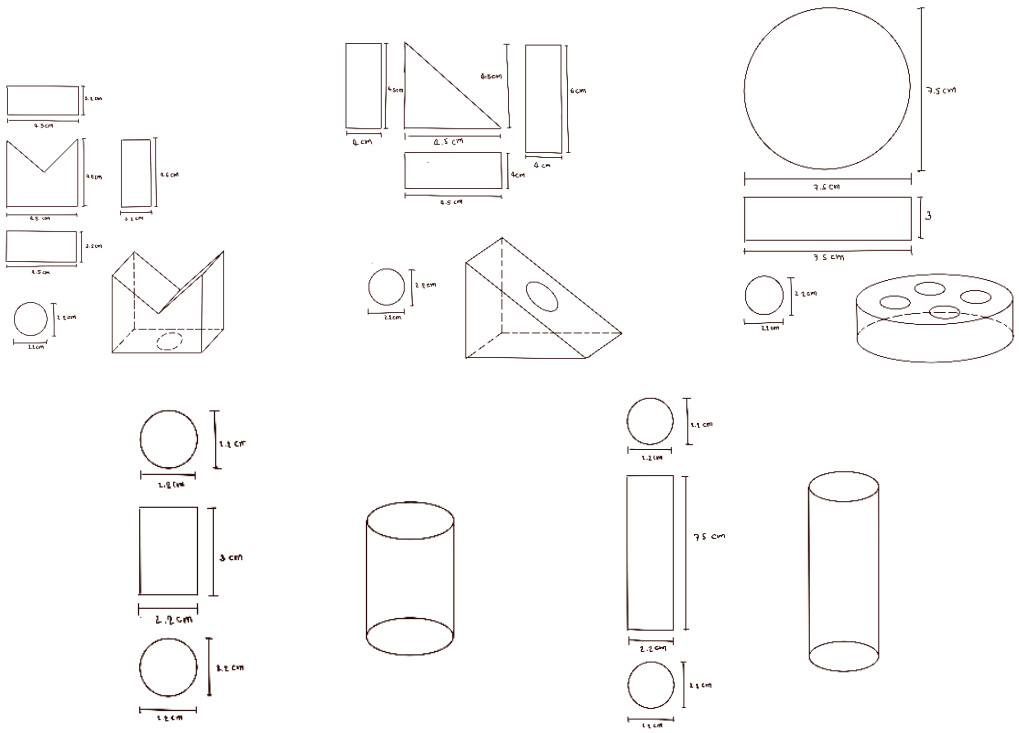
4. ชุดกิจกรรมรูปแบบตัวต่อ ของเล่นที่สามารถถอดประกอบได้อย่างอิสระ ช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ การประสานงาน และกล้ามเนื้อมัดเล็ก โดยใช้วัสดุยางพาราที่ปลอดภัยต่อเด็ก

วิธีดำเนินการวิจัย

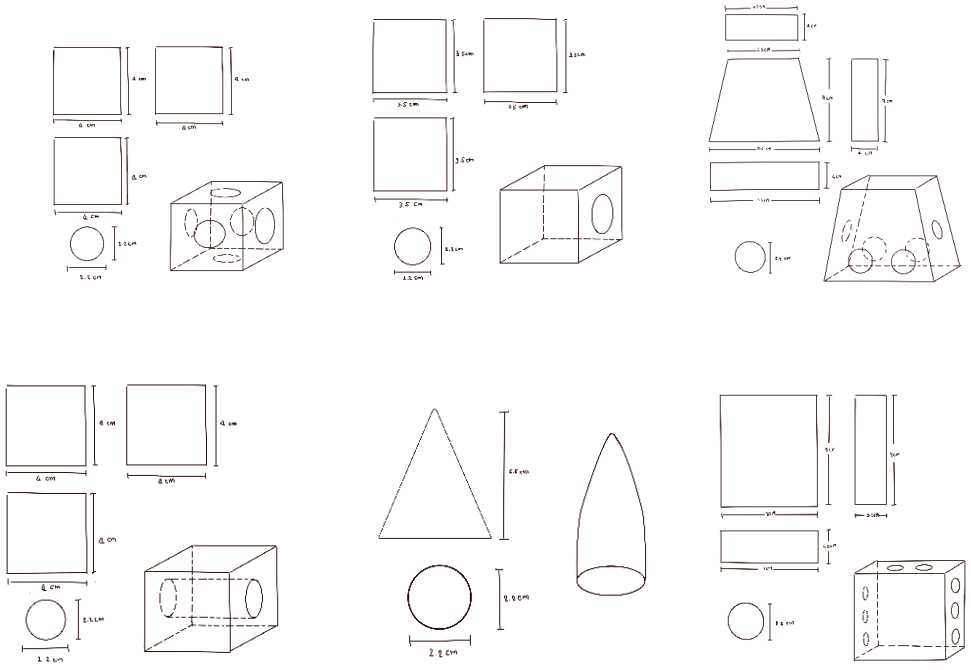
การออกแบบชุดกิจกรรมจากยางพาราสำหรับส่งเสริมพัฒนาการเด็กปฐมวัยมีขั้นตอนการดำเนินการ 3 ขั้นตอน คือ การออกแบบผลิตภัณฑ์ การสร้างแม่พิมพ์และขึ้นรูปแม่พิมพ์โดยใช้ปูนปลาสเตอร์ การเตรียมน้ำยางข้นและขึ้นรูปชิ้นส่วนของตัวต่อ โดยมีรายละเอียดการดำเนินการวิจัยแต่ละขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การออกแบบผลิตภัณฑ์ชุดกิจกรรมยางพารา ภายใต้แนวคิด “โลกใต้ทะเล” มีเป้าหมายเพื่อส่งเสริมพัฒนาการของเด็กปฐมวัยผ่านการเล่นที่กระตุ้นจินตนาการ ความคิดสร้างสรรค์ และการเรียนรู้เชิง ได้ออกแบบชุดกิจกรรมภายใต้แนวคิด “โลกใต้ทะเล” โดยใช้โฟมยางพาราเป็นวัสดุหลักในการผลิตชิ้นส่วน ซึ่งมีคุณสมบัติยืดหยุ่น ปลอดภัย และเหมาะสมกับการใช้งานของเด็กในช่วงวัยปฐมวัย ลักษณะของชิ้นส่วนตัวต่อมีรูปทรงพื้นฐานที่เข้าใจง่าย ออกแบบข้อต่อเป็นวงกลมและชิ้นส่วนทรงกระบอกที่สามารถเชื่อมต่อกันได้ทุกชิ้นส่วน โดยออกแบบให้สามารถต่อประกอบเป็นสัตว์ทะเลในรูปแบบที่เรียบง่ายและสอดคล้องกับระดับพัฒนาการของเด็ก ได้แก่ ปู เต่า ปลา ปะการัง และหอยเม่น รวมทั้งหมด 5 แบบ ภายใต้ชื่อเซ็ตว่า “ทะเลใต้” ซึ่งเปิดโอกาสให้เด็กสามารถประกอบตามแบบหรือสร้างสรรค์รูปแบบใหม่ตามจินตนาการได้อย่างอิสระ แรงบันดาลใจในการออกแบบชิ้นส่วนตัวต่อ ทั้งในแง่ของรูปทรง สีสัน เป็นการปลูกฝังให้เด็กเกิดความรักและหวงแหนสิ่งแวดล้อมทางทะเลตั้งแต่เยาว์วัย อีกทั้งยังสะท้อนอัตลักษณ์ของพื้นที่ภาคใต้ซึ่งมีความสัมพันธ์กับทะเลในเชิงวิถีชีวิต เศรษฐกิจ และวัฒนธรรมอีกด้วย

