

ลักทอง



GTSJ

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สทวท.)

The Golden Teak : Science and Technology Journal (GTSJ.)

ปีที่ 13 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2569

Vol.13 No.1 January - June 2026

สถาบัน

วิจัยและพัฒนา

มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

ISSN 2985-2161 (Online)



สังกัด : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สทวท.)

The Golden Teak : Science and Technology Journal (GTSJ.)

ปีที่ 13 ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน 2569 Vol.13 No.1 January-June 2026

ISSN 2985-2161 (Online)

วัตถุประสงค์	เพื่อตีพิมพ์ผลงานวิจัย ผลงานสร้างสรรค์ และผลงานวิชาการ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่ ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา คณิตศาสตร์ วิทยาการคอมพิวเตอร์ วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วิทยาศาสตร์การอาหาร เทคโนโลยีการเกษตร วิทยาศาสตร์ประยุกต์และเทคโนโลยี สาธารณสุข เทคโนโลยีอุตสาหกรรม และอุตสาหกรรมศึกษา เผยแพร่แก่นักวิชาการและบุคคลทั่วไป	
ขอบเขต	จัดพิมพ์เสนอผลงานวิจัย ผลงานสร้างสรรค์ และผลงานวิชาการ ในสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ	
เจ้าของ	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร	
ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญญ์ พรหมภาสิต	รักษาราชการแทนอธิการบดี
	รองศาสตราจารย์ ดร.ระมัต โขชัย	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชญาดา กลิ่นจันทร์	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉิมภิกา ต้นตีสันติสม	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
บรรณาธิการ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสาวลักษณ์ ยอดวิญญูวงศ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
ผู้ช่วยบรรณาธิการ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปาริชาติ เตชะ	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
กองบรรณาธิการ	Professor Tossapon Boongoen	Aberystwyth University
	Dr Natthakan Iam-On	Aberystwyth University
	ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญหา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
	ศาสตราจารย์ ดร.คงศักดิ์ ศรีแก้ว	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
	ศาสตราจารย์ ดร.วิภู กุตะนันท์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
	รองศาสตราจารย์ ดร.ชนศักดิ์ บ้ายเที่ยง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

รองศาสตราจารย์ ดร.วัฒนพงศ์ รักษ์วิเชียร	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รองศาสตราจารย์ ดร.สมพร ไชยยะ	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รองศาสตราจารย์ ดร.วิลาศ พุ่มพิมล	มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะวรรณ ศุภวิทิตพัฒนา	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
รองศาสตราจารย์ ดร.เทพ เกื้อทวีกุล	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
รองศาสตราจารย์ ดร.นิรุทธิ์ พิพรรธนจินดา	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
รองศาสตราจารย์ ดร.แดนชัย เครืองเงิน	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนูญ บุญประมุข	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาเพ็ญ ปาณะวัฒนพิสุทธิ	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุนธรา รตโนภาส	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์เอกสิทธิ์ เทียนมาศ	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

ฝ่ายจัดการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรุทธิ์ บุตรพลอย
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์กนกวรรณ เขียววัน
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์จารุกิตติ์ พิบูลนฤดม
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประภัสสร ห่อทอง
 อาจารย์เสวต สมนึกพงษ์
 นายทวิช ปินวิเศษ
 นางสาวมาริสา การะเวก

ผู้จัดทำและเผยแพร่ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

กำหนดออก ปีละ 2 ฉบับ

ฉบับที่ 1 เดือน มกราคม-มิถุนายน

ฉบับที่ 2 เดือน กรกฎาคม-ธันวาคม

สำนักงาน สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

ตำบลนครชุม อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร 62000

โทรศัพท์ 0-5570-6555 ต่อ 1760

http://research.kpru.ac.th/journal_science/

บทความที่ตีพิมพ์ทุกบทความผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิและบทความหรือข้อคิดเห็นใดๆ
 ที่ปรากฏในวารสารเป็นวรรณกรรมของผู้เขียนโดยเฉพาะ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรและ
 บรรณาธิการไม่จำเป็นต้องเห็นด้วย

บรรณาธิการแถลง

สัปดาห์ : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สทวส.) ปีที่ 13 ฉบับที่ 1 (มกราคม–มิถุนายน 2569) ฉบับนี้ ยังคงดำเนินไปบนพันธกิจเดิมที่กองบรรณาธิการยึดถือมาโดยตลอด กล่าวคือ การเป็นพื้นที่ทางวิชาการสำหรับเผยแพร่ผลงานวิจัยและบทความวิชาการด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ เกษตรศาสตร์ และวิทยาศาสตร์สุขภาพ ที่มีคุณภาพ ตรวจสอบได้ และก่อให้เกิดคุณค่าต่อสังคม โดยเฉพาะอย่างยิ่งองค์ความรู้ที่ตั้งอยู่บนฐานของบริบทเชิงพื้นที่ และสามารถนำไปสู่การใช้ประโยชน์ในระดับปฏิบัติได้อย่างเป็นรูปธรรม

เนื้อหาในวารสารฉบับนี้ประกอบด้วยบทความวิชาการ 1 เรื่อง และบทความวิจัย 7 เรื่อง รวมทั้งสิ้น 8 เรื่อง ซึ่งเมื่อพิจารณาโดยภาพรวมสามารถจำแนกออกได้เป็นสามกลุ่มประเด็นหลัก กลุ่มแรกเป็นงานที่ว่าด้วยการจัดการทรัพยากรชีวภาพและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรตามแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน ได้แก่ ผลของการใช้ปุ๋ยลูกบอลอินทรีย์จากมูลช้างต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ของ ตอตระกูล เหมียคนอก และนิติพัฒน์ พัฒนฉัตรชัย การพัฒนาและยกระดับผลิตภัณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ด้วยแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนเพื่อสร้างมูลค่าและเสริมความเข้มแข็งของกลุ่มเกษตรกรอินทรีย์นาजू อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้อินทรีย์ผสมดอกไม้ท้องถิ่น ทั้งสามเรื่องสะท้อนแนวทางร่วมกันในการแปลงวัสดุที่เคยถูกมองว่าเป็นของเหลือทิ้งให้กลายเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่มแก่ชุมชน

กลุ่มที่สองเป็นงานด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ประกอบด้วย การสร้างเครื่องมือพันลวดเหล็กสายยึดโยงเสาไฟ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ซึ่งมุ่งลดระยะเวลาและความเสี่ยงในการปฏิบัติงานภาคสนาม การพัฒนาตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน 3 ชั้น เพิ่มสมรรถนะด้านความร้อนด้วยโซลาร์คอลเลคเตอร์ และการพัฒนาชุดตรวจจับเปลือกกระโดดสีน้ำตาลด้วยระบบสมองกลฝังตัว กรณีศึกษาในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ อันเป็นตัวอย่างของการนำระบบสมองกลฝังตัวมาสนับสนุนการเกษตรแม่นยำในระดับแปลงเกษตรกร ส่วนกลุ่มที่สามเป็นงานด้านวิทยาศาสตร์สุขภาพและการพัฒนาตำรับ ได้แก่ การตั้งตำรับไมโครนีดเดิลที่มีส่วนผสมของสารสกัดแก่นฝางซึ่งเป็นการต่อยอดภูมิปัญญาการใช้สมุนไพรไทยสู่ระบบนำส่งยาสมัยใหม่

นอกจากนี้ วารสารฉบับนี้ยังมีบทความวิชาการเรื่อง แนวทางการบริหารแบบมีส่วนร่วม ระหว่างสถาบันการศึกษากับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมชุมชนอย่างยั่งยืน ซึ่งทำหน้าที่เชื่อมโยงมิติเชิงเทคนิคเข้ากับมิติเชิงการบริหารจัดการได้อย่างเหมาะสม และชี้ให้เห็นว่าความสำเร็จของนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในระดับพื้นที่นั้น มิได้ขึ้นอยู่กับความก้าวหน้าทางเทคนิคเพียงลำพังหากแต่ต้องอาศัยกลไกความร่วมมือระหว่างสถาบันการศึกษา หน่วยงานท้องถิ่น และชุมชนควบคู่กันไปด้วย ซึ่งนับเป็นจุดร่วมที่ปรากฏอยู่ในบทความแทบทุกเรื่องของฉบับนี้

ในนามของกองบรรณาธิการขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่กรุณาสละเวลา ประเมินบทความด้วยความละเอียดรอบคอบ และให้ข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ยิ่งต่อการพัฒนาคุณภาพผลงาน ขอขอบคุณผู้นิพนธ์ทุกท่านที่ให้ความไว้วางใจเลือกวารสารสักทองเป็นพื้นที่เผยแพร่ผลงาน กองบรรณาธิการหวังเป็นอย่างยิ่งว่าบทความในฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่านในการต่อยอดองค์ความรู้และการปฏิบัติงาน หากท่านมีข้อเสนอแนะประการใดอันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาวารสาร กองบรรณาธิการยินดีอ้อมรับด้วยความขอบคุณยิ่ง

บรรณาธิการ

สัปดาห์ : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สทวส.)

The Golden Teak : Science and Technology Journal (GTSJ.)

ปีที่ 13 ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน 2569 Vol.13 No.1 January-June 2026

ISSN 2985-2161 (Online)

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
○ บรรณาธิการแถลง.....	ก
○ บทความวิชาการ	
แนวทางการบริหารแบบมีส่วนร่วมระหว่างสถาบันการศึกษากับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเพื่อ การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมชุมชนอย่างยั่งยืน ไตรรงค์ เปลี่ยนแสง, พิมพ์พร ขาวขำ และปาริชาติ เตชะ The Guidelines for a Participatory Management Approach between Educational Institutions and Local Government Organizations for Sustainable Community Environmental Conservation Trirong Pliensaeng, Pimprapai Khaokum and Parichat Techa.....	1
○ บทความวิจัย	
การพัฒนาเครื่องมือพันลวดเหล็กสายยึดโยงเสาไฟฟ้า: กรณีศึกษาการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ณัฐดนัย เรือนคำ, คมกริช เสนานุช และจิรพัฒน์ ศรีสุวรรณ Development of a Guy Wire Wrapping Tool for Electrical Utility Poles: A Case Study of the Provincial Electricity Authority (PEA) Nuthdanai Rueankham, Komkrit Senanuch and Jirapat Srisuwan.....	13
ผลของการใช้ปุ๋ยลูกบอลอินทรีย์จากมูลช้างต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของหญ้าเนเปียร์ ปากช่อง 1 ต่อตระกูล เหมียदनอก และนิติพัฒน์ พัฒนฉัตรชัย Effect of elephant Dung organic ball fertilizer an Growth Performance and Yield of Napier PakChong 1 Tortrakul Miadnok and Nitipat Pattanachatchai.....	30

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง

หน้า

การพัฒนาและยกระดับผลิตภัณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ด้วยแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนเพื่อสร้างมูลค่าและ เสริมความเข้มแข็งของกลุ่มเกษตรกรอินทรีย์นาजू อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ พรทิว กองรอย, ธนาวรรณ พิณะเวศน์ และกัญญ์กุลณัช พีรชาอัครชัย Development and Upgrading of Organic Fertilizer Products Using Circular Economy Concept to Empower the Na Ngua Organic Agriculture Group, Phetchabun Province Pomtawee Kongroy, Thanawan Pinawet and Kankulnat Peerachaakkarachai.....	38
การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้อินทรีย์ผสมดอกไม้ท้องถิ่น วิศนี สุประดิษฐอาภรณ์, วนิชา สุประดิษฐอาภรณ์ และวรัทยา คุณรา Product Development of Organic Cocoa Husk Tea Blended with Local Flowers Wissanee Supraditaporn, Wanicha Supraditaporn and Warattaya Khunnara.....	56
การพัฒนาชุดตรวจจับเปลือกกระโดดสีน้ำตาลด้วยระบบสมองกลฝังตัว: กรณีศึกษาในพื้นที่ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ สนธยา วันชัย Development of an Embedded System-Based Brown Planthopper (BPH) Kit: A Case Study in Mueang District, Phetchabun Sontaya Wanchai.....	73
การพัฒนาตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน 3 ชั้น เพิ่มสมรรถนะด้านความร้อนด้วย โซลาร์คอลเลคเตอร์ รุ่งโรจน์ สงวนวัฒนา, เสาวลักษณ์ ยอดวิญญูวงศ์, เทพ เกื้อทวีกุล, ภาคิน มณีโชติ, อัษฎางค์ บุญศรี, อิทธิพล เหลาพรม, วรุฒิ บุตรดี, อานนท์ วงษ์มณี และจิรวัฒน์ บุญจันทร์ Development of a Three-Layer Hybrid Solar Dryer Integrated with a Solar Collector to Improve Thermal Performance Rungroj Sanguanwattana, Saowaluk Yotwinyuwong, Thap Kueathaweekun, Pakin Maneechot, Ussadang Boonsri, Ittipon Laoprom, Worawut Buddee, Amon Wongmanee and Jirawat Boonchan.....	89
การตั้งตำรับไมโครนีดเดิลที่มีส่วนผสมของสารสกัดแก่นฝาง ปณิตา โรยรอด, นรีการณธ์ เกตศักดิ์ และณรงก์ฤทธิ์ หล้าพันธ์ Formulation of Microneedle Patches Containing Sappan Wood (<i>Caesalpinia sappan</i>) Extract Panita Royrod, Nareekarn Ketsak and Narongrit Lahpan.....	109

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง

หน้า

- คำแนะนำสำหรับผู้ส่งบทความ.....
- แบบฟอร์มการส่งบทความ.....
- แบบฟอร์มค่าใช้จ่ายในการตีพิมพ์เผยแพร่.....
- จริยธรรมในการตีพิมพ์ในวารสาร (Publication Ethics).....
- ประกาศมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร เรื่อง การเรียกเก็บและการเบิกจ่ายเงินค่าธรรมเนียม.....