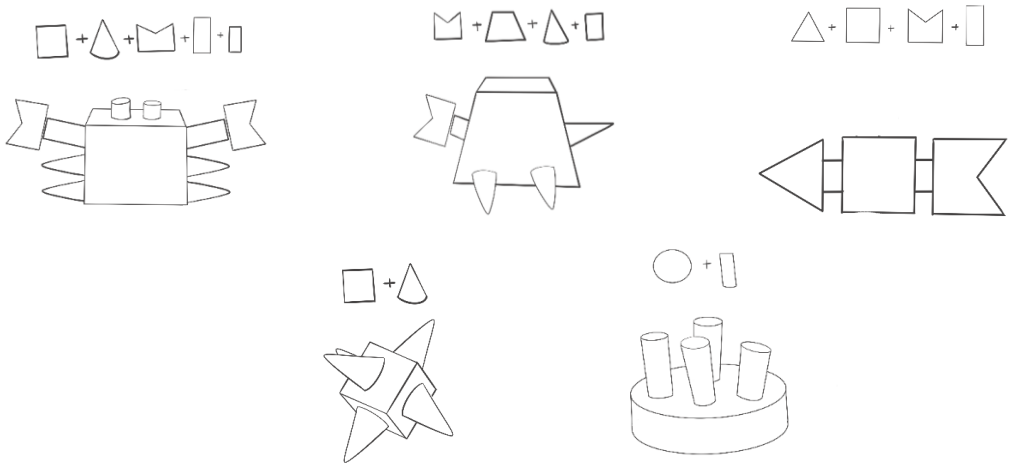
การออกแบบชิ้นส่วนตัวต่อและแบบร่าง มีทั้งหมด 11 ชิ้นส่วน เป็นรูปทรงต่างๆที่มีรูสำหรับใส่ข้อต่อที่เป็นทรงกระบอกซึ่งเป็นชิ้นส่วนในกานต่อเข้ากับชิ้นส่วนอื่นๆจะทำให้สามารถใช้ส่วนข้อต่อต่อทุกชิ้นส่วนเข้ากันได้ตามจินตนาการออกแบบให้ต่อตามรูปแบบได้ทั้งหมด 5 รูปแบบ โดยมี ปู เต่า ปลา หอยเม่น และปะการัง



ภาพที่ 4.1 ภาพร่างชิ้นส่วนต่างๆ ทั้งหมด 11 ชิ้นส่วน (1)



ภาพที่ 4.1 ภาพร่างชิ้นส่วนต่างๆ ทั้งหมด 11 ชิ้นส่วน (2)



ภาพที่ 4.2 ภาพร่างรูปแบบการต่อโดยมี ปู เต่า ปลา หอยเม่น ปะการัง

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างแม่พิมพ์และขึ้นรูปแม่พิมพ์จากปูนปลาสเตอร์ ออกแบบแม่พิมพ์โดยใช้แม่พิมพ์แบบประกบ เพื่อขึ้นรูปเป็นรูปทรงต่างๆตามที่ได้ออกแบบ โดยที่ออกแบบแม่พิมพ์ 2 ชิ้น (ซ้าย-ขวา),(บน-ล่าง) โดยให้มีสลักและใช้สายรัดยึดเพื่อป้องกันแรงดันจากการขยายตัวของโฟมยาง ขณะทำ การนึ่ง เมื่อนำแม่พิมพ์ทั้งสองชิ้นมาประกบกันจะมีรูปทรงตามที่ออกแบบ และแม่พิมพ์ออกแบบให้มีช่องสำหรับเทน้ำยาง ดังภาพที่ 4.3

ขั้นตอนที่ 3 การเตรียมน้ำยางข้นและขึ้นรูป น้ำยางข้นมีสูตรการผสมดังตารางที่ 4.13 โดยเริ่มจากการกวนน้ำยางข้น (60% HA Latex) ด้วยเครื่องกวนสาร 1 นาทีเพื่อกำจัดแอมโมเนียที่อยู่ในน้ำยางข้น เติมสารช่วยให้เกิดฟอง (20% K-oleate) ลงในน้ำยางข้น จากนั้นกวนน้ำยางต่อเนื่องด้วยความเร็วที่มาขึ้นเติมสี จากนั้นกวนน้ำยางต่อเนื่องด้วยความเร็วคงที่ทำการเติมสารทำให้ยางคงรูป (50% Sulphur) สารตัวเร่ง (50% ZMBT) (50%ZDEC) และสารป้องกันการเสื่อมสภาพ (50%

Wingstay L) จากนั้นกวนต่อ 1 นาทีเพื่อให้สารเคมีกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอและทำให้เกิดฟองละเอียด ปั่นต่อด้วยความเร็วคงที่ 1 นาที หลังจากนั้นทำการเติมสารกระตุ้น (50% ZnO) และสารตัวเร่ง (30% DPG) กวนน้ำยางต่อด้วยความเร็วคงที่ 1 นาที เพื่อให้สารเคมีกระจายตัว ทำการเติมสารช่วยให้ฟองจับตัว (20% SSF) ตีฟองจนสารเคมีกระจายตัวอย่างทั่วถึงด้วยความเร็วคงที่อีก 30วินาที จึงเทใส่แม่พิมพ์ปล่อยให้ยางเกิดเจล 3 นาทีหลังจากนั้นนำไปนึ่งที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที แกะชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ จากนั้นทำการอบให้ความร้อนด้วยตู้อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

ภาพแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์

Materials	Wet weight (g)
60% HA Latex	167
20%K-oleate	10
50% Sulphur	6
40% ZDEC	6
50% ZMBT	6
50% Wingstay L	2
50% ZnO	10
30% DPG	5
20% SSF	5

ตารางสูตรการผสมน้ำยางข้น

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

สรุปผลการวิจัยและข้อแนะนำ การออกแบบชุดกิจกรรมจากยางพาราสำหรับส่งเสริมพัฒนาการเด็กปฐมวัย ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ การออกแบบผลิตภัณฑ์ การสร้างแม่พิมพ์และขึ้นรูปแม่พิมพ์โดยใช้ปูนปลาสเตอร์ การเตรียมน้ำยางข้นและขึ้นรูปชิ้นส่วนของตัวต่อ การเตรียมน้ำยางข้นพร้อมผสมสารเคมีตามสูตรมาตรฐาน ก่อนเทลงแม่พิมพ์และผ่านกระบวนการนึ่งและอบแห้ง ผลการทดลองใช้สีผสมกับน้ำยางพาราเพื่อขึ้นรูปชิ้นส่วนพบว่าสีสำหรับผสมยางพาราให้ความ

แข็งตัวได้ดี สีอะคริลิคสามารถใช้ในการขึ้นรูปได้ดี และสีผสมอาหารติดสีน้อยและหลุดง่าย พบว่าการเลือกใช้สีอะคริลิคในการขึ้นรูปชิ้นส่วนเหมาะสมที่สุด เนื่องจากสามารถผสมเพื่อเพิ่มเฉดสีให้กับชิ้นงานได้หลากหลายและเข้ากับยางพาราได้ดีแสดงให้เห็นว่าแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์สามารถใช้ขึ้นรูปได้ดี และการเลือกสีมีผลต่อคุณสมบัติของชิ้นงานที่ได้

การออกแบบชุดกิจกรรมจากยางพาราสำหรับส่งเสริมพัฒนาการเด็กปฐมวัยจากการสอบถามความพึงพอใจ ผู้วิจัยพบว่าผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมายที่มีผลต่อผลงานการออกแบบชุกิจกรรมจากยางพาราสำหรับส่งเสริมพัฒนาการเด็กปฐมวัยมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดีค่าเฉลี่ย4.17 และความพึงพอใจสามลำดับแรกคือความคิดสร้างสรรค์ค่าเฉลี่ย 4.91 รองลงมาคือความสวยงามและความน่าสนใจ ค่าเฉลี่ย 4.88 รองลงมาคือความเหมาะสมของภาพประกอบค่าเฉลี่ย4.79

จากการทดลองใช้ผลิตภัณฑ์ต้นแบบชุดกิจกรรมจากยางพาราเพื่อส่งเสริมพัฒนาการเด็กปฐมวัย พบว่าเด็กอายุ **3–5** ปีส่วนใหญ่ยังไม่สามารถเก็บของเล่นได้อย่างเป็นระเบียบ เนื่องจากอยู่ในช่วงพัฒนาการที่ยังต้องเรียนรู้เรื่องความรับผิดชอบและวินัย ผู้วิจัยจึงปรับเปลี่ยนบรรจุภัณฑ์จากกล่องเป็นถุงตาข่าย เพื่อให้สอดคล้องกับพฤติกรรมของเด็กวัยดังกล่าว ช่วยให้จัดเก็บชิ้นส่วนได้ง่าย พกพาสะดวก และเหมาะสมต่อการใช้งานในครั้งต่อไป

สรุปผลการวิจัย

สรุปผลการวิจัยและข้อแนะนำ การออกแบบชุดกิจกรรมจากยางพาราสำหรับส่งเสริมพัฒนาการเด็กปฐมวัย ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ การออกแบบผลิตภัณฑ์ การสร้างแม่พิมพ์และขึ้นรูปแม่พิมพ์โดยใช้ปูนปลาสเตอร์ การเตรียมน้ำยางข้นและขึ้นรูปชิ้นส่วนของตัวต่อ การเตรียมน้ำยางข้นพร้อมผสมสารเคมีตามสูตรมาตรฐาน ก่อนเทลงแม่พิมพ์และผ่านกระบวนการนึ่งและอบแห้ง ผลการทดลองใช้สีผสมกับน้ำยางพาราเพื่อขึ้นรูปชิ้นส่วนพบว่าสีสำหรับผสมยางพาราให้ความแข็งตัวได้ดี สีอะคริลิคสามารถใช้ในการขึ้นรูปได้ดี และสีผสมอาหารติดสีน้อยและหลุดง่าย พบว่าการเลือกใช้สีอะคริลิคในการขึ้นรูปชิ้นส่วนเหมาะสมที่สุด เนื่องจากสามารถผสมเพื่อเพิ่มเฉดสีให้กับชิ้นงานได้หลากหลายและเข้ากับยางพาราได้ดีแสดงให้เห็นว่าแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์สามารถใช้ขึ้นรูปได้ดี และการเลือกสีมีผลต่อคุณสมบัติของชิ้นงานที่ได้

ผลงานการออกแบบชุดกิจกรรมจากยางพาราเพื่อส่งเสริมพัฒนาการเด็ก

อ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ.(2552).**รูปแบบการกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับเด็กปฐมวัยอายุ3-5ปี.**สำนักงานเลขาธิการการศึกษา. สืบค้นจาก https://backoffice.onec.go.th/file.pdf

จิตติมา ดำรงวัฒนะ,เดโช แขน้ำแก้ว,พัชราภรณ์ ขุนรัง,อุดมศักดิ์ เดโชชัย.(2562).**ยางเครป: กระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์. จากยางพารา กรณีศึกษา ชุมชนลานข่อย หมู่ที่ 3ตำบลลานข่อย อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง.**เอกสารรายงานวิจัยท้องถิ่น (หน้า 16–31).

นูรียะห์ บือนีมะเร๊ะ, นุรฮีซาตีฮ์ โฉมอุภัย, ซาฟีรา หะยียูนุ, อับดุลอานัส ยือโระ, นูรซูฮาดา บินดุลเล๊าะ,และดาริกา จาเอาะ (2566). **การพัฒนากระบวนการขึ้นรูปบอลยางพาราโดยใช้แม่พิมพ์ จากเครื่องพิมพ์สามมิติ.** ในรายงานสืบเนื่องจากงานประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเครือข่ายภาคใต้ ครั้งที่ 8 และงานประชุมวิชาการระดับนานาชาติด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเครือข่ายภาคใต้ ครั้งที่ 1 (หน้า 1046–1054).คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

ปฏิมาภรณ์ สังข์น้อย, อิศยาณัท แก้วประดับ, พเยาว์ ร่มรื่นสุขารมย์, พรทิพย์ ประกายมณีวงศ์, ภัทรียา เอื้อสว่างพร, จรัสศรี พันธ์ไม้ และสุรชัย ศิริพัฒน์. (2564). **แนวทางการพัฒนาคุณภาพน้ำยางข้นเพื่อการส่งออก** กรุงเทพมหา-นคร:กรมวิชาการเกษตร.

มนัสกร แยม้เกตุ, ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา,สมชาย เชะวิเศษ. (2563). **การออกแบบชุดของเล่นเสมือนจริงเพื่อส่งเสริมจินตนาการสำหรับเด็กปฐมวัย.** สืบค้นจาก https://so05.tci- thaijo.org/inde thaijo.org/index.php

อรุณี หรดาล. (2560). **พัฒนาการด้านร่างกายของเด็กปฐมวัย: แนวทางการส่งเสริมและพัฒนา.** วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ., 10(1), 100–110.

วิภาภรณ์ เสือพ่วง. (2564). **การพัฒนาแผ่นพื้นรองเท้าจากยางพาราผสมเปลือกมังคุด** (ปริญญานิพนธ์ปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์, สาขาวิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์).

อรุณี หรดาล. (2560). **พัฒนาการด้านร่างกายของเด็กปฐมวัย: แนวทางการส่งเสริมและพัฒนา.**วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ., 10(1), 100–110.

ภาคผนวก

คำสั่งมหาวิทยาลัยทักษิณ
ที่ 001/2568
เรื่อง คณะกรรมการฝ่ายวิชาการการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 36 ประจำปี 2568

ด้วยสถาบันวิจัยและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยทักษิณ กำหนดจัดการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 36 ประจำปี 2568 ภายใต้หัวข้อ นวัตกรรมที่ยั่งยืนเพื่อทุกคน : การพลิกฟื้นในยุคแห่งการเปลี่ยนแปลง "Sustainable Innovation for All: Resilience in a Disruptive Era" ดังนั้น เพื่อให้การเตรียมงานและการดำเนินการโครงการดังกล่าวเป็นไปด้วยความเรียบร้อยและสัมฤทธิ์ผล อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 31 แห่งพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยทักษิณ พ.ศ. 2551 ประกอบกับคำสั่งมหาวิทยาลัยทักษิณ ที่ 0355/2567 ลงวันที่ 31 มกราคม พ.ศ. 2567 เรื่อง มอบอำนาจและภารกิจให้รองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและนวัตกรรม ปฏิบัติหน้าที่แทนอธิการบดี จึงแต่งตั้งบุคคลเป็นคณะกรรมการฝ่ายวิชาการการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 36 มหาวิทยาลัยทักษิณ ประจำปี 2568 รายนามดังนี้

1. รองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและนวัตกรรม (รองศาสตราจารย์ ดร.สมัคร แก้วสุกแสง) มหาวิทยาลัยทักษิณ ประธานกรรมการ
2. ผู้ช่วยอธิการฝ่ายวิจัยและสื่อสารองค์กร (อาจารย์ ดร.ทิพย์ทิวา สัมพันธมิตร) มหาวิทยาลัยทักษิณ รองประธานกรรมการ
3. ผู้รักษาการแทนรองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและนวัตกรรม (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชคชัย เหมือนมาศ) กรรมการ
4. ผู้รักษาการแทนรองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและนวัตกรรม (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูมิน นุตรทัต) กรรมการ
5. ศาสตราจารย์ ดร.อนุรักษ์ ปัญญานุวัฒน์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก) กรรมการ
6. ศาสตราจารย์ ดร.อรอนงค์ นัยวิกุล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก) กรรมการ
7. ศาสตราจารย์ ดร.ปราณี อ่านเปรื่อง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก) กรรมการ
8. ศาสตราจารย์ ดร.พูนสุข ประเสริฐสรรพ์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก) กรรมการ

/9. ศาสตราจารย์...

9. ศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา เรืองแสง มหาวิทยาลัยขอนแก่น (ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก)	กรรมการ
10. ศาสตราจารย์ ดร.นรินทร์ สังข์รักษา มหาวิทยาลัยศิลปากร (ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก)	กรรมการ
11. รองศาสตราจารย์ ดร.โยธิน แสวงดี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก)	กรรมการ
12. รองศาสตราจารย์ ดร.สรรพสิทธิ์ กล่อมเกล้า มหาวิทยาลัยทักษิณ	กรรมการ
13. รองศาสตราจารย์ ดร.สรพงค์ เบญจศรี มหาวิทยาลัยทักษิณ	กรรมการ
14. รองศาสตราจารย์ ดร.พนิตา ก้งซุ่น มหาวิทยาลัยทักษิณ	กรรมการ
15. รองศาสตราจารย์ ดร.ศรชัย อินทะไชย มหาวิทยาลัยทักษิณ	กรรมการ
16. รองศาสตราจารย์ ดร.กุสุมาลย์ น้อยผา มหาวิทยาลัยทักษิณ	กรรมการ
17. รองศาสตราจารย์ ดร.โสมศิริ เดชารัตน์ มหาวิทยาลัยทักษิณ	กรรมการ
18. รองศาสตราจารย์ ดร.พัจลินจ์ จีนนุ่น มหาวิทยาลัยทักษิณ	กรรมการ
19. รองศาสตราจารย์ ดร.จตุพร แก้วอ่อน มหาวิทยาลัยทักษิณ	กรรมการ
20. รองศาสตราจารย์ ดร.พัศรเบศวร์ เวชวิริยะกุล มหาวิทยาลัยทักษิณ	กรรมการ
21. รองศาสตราจารย์ยอดชาย พรหมอินทร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ	กรรมการ
22. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ระวีวัฒน์ ไทยเจริญ มหาวิทยาลัยทักษิณ	กรรมการ
23. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธวัฒน์ชัย เทพนวล มหาวิทยาลัยทักษิณ	กรรมการ
24. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิงหา ประสิทธิ์พงศ์ มหาวิทยาลัยทักษิณ	กรรมการ

/24. ผู้ช่วยศาสตราจารย์...

25. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชลลดา แสงมณี ศิริสาธิตกิจ กรรมการ
    มหาวิทยาลัยทักษิณ
26. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรจันทร์ ศิริโชติ กรรมการ
    มหาวิทยาลัยทักษิณ
27. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุวัต สงสม กรรมการ
    มหาวิทยาลัยทักษิณ
28. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นเรศ ฉิมเรศ กรรมการ
    มหาวิทยาลัยทักษิณ
29. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อมรรัตน์ ถนนแก้ว กรรมการ
    มหาวิทยาลัยทักษิณ
30. หัวหน้าสำนักงานสถาบันวิจัยและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยทักษิณ เลขานุการ
31. นางสาวรานี ซุ่นเซ่ง ผู้ช่วยเลขานุการ
32. นางสาวกัญญณัชช์ เลียดรักษ์ ผู้ช่วยเลขานุการ

<u>หน้าที่และความรับผิดชอบ</u>

1. พิจารณารูปแบบการดำเนินกิจกรรมการนำเสนอผลงานวิชาการ
2. พิจารณารายละเอียดในการจัดประชุมวิชาการระดับชาติฯ ให้เป็นไปด้วยความเรียบร้อย
3. ดำเนินการพิจารณาคัดเลือกผลงานวิจัยเพื่อนำเสนอภาคบรรยาย และภาคโปสเตอร์
4. ตรวจสอบรูปแบบและความถูกต้องของบทความวิจัย และจัดทำรายงานการประชุมวิชาการระดับชาติ (proceedings)
5. กำหนดรายละเอียดการนำเสนอผลงานวิจัยเพื่อนำเสนอภาคบรรยาย และภาคโปสเตอร์

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้จนกว่าการดำเนินโครงการฯ จะเสร็จสิ้น

สั่ง ณ วันที่ 15 พฤษภาคม พ.ศ. 2568

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมัคร แก้วสุกแสง)
รองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและนวัตกรรม ปฏิบัติหน้าที่แทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยทักษิณ

คำสั่งมหาวิทยาลัยทักษิณ
ที่ 003/2568
เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการดำเนินงานการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ
ครั้งที่ 36 ประจำปี 2568

ด้วยสถาบันวิจัยและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยทักษิณ กำหนดการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 36 ประจำปี 2568 ดังนั้น เพื่อให้การเตรียมงานและการดำเนินการโครงการดังกล่าวเป็นไปด้วยความเรียบร้อยและสัมฤทธิ์ผล อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 27 และ 31 แห่งพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยทักษิณ พ.ศ. 2551 ประกอบกับคำสั่งมหาวิทยาลัยทักษิณ ที่ 0355/2567 ลงวันที่ 31 มกราคม พ.ศ. 2567 เรื่อง มอบอำนาจและภารกิจให้รองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและนวัตกรรม ปฏิบัติหน้าที่แทนอธิการบดี จึงแต่งตั้งบุคคลเป็นคณะกรรมการดำเนินงานการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 36 ประจำปี 2568 รายนามดังนี้

1. ฝ่ายเลขานุการ

1. รองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและนวัตกรรม	ที่ปรึกษา
2. ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและนวัตกรรม	ประธานกรรมการ
3. รองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและนวัตกรรม	รองประธานกรรมการ
4. หัวหน้าสำนักงานสถาบันวิจัยและนวัตกรรม	กรรมการ
5. นางสาวพิมพ์ณดา มณีวงค์	กรรมการ
6. นางชุติมา ยอดเกื้อ	กรรมการ
7. นางจินตนา หลงพงค์	กรรมการ
8. นางสาวขวัญใจ นิ่มดวง	กรรมการ
9. นางสาวจุฑาทิพย์ ชูช่วย	กรรมการ
10. นางสาวกัญญณัชช์ เลียดรักษ์	กรรมการ
11. นางสาวอรอนงค์ สักสงค์	กรรมการ
12. นางสาวณัฐณิชา งามสะพรั่ง	กรรมการ
13. นางสาววิภาวดี ว่องสาริการ	กรรมการ
14. นางอทิยาทร คงใหม่	กรรมการ

/14. ผู้ช่วย...

15. นางสาวปาริชาติ รอดปาน	กรรมการ
16. นางสาวปวิตา เหลือพงษ์	กรรมการ
17. นางสาวเกสราพร อินทสโร	กรรมการ
18. นางสาวสาลี รักแดง	กรรมการ
19. นางสาวจีรนันท์ ยังพัฒน์	กรรมการ
20. นางสาวลลิตวดี เจ้ยจู	กรรมการ
21. นายบาร์รอกัต ยะโก๊ะ	กรรมการ
22. นางสาวรานี ซุ่นเซ่ง	กรรมการและเลขานุการ
23. นางสาวสุนิษา วิเชียรบุตร	ผู้ช่วยเลขานุการ

หน้าที่และความรับผิดชอบ

- ประสานการจัดโครงการในภาพรวม อำนวยความสะดวกตลอดจนการจัดโครงการ และติดตามการดำเนินงานของฝ่ายต่าง ๆ ให้เป็นไปด้วยความเรียบร้อย
- จัดทำหนังสือติดต่อประสานหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย

2. ฝ่ายประชาสัมพันธ์

1. ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายวิจัยและสื่อสารองค์กร	ประธานกรรมการ
2. หัวหน้าสำนักงานสถาบันวิจัยและนวัตกรรม	กรรมการ
3. นางสาวไหมมู่หนั๊ะ สุกเส็ม	กรรมการ
4. นายกฤษดา สุวรรณการณ์	กรรมการ
5. นางสาวณัฐณิชา งามสะพรั่ง	กรรมการ
6. นางสาวรานี ซุ่นเซ่ง	กรรมการและเลขานุการ

หน้าที่และความรับผิดชอบ

- วางแผนการประชาสัมพันธ์จัดทำไฟล์โปสเตอร์ พร้อมจัดทำสื่อประชาสัมพันธ์ทุกชนิด
- ประชาสัมพันธ์โครงการผ่าน Website/face book/line ป้ายวิ่งของมหาวิทยาลัย

3. ฝ่ายวิชาการ

1. ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและนวัตกรรม	ประธานกรรมการ
2. หัวหน้าสำนักงานสถาบันวิจัยและนวัตกรรม	กรรมการ
3. นางสาวจีรนันท์ ยังพัฒน์	กรรมการ
4. นางสาวสาลี รักแดง	กรรมการ
5. นางสาวปาริชาติ รอดปาน	กรรมการ

/6. นางสาว...