แนวทางการบริหารแบบมีส่วนร่วมระหว่างสถาบันการศึกษากับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น
เพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมชุมชนอย่างยั่งยืน

The Guidelines for a Participatory Management Approach between
Educational Institutions and Local Government Organizations for Sustainable
Community Environmental Conservation

ไตรรงค์ เปลี่ยนแสง*

Trirong Pliensaeng

พิมประไพ ขาวขำ**

Pimprapai Khaokum

ปาริชาติ เตชะ***

Parichat Techa

Received : June 8, 2026

Revised : August 11, 2026

Accepted : August 26, 2026

บทคัดย่อ

การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมชุมชนอย่างยั่งยืน เป็นการดำเนินงานเชิงระบบสังคม-นิเวศ ที่การให้ความรู้เพียงอย่างเดียวและความร่วมมือแบบผิวเผินไม่อาจไขกันได้ บทความเชิงมนทัศน์นี้จึงวิเคราะห์ช่องว่างของการมีส่วนร่วมและข้อมูลวิทยาศาสตร์สู่นโยบาย ด้วยความร่วมมือระหว่างมหาวิทยาลัยกับโรงเรียนด้านการตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อม จากนั้นเสนอข้อเสนอเชิงนโยบายต่อองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น โดยสังเคราะห์วรรณกรรมเชิงบูรณาการด้านการบริหารแบบมีส่วนร่วม ตัวชี้วัดและเทคโนโลยีการตรวจวัดสิ่งแวดล้อม และการศึกษาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน โดยมีกระบวนการ 3 ขั้นตอน คือ การร่วมกำหนดกรอบการประเมินสิ่งแวดล้อม การร่วมตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อม เช่น คุณภาพน้ำ PM2.5 NDVI และการบูรณาการข้อมูลสู่การบริหารแบบมีส่วนร่วม

*อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

Lecturer in General Science Program, Faculty of Education, Kamphaeng Phet Rajabhat University

(Corresponding Author) e-mail: pliansaeng22@gmail.com

**อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

Lecturer in Environmental Science and Technology Program, Faculty of Science and Technology,

Kamphaeng Phet Rajabhat University

***อาจารย์ประจำสาขาวิชาการประถมศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

Lecturer in Elementary Education Program, Faculty of Education, Kamphaeng Phet Rajabhat University

โดยมีสถานศึกษาเป็นสถาบันเชื่อมและองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเป็นกลไกนำไปสู่นโยบาย บทความสรุปว่าการนำข้อมูลวิทยาศาสตร์บูรณาการกับการบริหารแบบมีส่วนร่วมเป็นเงื่อนไขพื้นฐานของการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมท้องถิ่นที่ยั่งยืน

คำสำคัญ : การบริหารแบบมีส่วนร่วม / การติดตามตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อม / การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมชุมชนอย่างยั่งยืน / ความร่วมมือ / ข้อเสนอเชิงนโยบายท้องถิ่น

ABSTRACT

Sustainable community environmental conservation is a social-ecological systems undertaking that knowledge provision alone and superficial cooperation cannot resolve. This conceptual article therefore analyzes the gaps in participation and in translating scientific data into policy through university-school collaboration in environmental quality monitoring, and then puts forward policy recommendations for local government. Drawing on an integrative synthesis of the literature on participatory management, environmental monitoring indicators and technologies, and education for sustainable development, it advances a three-stage process: jointly framing the environmental assessment; jointly monitoring environmental quality, such as water quality, PM2.5, and the NDVI; and integrating the resulting data into participatory management, with the educational institution serving as a boundary institution and local government as the mechanism that carries evidence into policy. The article concludes that integrating scientific data with participatory management is a fundamental condition for sustainable local environmental conservation.

Keywords : Participatory Management / Environmental Quality Monitoring / Sustainable Community Environmental Conservation / Collaboration / Local Policy Recommendations

บทนำ

1. สถานการณ์และความสำคัญของปัญหา

ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในระดับชุมชนเป็นฐานทุนสำคัญของคุณภาพชีวิตและความมั่นคงเชิงนิเวศ การประเมินระบบนิเวศในสหสวรรษนี้จำแนกออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ การเป็นแหล่งผลิต การควบคุม การสนับสนุน และวัฒนธรรม (Millennium Ecosystem Assessment, 2005) อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเป็นปัจจัยขับเคลื่อนการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพที่สำคัญที่สุดในระดับโลก (IPBES, 2019)

ขณะที่พื้นที่ป่ายังคงลดลงแม้อัตราการสูญเสียจะชะลอตัวในบางภูมิภาค (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2020) ในบริบทของประเทศไทย ข้อมูลล่าสุดระบุว่าพื้นที่ป่าไม้ ปุศศักราช 2567 เหลือร้อยละ 31.46 ของพื้นที่ประเทศ และมีแนวโน้มลดลงต่อเนื่องจากการเปลี่ยนแปลง การใช้ประโยชน์ที่ดิน ไฟป่า และโครงการพัฒนา (มูลนิธิสืบนาคะเสถียร, 2568)

ลักษณะของปัญหาเหล่านี้ เป็นปัญหาที่สามารถใช้ตัวชี้วัดทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมวัดและติดตาม ได้ ทั้งคุณภาพน้ำผิวดิน ผ่นละองขนาดเล็กและการเผาในที่โล่ง ปริมาณและองค์ประกอบของขยะมูลฝอย การเปลี่ยนแปลงพื้นที่สีเขียว และความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่ อันเป็นกรณีศึกษาของบทความนี้ ปัญหา สิ่งแวดล้อมชุมชนที่ปรากฏเด่นชัด ได้แก่ การจัดการขยะมูลฝอย คุณภาพแหล่งน้ำในลำคลอง และผ่นละองจากการเผาเศษวัสดุการเกษตร เป็นจุดเริ่มต้นที่ต้องเร่งบริหารจัดการร่วมกันระหว่างสถาบันการศึกษาในพื้นที่ ชุมชน และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น บนฐานข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ทุกฝ่ายเข้าถึงและเชื่อถือร่วมกัน

2. บริบทเชิงนโยบายและบทบาทของท้องถิ่นและสถานศึกษา

ในเชิงนโยบาย ประเทศไทยประกาศใช้พระราชบัญญัติป่าชุมชน พุศศักราช 2562 ซึ่งกำหนด บทบาทของชุมชนในการจัดการทรัพยากรร่วมกับรัฐอย่างเป็นทางการ (พระราชบัญญัติป่าชุมชน, 2562) สอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนเป้าหมายที่ 15 (SDG 15) และกรอบการศึกษาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน คริสต์ศักราช 2030 (UNESCO, 2020) ในระดับท้องถิ่น องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นมีอำนาจหน้าที่โดยตรงใน การคุ้มครองดูแลและบำรุงรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม รวมถึงการกำหนดประเด็นสิ่งแวดล้อมไว้ใน แผนพัฒนาท้องถิ่นและการจัดสรรงบประมาณ จึงเป็นกลไกแปลงนโยบายสู่การปฏิบัติที่ใกล้ชิดชุมชนที่สุด

อย่างไรก็ตาม การตัดสินใจเชิงนโยบายสิ่งแวดล้อมระดับท้องถิ่นมักขาดฐานข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ ที่ต่อเนื่องและเชื่อถือได้ ในจุดนี้ สถาบันการศึกษาในพื้นที่มีศักยภาพเป็นกลไกที่สามารถเชื่อม โดยเฉพาะ มหาวิทยาลัยราชภัฏซึ่งมีพันธกิจสัมพันธ์กับการพัฒนาท้องถิ่น สามารถทำหน้าที่เป็นแหล่งความรู้และระเบียบวิธี ทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ขณะที่โรงเรียนในชุมชนเป็นหน่วยงานเชื่อม (node) ที่สามารถประสานเครือข่าย ครีวเรือน ผู้นำชุมชน และเป็นฐานปฏิบัติการเก็บข้อมูลภาคสนาม ความร่วมมือระหว่างมหาวิทยาลัย โรงเรียน และชุมชน จึงเป็นโครงสร้างที่เหมาะสมในการผลิตและใช้ข้อมูลวิทยาศาสตร์เพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมอย่าง มีส่วนร่วม