6. นางสาววิภาวดี ว่องสาริการ กรรมการ
7. นางสาวรานี ซุ่นเซ่ง กรรมการและเลขานุการ

หน้าที่และความรับผิดชอบ

- ดำเนินการรวบรวมผลงานใน Session และจัดส่งผลงานให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินผ่านระบบการประชุมวิชาการฯ
- รวบรวมและจัดทำไฟล์เล่ม Abstract Book/Proceedings
- จัดเตรียมเกียรติบัตร สำหรับผู้นำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยาย และภาคโปสเตอร์

4. ฝ่ายตัดสินผลงานภาคบรรยาย

1. นางสาวรานี ซุ่นเซ่ง ประธานกรรมการ
2. นางสาวจีรนันท์ ยังพัฒน์ กรรมการ
3. นางสาวสาลี รักแดง กรรมการ
4. นางสาวณัฐณิชา งามสะพรั่ง กรรมการ
5. นางสาววิภาวดี ว่องสาริการ กรรมการและเลขานุการ

หน้าที่และความรับผิดชอบ

- ดำเนินการรวบรวมผลงานใน Session และจัดลำดับการนำเสนอผลงานในแต่ละ Session
- จัดเตรียมแบบประเมินผลงานภาคบรรยายให้ผู้ทรงคุณวุฒิแต่ละ Session และข้อปฏิบัติการนำเสนอ
- จัดเตรียมอุปกรณ์ใน Session

5. ฝ่ายตัดสินผลงานภาคโปสเตอร์

1. นางจินตนา หลงพงค์ ประธานกรรมการ
2. นางสาวจีรนันท์ ยังพัฒน์ กรรมการ
3. นางสาวสาลี รักแดง กรรมการและเลขานุการ

หน้าที่และความรับผิดชอบ

- ดำเนินการรวบรวมผลงานใน Session และจัดลำดับการนำเสนอผลงานภาคโปสเตอร์
- จัดเตรียมอุปกรณ์ภาคโปสเตอร์ แบบประเมินผลงานภาคโปสเตอร์ ให้ผู้ทรงคุณวุฒิภาคโปสเตอร์ และข้อปฏิบัติการนำเสนอผลงานวิจัยภาคโปสเตอร์

6. ฝ่ายพิธีการ

1. ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและนวัตกรรม ที่ปรึกษา
2. นางสาวพิมพ์ณดา มณีวงค์ ประธานกรรมการ

/3. หัวหน้า...

3. หัวหน้าสำนักงานสถาบันวิจัยและนวัตกรรม	กรรมการ
4. นางสาวขวัญใจ นิ่มดวง	กรรมการ
5. นางสาวจุฑาทิพย์ ชูช่วย	กรรมการ
6. นางสาวรานี ซุ่นเซ่ง	กรรมการ
7. นางสาวปวิตา เหลือพงษ์	กรรมการ
8. นางสาวอรอนงค์ สักสงค์	กรรมการ
9. นางสาวลลิตวดี เจ้ยจู	กรรมการและเลขานุการ

หน้าที่และความรับผิดชอบ

- ดำเนินการด้านพิธีการ พิธีกร ในช่วงพิธีเปิดและพิธีปิด ให้เป็นไปด้วยความเรียบร้อย
- ร่างคำกล่าวต้อนรับ คำกล่าวรายงาน คำกล่าวเปิด สำหรับพิธีเปิด
- จัดเตรียมประวัติ ไฟล์ข้อมูลในการบรรยายของวิทยากร
- ดำเนินการมอบรางวัลการนำเสนอผลงานเด่น

7. ฝ่ายสถานที่ และโสตทัศนูปกรณ์

1. ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายสื่อสารองค์กรและนวัตกรรม	ประธานกรรมการ
2. นายปรเมศว์ กาแก้ว	กรรมการ
3. นายปรณรรท์ ก้องพลานนท์	กรรมการ
4. นายวิทยา สันบู	กรรมการ
5. นายนฤเศรษฐ์ พิริยชัยหิรัญ	กรรมการ
6. นายญาณวุฒิ สุนทรกิจ	กรรมการ
7. นางสาววิภาวดี ว่องสาริการ	กรรมการ
8. นางสาวรานี ซุ่นเซ่ง	กรรมการและเลขานุการ

หน้าที่และความรับผิดชอบ

- ดำเนินการกำหนดแนวทางและรูปแบบการนำเสนอผลงาน และอำนวยความสะดวกเกี่ยวกับประสานสถานที่การจัดประชุม
- ประสานในห้องประชุมย่อย และอำนวยความสะดวกการจัดสื่อและอุปกรณ์ประกอบการนำเสนอผลงาน
- เผยแพร่และถ่ายทอดข่าวสารกิจกรรมของการประชุมในหลากหลายช่องทางสื่อ ทั้งบุคลากรภายในและบุคลากรภายนอก

/8. ฝ่ายการเงิน...