3. ช่องว่างทางวิชาการ

ช่องว่างที่บทความนี้มุ่งตอบมี 2 ชั้นที่สัมพันธ์กัน ชั้นแรกคือ ช่องว่างของระดับการมีส่วนร่วม กล่าวคือ กิจกรรมอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมมักหยุดอยู่กับการให้ข้อมูลและการณรงค์ทางเดียว มากกว่าการร่วมระบุปัญหา ร่วม ผลิตข้อมูล และร่วมตัดสินใจ ซึ่งเสี่ยงต่อการมีส่วนร่วมเชิงพิธีกรรม (Arnstein, 1969; Reed, 2008) ชั้นที่สอง คือ ช่องว่างของการแปลงข้อมูลวิทยาศาสตร์สู่นโยบาย กล่าวคือ ข้อมูลและตัวชี้วัดทางสิ่งแวดล้อมที่เก็บได้มักไม่ ถูกเผยแพร่และส่งต่อเพื่อนำไปใช้เป็นข้อเสนอเชิงนโยบายที่หน่วยงานท้องถิ่นนำไปปฏิบัติได้ ช่องว่างทั้งสอง ชั้นชี้ว่า การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมชุมชนต้องการกระบวนการที่เป็นระบบในการเชื่อมการผลิตข้อมูลวิทยาศาสตร์ โดยมหาวิทยาลัย-โรงเรียน-ชุมชน เข้ากับกลไกนโยบายท้องถิ่น

4. วัตถุประสงค์ของบทความ

1. เพื่อวิเคราะห์ช่องว่างของการมีส่วนร่วมและการนำข้อมูลวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมไปสู่การกำหนดนโยบาย

2. เพื่อสังเคราะห์ตัวชี้วัดและเทคโนโลยีทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมที่ใช้เป็นฐานข้อมูลร่วม

3. เพื่อเสนอแนวทางการบริหารแบบมีส่วนร่วมที่ขับเคลื่อนด้วยข้อมูลวิทยาศาสตร์ระหว่างมหาวิทยาลัยกับโรงเรียน พร้อมข้อเสนอเชิงนโยบายต่อองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

1. ประเภทของบทความและระเบียบวิธี

บทความนี้เป็นบทความเชิงโน้ตค้นประเภทการสังเคราะห์ตามการจำแนกของ Jaakkola (2020) ร่วมกับการทบทวนวรรณกรรมเชิงบูรณาการอย่างเป็นระบบ (Snyder, 2019) โดยมุ่งสร้างกรอบแนวคิดที่บูรณาการมากกว่าการทดสอบสมมติฐานเชิงประจักษ์ คัดเลือกวรรณกรรมที่ผ่านการกลั่นกรองจากฐานข้อมูล Scopus, Web of Science, Google Scholar และฐานข้อมูลวารสารไทย (TCI) ใน 3 ประเด็น ได้แก่ การมีส่วนร่วมและธรรมาภิบาลร่วม ตัวชี้วัดและเทคโนโลยีการติดตามตรวจวัดทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม และการศึกษาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน แล้วสังเคราะห์เป็นกรอบแนวทางการบริหารแบบมีส่วนร่วมและข้อเสนอเชิงนโยบาย

2. การมีส่วนร่วมและการร่วมผลิตความรู้ในการจัดการสิ่งแวดล้อมชุมชน

การมีส่วนร่วมมีระดับและรูปแบบที่แตกต่างกันเชิงความสัมพันธ์เชิงอำนาจ Arnstein (1969) เสนอบันไดการมีส่วนร่วมที่ไล่ระดับจากการมีส่วนร่วมเทียม สู่การมีส่วนร่วมเชิงสัญลักษณ์ และการมีอำนาจของพลเมือง ซึ่งเตือนว่าการมีส่วนร่วมที่หยุดอยู่การให้ข้อมูลหรือรับฟังอาจเป็นเพียงพิธีกรรม สอดคล้องกับ Reed (2008) ชี้ว่าการมีส่วนร่วมที่มีคุณภาพต้องเริ่มตั้งแต่ขั้นนิยามปัญหา และคุณค่าขึ้นอยู่กับคุณภาพของกระบวนการมากกว่าตัวเครื่องมือ การจัดการสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืนจึงต้องยกระดับการมีส่วนร่วมสู่การร่วมผลิตข้อมูลและร่วมตัดสินใจ ดังสรุปในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ระดับและรูปแบบการมีส่วนร่วมของสถานศึกษากับชุมชนในการจัดการสิ่งแวดล้อม

ระดับการมีส่วนร่วม	ลักษณะความสัมพันธ์เชิงอำนาจ	บทบาทของสถานศึกษาและชุมชน
การให้ข้อมูล	รัฐ/ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ตัดสินใจ	ชุมชนรับทราบข้อมูล สถานศึกษาสื่อสารความรู้ทางเดียว
การปรึกษาหารือ	รับฟังความเห็นแต่ยังรวมศูนย์อำนาจ	ชุมชนให้ความเห็น สถานศึกษาเก็บ ข้อมูลและสะท้อนกลับ
การร่วมมือ	แบ่งปันอำนาจการตัดสินใจบางส่วน	ร่วมวางแผนและดำเนินกิจกรรม อนุรักษ์ในฐานะภาคีเครือข่าย
การร่วมระบุปัญหา/ร่วมผลิต	ร่วมเป็นเจ้าของกิจกรรม/โครงการ และผลลัพธ์	ร่วมนิยามปัญหา ผลิตความรู้ และจัดการทรัพยากร อย่างต่อเนื่อง

หมายเหตุ: สังเคราะห์และปรับจาก Arnstein (1969) และ Emerson et al. (2012)

ในเชิงการดำเนินงานร่วมกันของหน่วยงาน Emerson et al. (2012) เสนอกรอบธรรมาภิบาลร่วมกันที่อาศัยแรงขับเคลื่อนร่วม ความไว้วางใจ ความเข้าใจร่วม และความสามารถในการลงมือร่วมกัน ขณะที่ Ostrom (2009) ให้ความคิดเห็นว่า ชุมชนจัดการทรัพยากรร่วมอย่างยั่งยืนได้ภายใต้กติกาที่ออกแบบร่วมกัน และ Norström et al. (2020) สังเคราะห์หลักการ 4 ประการ ของการร่วมผลิตความรู้ที่มีคุณภาพ ได้แก่ การยึดบริบท การยอมรับความหลากหลายของความรู้ การมุ่งเป้าหมายร่วม และการมีปฏิสัมพันธ์ต่อเนื่อง แนวคิดเหล่านี้ชี้ว่า การมีส่วนร่วมที่แท้จริงคือการร่วมเป็นเจ้าของกระบวนการผลิตและใช้ข้อมูล มิใช่เพียงการเข้าร่วมกิจกรรม