8. ฝ่ายการเงินและพัสดุ

1. ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและนวัตกรรม	ประธานกรรมการ
2. นางสาวรานี ซุ่นเซ่ง	กรรมการ
3. นางสาวปวิตา เหลือพงษ์	กรรมการ
4. นางสาวสุนิษา วิเชียรบุตร	กรรมการและเลขานุการ

หน้าที่และความรับผิดชอบ

- กำกับดูแลการดำเนินการเบิกจ่ายในเงินของโครงการให้เป็นไปตามระเบียบ/ข้อบังคับ/หลักเกณฑ์วิธีการและ/หรือข้อตกลงที่เกี่ยวข้อง
- รับเงินค่าลงทะเบียนพร้อมออกใบสำคัญรับเงิน
- จ่ายค่าตอบแทนผู้ทรงคุณวุฒิ
- รวบรวมหลักฐานการเบิกจ่ายเงินและสรุปค่าใช้จ่ายเพื่อรายงานมหาวิทยาลัย

9. ฝ่ายยานพาหนะและห้องพักรับรอง

1. นางสาวรานี ซุ่นเซ่ง	ประธานกรรมการ
2. นางสาวอรอนงค์ สักสงค์	กรรมการ
3. นางสาวสุนิษา วิเชียรบุตร	กรรมการและเลขานุการ

หน้าที่และความรับผิดชอบ

- จองรถให้ผู้ทรงคุณวุฒิ
- ประสานเรื่องการจองห้องพักของผู้เข้าร่วมประชุม

10. ฝ่ายอาหาร

1. นางชุติมา ยอดเกื้อ	ประธานกรรมการ
2. นางสาววิภาวดี ว่องสาริการ	กรรมการ
3. นางสาวปวิตา เหลือพงษ์	กรรมการ
4. นางอทิยาทร คงใหม่	กรรมการ
5. นางสาวกัญญณัชช์ เลียดรักษ์	กรรมการ
6. นางสาวรานี ซุ่นเซ่ง	กรรมการและเลขานุการ

หน้าที่และความรับผิดชอบ

- จัดเตรียมอาหารว่าง และอาหารกลางวันตลอดงานประชุม

/11. ฝ่าย...

11. ฝ่ายลงทะเบียนและจัดทำเอกสารการประชุม

1. นางสาวสุนิษา วิเชียรบุตร	ประธานกรรมการ
2. นางจินตนา หลงพงค์	กรรมการ
3. นางสาวปวิตา เหลือพงษ์	กรรมการ
4. นางสาววิภาวดี ว่องสาริการ	กรรมการ
5. นางสาวรานี ซุ่นเซ่ง	กรรมการและเลขานุการ

หน้าที่และความรับผิดชอบ

- รวบรวมรายชื่อผู้เข้าร่วมประชุม จัดทำไฟล์เล่มประกอบการประชุม และเอกสารอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง
- จัดเตรียม พิมพ์ และประสานเกี่ยวกับเกียรติบัตร ของที่ระลึก เป็นต้น
- จัดส่งเอกสารให้กับผู้เข้าร่วมประชุม

12. ฝ่ายประเมินผล

1. นางสาวรานี ซุ่นเซ่ง	ประธานกรรมการ
2. นางสาวณัฐณิชา งามสะพรั่ง	กรรมการ
3. นางสาวสาลี รักแดง	กรรมการ
4. นางจินตนา หลงพงค์	กรรมการและเลขานุการ

หน้าที่และความรับผิดชอบ ดำเนินการประเมินผลการจัดโครงการ และจัดทำรายงานเสนอมหาวิทยาลัย

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้จนกว่าการดำเนินโครงการฯ จะเสร็จสิ้น

สั่ง ณ วันที่ 1 กรกฎาคม พ.ศ. 2568

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมัคร แก้วสุกแสง)
รองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและนวัตกรรม ปฏิบัติหน้าที่แทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยทักษิณ

คำสั่งมหาวิทยาลัยทักษิณ
ที่ 002/2568
เรื่อง แต่งตั้งผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาตัดสินรางวัลการนำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยายและภาคโปสเตอร์ การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 36 ประจำปี 2568

ด้วยสถาบันวิจัยและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยทักษิณ กำหนดจัดการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 36 ประจำปี 2568 ภายใต้หัวข้อ นวัตกรรมที่ยั่งยืนเพื่อทุกคน : การพลิกฟื้นในยุคแห่งการเปลี่ยนแปลง "Sustainable Innovation for All: Resilience in a Disruptive Era" ดังนั้น เพื่อให้การเตรียมงานและการดำเนินการโครงการดังกล่าวเป็นไปด้วยความเรียบร้อยและสัมฤทธิ์ผล อาศัยอำนาจ ตามความในมาตรา 31 แห่งพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยทักษิณ พ.ศ. 2551 ประกอบกับคำสั่งมหาวิทยาลัยทักษิณ ที่ 0355/2567 ลงวันที่ 31 มกราคม พ.ศ. 2567 เรื่อง มอบอำนาจและภารกิจให้รองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและนวัตกรรม ปฏิบัติหน้าที่แทนอธิการบดี จึงขอแต่งตั้งบุคคลเป็นผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาตัดสินรางวัลการนำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยายและภาคโปสเตอร์การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 36 ประจำปี 2568 รายนามดังนี้

1. รองศาสตราจารย์ ดร.สมัคร แก้วสุกแสง	ประธานผู้ทรงคุณวุฒิ
2. รองศาสตราจารย์ ดร.พัชลินจ์ จีนนุ่น	รองประธานผู้ทรงคุณวุฒิ
3. รองศาสตราจารย์ ดร.พนิตา ก้งชุ่น	ผู้ทรงคุณวุฒิ
4. รองศาสตราจารย์ ดร.ศรชัย อินทะไชย	ผู้ทรงคุณวุฒิ
5. รองศาสตราจารย์ ดร.โสมศิริ เดชารัตน์	ผู้ทรงคุณวุฒิ
6. รองศาสตราจารย์ ดร.กุสุมาลย์ น้อยผา	ผู้ทรงคุณวุฒิ
7. รองศาสตราจารย์ ดร.พัศรเบศวร์ เวชวิริยะกุล	ผู้ทรงคุณวุฒิ
8. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธวัฒน์ชัย เทพนวล	ผู้ทรงคุณวุฒิ
9. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภฎา คีรีรัฐนิคม	ผู้ทรงคุณวุฒิ
10. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชลลดา แสงมณี ศิริสาธิตกิจ	ผู้ทรงคุณวุฒิ
11. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริศนา วงศ์ล้อม	ผู้ทรงคุณวุฒิ
12. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นเรศ ฉิมเรศ	ผู้ทรงคุณวุฒิ
13. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อมรรัตน์ ถนนแก้ว	ผู้ทรงคุณวุฒิ

/14. ผู้ช่วย...

14. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รวมพร นิคม ผู้ทรงคุณวุฒิ
15. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิรมล จันทชาติ ผู้ทรงคุณวุฒิ
16. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรจันทร์ ศิริโชติ ผู้ทรงคุณวุฒิ
17. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จินตนา กสินันท์ ผู้ทรงคุณวุฒิ
18. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปาหนัน กฤษณรมย์ ผู้ทรงคุณวุฒิ
19. อาจารย์ ดร.อาภรณ์ ส่งแสง ผู้ทรงคุณวุฒิ
20. อาจารย์ ดร.ศุภชัย สัตยานุรักษ์ ผู้ทรงคุณวุฒิ
21. อาจารย์ ดร.วิเชษฐ์ จันทร์คงหอม ผู้ทรงคุณวุฒิ
22. อาจารย์ ดร.อัฏฐพล เทพยา ผู้ทรงคุณวุฒิ

หน้าที่และความรับผิดชอบ

1. ทำหน้าที่ประธาน และผู้ทรงคุณวุฒิดำเนินการควบคุมการนำเสนอผลงานวิจัยในแต่ละ Session
2. พิจารณาตัดสินรางวัลผลงาน การนำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยายและภาคโปสเตอร์

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้จนกว่าการดำเนินโครงการฯ จะเสร็จสิ้น

สั่ง ณ วันที่ 1 กรกฎาคม พ.ศ. 2568

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมัคร แก้วสุกแสง)
รองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและนวัตกรรม ปฏิบัติหน้าที่แทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยทักษิณ

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิประเมินบทความ

ลำดับ	รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ	หน่วยงาน
1	ศาสตราจารย์ ดร.สรรพสิทธิ์ กล่อมเกล้า	มหาวิทยาลัยทักษิณ
2	รองศาสตราจารย์ ดร.จตุพร แก้วอ่อน	มหาวิทยาลัยทักษิณ
3	รองศาสตราจารย์ ดร.พัชลินจ์ จีนนุ่น	มหาวิทยาลัยทักษิณ
4	รองศาสตราจารย์ ดร.สรพงค์ เบญจศรี	มหาวิทยาลัยทักษิณ
5	รองศาสตราจารย์ ดร.กุสุมาลย์ น้อยผา	มหาวิทยาลัยทักษิณ
6	รองศาสตราจารย์ ดร.เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
7	รองศาสตราจารย์ ดร.ศรชัย อินทะไชย	มหาวิทยาลัยทักษิณ
8	รองศาสตราจารย์ ดร.กนกพร สังขรักษ์	มหาวิทยาลัยทักษิณ
9	รองศาสตราจารย์ ดร.พัศรเบศวร์ เวชวิริยะกุล	มหาวิทยาลัยทักษิณ
10	รองศาสตราจารย์ ดร.โสมศิริ เดชารัตน์	มหาวิทยาลัยทักษิณ
11	รองศาสตราจารย์ ดร.กุสุมาลย์ น้อยผา	มหาวิทยาลัยทักษิณ
12	รองศาสตราจารย์ ดร.รุ่งชัชดาพร เวหะชาติ	มหาวิทยาลัยทักษิณ
13	รองศาสตราจารย์ ดร.กมลวรรณ แจ้งชัด	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
14	รองศาสตราจารย์ ดร.เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
15	รองศาสตราจารย์ ดร.นิตยา วรรณกิตร์	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
16	รองศาสตราจารย์ ดร.รัฐไท พรเจริญ	มหาวิทยาลัยศิลปากร
17	รองศาสตราจารย์ ดร.สร้อยดาว วินิจนันทรัตน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
18	รองศาสตราจารย์ชัยวัฒน์ กิตติกูล	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
19	รองศาสตราจารย์ยอดชาย พรหมอินทร์	มหาวิทยาลัยทักษิณ
20	รองศาสตราจารย์ชัยวัฒน์ กิตติกูล	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
21	รองศาสตราจารย์รุ่งนภา พิตรปรีชา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
22	รองศาสตราจารย์ปฐม หงษ์สุวรรณ	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
23	ผู้ช่วยศาสตราจารย์อุษารัตน์ คำทับทิม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
24	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรจันทร์ ศิริโชติ	มหาวิทยาลัยทักษิณ
25	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธวัฒน์ชัย เทพนวล	มหาวิทยาลัยทักษิณ
26	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุวัต สงสม	มหาวิทยาลัยทักษิณ
27	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภฎา คีรีรัฐนิคม	มหาวิทยาลัยทักษิณ

ลำดับ	รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ	หน่วยงาน
28	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริศนา วงศ์ล้อม	มหาวิทยาลัยทักษิณ
29	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จินตนา กสินันท์	มหาวิทยาลัยทักษิณ
30	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุปานดี มณีย์โลก	มหาวิทยาลัยทักษิณ
31	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัชชา มหปุญญานนท์	มหาวิทยาลัยทักษิณ
32	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อมรรัตน์ ถนนแก้ว	มหาวิทยาลัยทักษิณ
33	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิลาวัลย์ จันทร์ศรี	มหาวิทยาลัยทักษิณ
34	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นเรศ ฉิมเรศ	มหาวิทยาลัยทักษิณ
35	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชลลดา แสงมณี ศิริสาธิตกิจ	มหาวิทยาลัยทักษิณ
36	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิงหา ประสิทธิ์พงศ์	มหาวิทยาลัยทักษิณ
37	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ระวีวัฒน์ ไทยเจริญ	มหาวิทยาลัยทักษิณ
38	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิราพร ช่อมณี	มหาวิทยาลัยทักษิณ
39	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกุลกานต์ สิมลา	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
40	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุษกร คงเอียด	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
41	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มณฑิชา ภักดีคง	มหาวิทยาลัยรามคำแหง
42	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัจฉรา อึ้งตระกูล	มหาวิทยาลัยนเรศวร
43	ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิสิฐ คลังกูล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
44	อาจารย์ ดร.อัฏฐพล เทพยา	มหาวิทยาลัยทักษิณ
45	อาจารย์พนิดา ฐปนางกูร	มหาวิทยาลัยทักษิณ

การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิ

The 36th National Thaksin University Conferenc

(TSUCON 2025)

ครั้งที่ 36
ประจำปี 2568