3. สถานศึกษาในฐานะสถาบันเชื่อมโยงเครือข่ายและพันธกิจสัมพันธ์กับชุมชน

แนวของทางทั้งองค์กร (Whole Institution Approach) ซึ่ง Holst (2023) สังเคราะห์ไว้ประกอบด้วยหลักการแกน 5 ประการ ได้แก่ ความสอดคล้องเชิงสถาบัน การเรียนรู้ต่อเนื่อง การมีส่วนร่วม ความรับผิดชอบ และพันธกิจระยะยาว ทำให้สถานศึกษาเป็นสะพานเชื่อมเชิงการบริหารที่ระดับการมีส่วนร่วมระหว่างสถานศึกษากับชุมชน โดยมีภาวะการเป็นผู้นำเพื่อความยั่งยืนเป็นองค์ประกอบสนับสนุน (Iqbal and Piwowar-Sulej, 2022; Al-khamaiseh et al., 2025) ในกรอบนี้ สถานศึกษาทำหน้าที่เป็นสถาบันเชื่อมโยงเครือข่าย (boundary institution) ที่แปลงข้อมูลวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมให้เป็นทั้งสื่อการเรียนรู้และฐานการตัดสินใจร่วม ส่วนที่ขาดไม่ได้คือชุดตัวชี้วัดและเทคโนโลยีการตรวจวัดที่ทำให้ข้อมูลเป็นรูปธรรม จับต้องได้และชุมชนมีส่วนร่วมผลิตได้จริง

4. ตัวชี้วัดและเทคโนโลยีทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมในกระบวนการบริหารแบบมีส่วนร่วม

หัวใจที่ทำให้ "วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมเป็นข้อมูลกลาง" อย่างเป็นรูปธรรม คือ การกำหนดชุดตัวชี้วัดเชิงปริมาณที่สามารถวัดซ้ำได้และเทคโนโลยีการตรวจวัดที่ชุมชนสามารถเข้าถึงได้ ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีต้นทุนต่ำในรอบทศวรรษที่ผ่านมาทำให้การติดตามตรวจวัดสิ่งแวดล้อมโดยชุมชน (วิทยาศาสตร์พลเมือง) เป็นไปได้จริงและให้ข้อมูลเชิงพื้นที่-เวลาที่ละเอียดขึ้น ตัวอย่างเช่น เซนเซอร์ฝุ่นละอองราคาประหยัดสำหรับติดตาม PM2.5 ที่ขยายความครอบคลุมการเฝ้าระวังคุณภาพอากาศได้อย่างมีนัยสำคัญแต่ต้องบริหารจัดการความคลาดเคลื่อนของข้อมูล (Morawska et al., 2018) การรับรู้จากระยะไกลด้วยดัชนีพืชพรรณ NDVI สำหรับติดตามการเปลี่ยนแปลงพื้นที่สีเขียวและความเสื่อมโทรมของระบบนิเวศ (Pettorelli et al., 2005) ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ เช่น Shannon–Wiener สำหรับประเมินคุณภาพของระบบนิเวศ (Magurran, 2004) และการติดตามโดยชุมชนที่ช่วยขยายฐานข้อมูลความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่ ที่คุ้มครองทั่วโลก (Mandeville et al., 2023) ตารางที่ 2 สรุปการจับคู่ประเด็นสิ่งแวดล้อมกับตัวชี้วัด เทคโนโลยี และการนำไปใช้ในการบริหารและนโยบาย

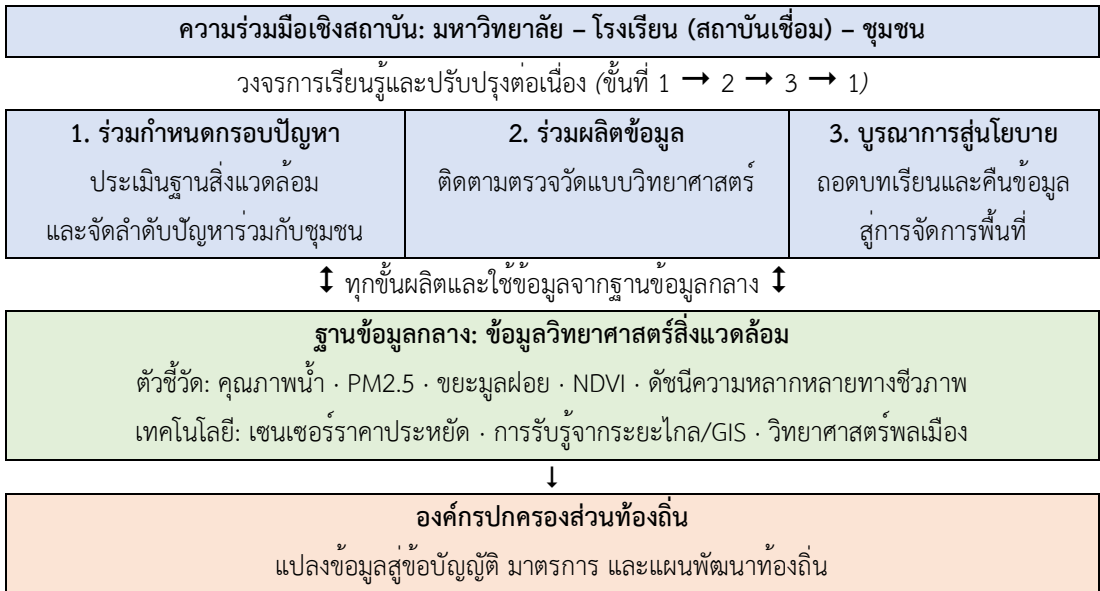
ตารางที่ 2 ตัวชี้วัดและเทคโนโลยีทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมสำหรับกระบวนการบริหารแบบมีส่วนร่วม

ประเด็นสิ่งแวดล้อม	ตัวชี้วัด/วิธีวัดทางวิทยาศาสตร์	เทคโนโลยี/เครื่องมือ
คุณภาพน้ำผิวดิน	ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) บีโอดี (BOD) พีเอช ความขุ่น โคลิฟอร์ม	ชุดทดสอบภาคสนาม เซนเซอร์ตรวจวัด
คุณภาพอากาศและการเผาในที่โล่ง	PM2.5 ดัชนีคุณภาพอากาศ จุดความร้อน	เซนเซอร์ราคาประหยัด ภาพถ่ายดาวเทียม
ขยะมูลฝอย	อัตราการเกิดขยะ (กก./คน/วัน) องค์ประกอบขยะ	การสำรวจและชั่งน้ำหนัก แอปบันทึกข้อมูล
พื้นที่สีเขียวและการใช้ที่ดิน	ดัชนีพืชพรรณ (NDVI) การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน	การรับรู้จากระยะไกลและระบบ สารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS)
ความหลากหลายทางชีวภาพ	ดัชนี Shannon-Wiener ความหลากหลายของชนิด	การสำรวจภาคสนาม และฐานข้อมูลชุมชน

หมายเหตุ: สืบเคราะห์จาก Morawska et al. (2018); Pettorelli et al. (2005); Magurran (2004);
และ Mandeville et al. (2023)

5. ข้อเสนอแนะทางการบริหารแบบมีส่วนร่วมสามขั้นที่ขับเคลื่อนด้วยข้อมูลวิทยาศาสตร์

จากการสังเคราะห์ข้างต้น ผู้เขียนเสนอแนะทางการบริหารแบบมีส่วนร่วม 3 ขั้นที่ดัดแปลงจากกระบวนการวิจัยข้ามศาสตร์ของ Lang et al. (2012) โดยให้ข้อมูลวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมตลอด 3 ขั้น ได้แก่ (1) การร่วมกำหนดกรอบปัญหาจากการประเมินฐานสิ่งแวดล้อม (2) การร่วมผลิตข้อมูลผ่านการติดตามตรวจวัด และ (3) การบูรณาการข้อมูลสู่การจัดการพื้นที่และนโยบาย ดังโครงสร้างแสดงในภาพที่ 1 และการจับคู่ขั้นตอนกับบทบาทและกิจกรรมแสดงในตารางที่ 3



ภาพที่ 1 แนวทางการบริหารแบบมีส่วนร่วมระหว่างมหาวิทยาลัย-โรงเรียน-ชุมชนที่ขับเคลื่อนด้วยข้อมูลวิทยาศาสตร์สู่นโยบายท้องถิ่น

ตารางที่ 3 การจับคู่ขั้นตอนของกระบวนการกับบทบาทของภาคีและกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์

ขั้นของกระบวนการ	บทบาทของ มหาวิทยาลัย-โรงเรียน-ชุมชน	กิจกรรมทางวิทยาศาสตร์/ผลิต
ร่วมกำหนดกรอบปัญหา	ร่วมประเมินคุณภาพสิ่งแวดล้อม และจัดลำดับปัญหา	การประเมินข้อมูลพื้นฐาน (baseline) เวทีประชาคม การทำแผนที่ปัญหาเชิงพื้นที่
ร่วมผลิตข้อมูล	ร่วมตรวจวัดและจัดการ ข้อมูลวิทยาศาสตร์	ติดตามคุณภาพน้ำ/PM2.5/ขยะ NDVI และดัชนีความหลากหลาย แบบวิทยาศาสตร์พลเมือง
บูรณาการสู่การจัดการ และนโยบาย	ถอดบทเรียนและแปลงข้อมูลเป็น ข้อเสนอ	รายงานสถานภาพสิ่งแวดล้อม เวทีคืนข้อมูล ข้อเสนอต่อ อปท.

หมายเหตุ: สังเคราะห์และปรับจากกระบวนการวิจัยข้ามศาสตร์ (Lang et al., 2012) และหลักการรวมผลผลิตความรู้ (Norström et al., 2020)

6. ข้อเสนอเชิงนโยบายต่อองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

เพื่อให้แนวทางข้างต้นนำไปปฏิบัติได้จริง ผู้เขียนเสนอแนวทางเชิงนโยบาย 3 ระดับที่เชื่อมโยงกัน โดยให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเป็นกลไกหลักในการแปลงข้อมูลวิทยาศาสตร์สู่นโยบายและการจัดสรรทรัพยากร ดังสรุปในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ข้อเสนอเชิงนโยบาย 3 ระดับสำหรับการขับเคลื่อนการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมชุมชนอย่างยั่งยืน

ระดับ	กลไกเชิงนโยบาย	ตัวอย่างการปฏิบัติในบริบทตำบล
สถานศึกษา	กำหนดวิสัยทัศน์ความยั่งยืน และบูรณาการวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมใน หลักสูตร	ตั้งฐานการเรียนรู้และห้องปฏิบัติการ ตรวจวัดสิ่งแวดล้อมของโรงเรียน
ชุมชนและท้องถิ่น	จัดตั้งระบบติดตามตรวจวัดสิ่งแวดล้อมโดย ชุมชน	คณะทำงานสิ่งแวดล้อมตำบลและ เครือข่ายวิทยาศาสตร์พลเมือง ร่วมกับโรงเรียนและมหาวิทยาลัย
นโยบายและงบประมาณ	บรรจุในแผนพัฒนาท้องถิ่นและใช้ข้อมูลตัวชี้วัด ในการตัดสินใจ	ข้อบัญญัติ/มาตรการสิ่งแวดล้อม และระบบฐานข้อมูลตัวชี้วัด ร่วมกับสถานศึกษา

หมายเหตุ: ข้อเสนอเชิงหลักการที่สังเคราะห์จากกรอบแนวคิด ผู้เขียนควรปรับให้สอดคล้องกับอำนาจหน้าที่และ
บริบทจริงขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

7. ข้อจำกัดและความท้าทาย

การนำแนวทางนี้สู่การปฏิบัติเผชิญความท้าทายที่ต้องยอมรับ ประการแรก คือ ความไม่สมมาตรของอำนาจระหว่างนักวิชาการ หน่วยงานรัฐ และชุมชน ประการที่ 2 คือ คุณภาพและความน่าเชื่อถือของข้อมูลจากเครื่องมือต้นทุนต่ำและวิทยาศาสตร์พลเมือง ซึ่งต้องอาศัยการเปรียบเทียบ การออกแบบโปรโตคอล และการฝึกอบรมที่เข้มข้น (Morawska et al., 2018) ประการที่ 3 คือ ข้อจำกัดเชิงสถาบัน ทั้งกรอบเวลาของแหล่งทุน ที่สั้นกว่าการหมุนเวียนของระบบนิเวศ และภาระงานของสถานศึกษา และประการที่ 4 ข้อเสนอนี้เป็นกรอบเชิงมนทัศน์ที่ยังไม่ผ่านการทดสอบเชิงประจักษ์ การนำไปใช้จึงต้องปรับให้สอดคล้องกับบริบทเชิงนิเวศและสังคมของแต่ละพื้นที่ และควรมีการศึกษาเชิงประจักษ์เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้และความตรงของกรอบที่เสนอ

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

บทความนี้ชี้ว่า การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมชุมชนอย่างยั่งยืนเป็นปัญหาเชิงระบบสังคม-นิเวศที่มีข้อจำกัด 2 ชั้น คือ ระดับการมีส่วนร่วมและการแปลงข้อมูลวิทยาศาสตร์สู่นโยบาย การสังเคราะห์ในบทความนี้ชี้ว่า

การเชื่อมต่อชีวิตและเทคโนโลยีทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมเข้ากับการบริหารแบบมีส่วนร่วม 3 ชั้น โดยมีสถานศึกษาเป็นสถาบันเชื่อม ข้อมูลวิทยาศาสตร์เป็นข้อมูลกลาง และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเป็นกลไกแปลงสู่นโยบาย เป็นเงื่อนไขพื้นฐานของการแปลงความรู้สู่นโยบายและการปฏิบัติที่ยั่งยืน

ข้อเสนอแนะสำหรับการดำเนินงานและการวิจัยในอนาคต ได้แก่ (1) ทดสอบความเป็นไปได้ของแนวทางนี้ในพื้นที่อื่นเพื่อตรวจสอบความสามารถในการดำเนินงาน (2) พัฒนาระบบประกันคุณภาพข้อมูลสำหรับการตรวจวัดโดยชุมชน และ (3) ศึกษาผลกระทบมาภิบาลและภาวะผู้นำของสถานศึกษาที่เอื้อต่อการผลิตและใช้ข้อมูลวิทยาศาสตร์ร่วมกับชุมชนอย่างต่อเนื่อง

เอกสารอ้างอิง

พระราชบัญญัติป่าชุมชน พุทธศักราช 2562. (2562, 29 พฤษภาคม). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่ม 136 ตอนที่ 71 ก. หน้า 71-104. ราชกิจจา.

มูลนิธิสืบนาคะเสถียร. (2568). *สถานการณ์ป่าไม้ประเทศไทย ปี 2567*. มูลนิธิสืบนาคะเสถียร. สืบค้นเมื่อ 1 มิถุนายน 2569, จาก <https://www.seub.or.th/blogging/work/2025-85/>

Al-khamaiseh, R. A. M., Bailey, R. P., and Jarvis, A. (2025). Definitions of sustainable leadership in education: A systematic review and analysis. *Journal of Research on Leadership Education*, 20(3), 280-297. <https://doi.org/10.1177/19427751241283029>

Arnstein, S. R. (1969). A ladder of citizen participation. *Journal of the American Institute of Planners*, 35(4), 216-224. <https://doi.org/10.1080/01944366908977225>

Emerson, K., Nabatchi, T., and Balogh, S. (2012). An integrative framework for collaborative governance. *Journal of Public Administration Research and Theory*, 22(1), 1-29. <https://doi.org/10.1093/jopart/mur011>

Folke, C. (2006). Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses. *Global Environmental Change*, 16(3), 253-267. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.04.002>

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2020). *Global forest resources assessment 2020: Main report*. FAO. <https://doi.org/10.4060/ca9825en>

Holst, J. (2023). Towards coherence on sustainability in education: A systematic review of Whole Institution Approaches. *Sustainability Science*, 18(2), 1015-1030. <https://doi.org/10.1007/s11625-022-01226-8>

IPBES. (2019). *Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. IPBES Secretariat.

Iqbal, Q., and Piwowar-Sulej, K. (2022). Sustainable leadership in higher education institutions: Social innovation as a mechanism. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 23(8), 1-20. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-04-2021-0162>

Jaakkola, E. (2020). Designing conceptual articles: Four approaches. *AMS Review*, 10(1-2), 18-26. <https://doi.org/10.1007/s13162-020-00161-0>

- Lang, D. J., Wiek, A., Bergmann, M., Stauffacher, M., Martens, P., Moll, P., Swilling, M., and Thomas, C. J. (2012). Transdisciplinary research in sustainability science: Practice, principles, and challenges. *Sustainability Science*, 7(S1), 25-43.
<https://doi.org/10.1007/s11625-011-0149-x>
- Magurran, A. E. (2004). *Measuring biological diversity*. Blackwell Publishing.
- Mandeville, C. P., Nilsen, E. B., Herfindal, I., and Finstad, A. G. (2023). Participatory monitoring drives biodiversity knowledge in global protected areas. *Communications Earth & Environment*, 4(1), Article 240. <https://doi.org/10.1038/s43247-023-00906-2>
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and human well-being: Synthesis*. Island Press.
- Morawska, L., Thai, P. K., Liu, X., Asumadu-Sakyi, A., Ayoko, G., Bartonova, A., Bedini, A., Chai, F., Christensen, B., Dunbabin, M., Gao, J., Hagler, G. S. W., Jayaratne, R., Kumar, P., Lau, A. K. H., Louie, P. K. K., Mazaheri, M., Ning, Z., Motta, N., . . . Williams, R. (2018). Applications of low-cost sensing technologies for air quality monitoring and exposure assessment: How far have they gone?. *Environment International*, 116, 286-299.
<https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.04.018>
- Norström, A. V., Cvitanovic, C., Löf, M. F., West, S., Wyborn, C., Balvanera, P., Bednarek, A. T., Bennett, E. M., Biggs, R., de Bremond, A., Campbell, B. M., Canadell, J. G., Carpenter, S. R., Folke, C., Fulton, E. A., Gaffney, O., Gelcich, S., Jouffray, J.-B., Leach, M., . . . Österblom, H. (2020). Principles for knowledge co-production in sustainability research. *Nature Sustainability*, 3(3), 182-190. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0448-2>
- Ostrom, E. (2009). A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science*, 325(5939), 419-422. <https://doi.org/10.1126/science.1172133>
- Pettorelli, N., Vik, J. O., Mysterud, A., Gaillard, J. M., Tucker, C. J., and Stenseth, N. C. (2005). Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *Trends in Ecology & Evolution*, 20(9), 503-510.
<https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.05.011>
- Reed, M. S. (2008). Stakeholder participation for environmental management: A literature review. *Biological Conservation*, 141(10), 2417-2431.
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.07.014>

Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines.

Journal of Business Research, 104, 333-339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>

UNESCO. (2020). *Education for sustainable development: A roadmap*. Retrieved June 1, 2026, from <https://doi.org/10.54675/YFRE1448>



การพัฒนาเครื่องมือพันลวดเหล็กสายยึดโยงเสาไฟฟ้า: กรณีศึกษาการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

Development of a Guy Wire Wrapping Tool for Electrical Utility Poles:

A Case Study of the Provincial Electricity Authority (PEA)

ณัฐดนัย เรือนคำ*

Nuthdanai Rueankham

คมกริช เสนานูช**

Komkrit Senanuch

จิรพัฒน์ ศรีสุวรรณ***

Jirapat Srisuwan

Received : May 14, 2026

Revised : August 7, 2026

Accepted : August 14, 2026

บทคัดย่อ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Design) มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ออกแบบและสร้างเครื่องมือพันลวดเหล็กสายยึดโยงเสาไฟฟ้า 2) ประเมินคุณภาพเครื่องมือพันลวดเหล็กสายยึดโยงเสาไฟฟ้า 3) ประเมินประสิทธิภาพของเครื่องมือพันลวดเหล็กสายยึดโยงเสาไฟฟ้า และ 4) ประเมินความพึงพอใจของเครื่องมือพันลวดเหล็กสายยึดโยงเสาไฟฟ้า กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า ได้แก่ พนักงานช่างแผนกปฏิบัติการระบบไฟฟ้า การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคสาขาลองลาน และนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า จำนวน 20 คน เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า ประกอบด้วย 1) แบบบันทึกผลการทดสอบ 2) แบบประเมินคุณภาพ และ 3) แบบประเมินความพึงพอใจต่อเครื่องมือพันลวดเหล็กสายยึดโยงเสาไฟฟ้า สถิติที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าสถิติ t ผลการวิจัย พบว่า 1) ผลการออกแบบและสร้างเครื่องมือพันลวดเหล็กสายยึดโยงเสาไฟฟ้า สามารถพันลวดเหล็กสายยึดโยงแรงต่ำและแรงสูงได้จริง ไม่เกิดการคลายตัวขณะปฏิบัติงาน แน่นสม่ำเสมอ ตรงและใกล้เคียงมาตรฐานการใช้ลวดเหล็กพันสายยึดโยงของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค 2) คุณภาพของเครื่องมือพันลวดเหล็กสายยึดโยงเสาไฟฟ้า ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

*อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคกำแพงเพชร

Lecturer in the Department of Electrical Engineering Kamphaeng Phet Technical College

(Corresponding Author) e-mail: nuthdanai25170@gmail.com

**วิศวกรไฟฟ้า ระดับ 7 การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจังหวัดกำแพงเพชร

Electrical Engineer Level 7 in the Provincial Electricity Authority of Kamphaeng Phet Province

***พนักงานช่าง ระดับ 3 การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคสาขาลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร

Technician, Level 3, Provincial Electricity Authority, Khlong Lan Branch, Kamphaeng Phet

($\bar{X}$ = 4.61, S.D. = 0.47) 3) ประสิทธิภาพของเครื่องมือพันลวดเหล็กสายยึดโยงเสาไฟฟ้า สามารถพันลวดสายยึดโยงแรงต่ำและแรงสูงได้จริง โดยระยะเวลาเฉลี่ยในการพันลวดเหล็กสายยึดโยงแรงต่ำลดลง 48.60 นาที คิดเป็นร้อยละ 53.64 ส่วนระยะเวลาเฉลี่ยในการพันลวดเหล็กสายยึดโยงแรงสูงลดลง 87 นาที คิดเป็นร้อยละ 50.87 เมื่อนำไปทดสอบโดยใช้สถิติ t (Independent t-test) พบว่า ระยะเวลาก่อนและหลังใช้เครื่องมือที่สร้างขึ้นทั้งแรงต่ำและแรงสูง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่าเครื่องมือที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพจริง และ 4) ความพึงพอใจต่อเครื่องมือพันลวดเหล็กสายยึดโยงเสาไฟฟ้า ภาพรวมมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.70, S.D. = 0.20)

คำสำคัญ : สายยึดโยงเสาไฟฟ้า / ลวดเหล็กพันสายยึดโยง / การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ABSTRACT

This experimental research aimed to: 1) design and develop a steel guy-wire wrapping tool for utility poles. 2) evaluate the quality of the developed tool. 3) assess its operational efficiency. and 4) investigate user satisfaction with the tool. The sample group consisted of 20 participants, including electrical operation technicians from the Khlong Lan Branch of the Provincial Electricity Authority (PEA) and undergraduate students in the Electrical Technology program. The research instruments included: 1) a performance test record form, 2) a quality assessment form, and 3) a satisfaction questionnaire regarding the steel guy-wire wrapping tool. The data were analyzed using mean, standard deviation, and independent t-test. The research findings revealed that: 1) the developed steel guy-wire wrapping tool was capable of effectively wrapping both low-voltage and high-voltage guy wires. The wrapped wires remained secure during operation without loosening, exhibited consistent tightness, and complied closely with the Provincial Electricity Authority standards for guy-wire installation. 2) the overall quality of the tool was rated at the highest level. ($\bar{X}$ = 4.61, S.D. = 0.47) 3) the tool demonstrated high operational efficiency. The average time required for wrapping low-voltage guy wires was reduced by 48.60 minutes (53.64%), while the average time required for wrapping high-voltage guy wires was reduced by 87.00 minutes (50.87%). The results of the independent t-test indicated that the operating times before and after using the developed tool for both low-voltage and high-voltage applications were significantly different at the .05 level, confirming the effectiveness of the developed tool. and 4) overall user satisfaction with the steel guy-wire wrapping tool was rated at the highest level. ($\bar{X}$ = 4.61, S.D. = 0.47)

Keywords : Utility Pole Guy Wire / Guy Wire Binding Wire / Provincial Electricity Authority

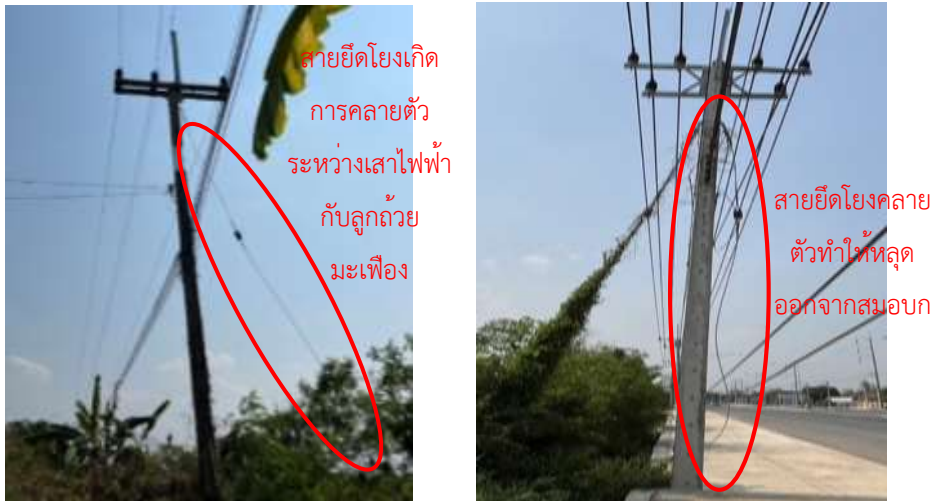
บทนำ

ระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้า (ช่างไฟตอทคอม, 2564) เป็นระบบที่รับพลังงานไฟฟ้าจากระบบผลิตกำลังไฟฟ้าผ่านมายังระบบส่งกำลังไฟฟ้าเพื่อทำการกระจายกำลังไฟฟ้าไปยังโหลดผู้ใช้ไฟฟ้าซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญคือสถานีไฟฟ้าซึ่งมีหน้าที่ปรับลดระดับแรงดันให้กับผู้ใช้ไฟ โดยคำนึงถึงองค์ประกอบต่างๆ เช่น ระดับแรงดันไฟฟ้า ชนิดวงจรการจ่ายไฟตลอดจนความเหมาะสมสำหรับสถานที่ใช้งานแต่ละแห่ง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) (Nongcom, n.d.) เป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบมีอำนาจหน้าที่ในการให้บริการด้านการจัดจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยเป็นผู้รับซื้อพลังงานไฟฟ้าจาก กฟผ. และผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมาก มาจัดจำหน่ายให้กับผู้ใช้ไฟ โดยเป็นผู้ดำเนินการก่อสร้างสถานีไฟฟ้า ระบบจำหน่ายและสายส่ง ซึ่งประกอบไปด้วยผู้ใช้ไฟระดับแรงดัน 115 kV, 69 kV, 33 kV, 22 kV, 400 V และ 230 V

ลวดสลายยิ่งยวดเสไฟฟ้า (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (PEA) สำนักงานใหญ่, 2568) เป็นองค์ประกอบสำคัญที่ช่วยเพิ่มความมั่นคงให้กับระบบโครงสร้างไฟฟ้า ลดความเสี่ยงที่เสไฟฟ้าจะเอียงหรือล้มเมื่อเผชิญกับแรงลมแรงกระแทก หรือปัจจัยสภาพแวดล้อมอื่นๆ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีสภาพอากาศแปรปรวน เสไฟฟ้ามีหน้าที่รองรับสายไฟและอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบจำหน่ายไฟฟ้า ที่ช่วยส่งกระแสไฟฟ้าไปยังบ้านเรือนและอาคารต่างๆ ได้อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ ความมั่นคงของระบบไฟฟ้าที่ช่วยให้เสไฟฟ้าสามารถทนทานต่อแรงลม แรงกระแทก และสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ งานประกอบอุปกรณ์ยิ่งยวด (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, 2559) ต้องปฏิบัติงานต่อจากงานติดตั้งอุปกรณ์หัวเสา โดยตรวจสอบได้จากแผนผังการก่อสร้างหรือการก่อสร้างจริงหน้างานติดตั้งสายยิ่งยวดให้หมดทุกเส้นที่จะใช้งานและเริ่มดึงสายยิ่งยวดเส้นล่างสุดไปหาเส้นบนสุดพยายามดึงให้สายยิ่งยวดทุกเส้นมีความหย่อน - ดึงใกล้เคียงกันมากที่สุด ควรดึงสายยิ่งยวดให้ตึงพอประมาณจะได้รับแรงดึงได้ดี และดูสวยงาม

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคสาขาลองลาน หน้าที่ในการให้บริการด้านการจัดจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟในเขตพื้นที่อำเภอคลองลาน นอกจากนี้นั้ยังดูแลในส่วนของการขยายเขตและการซ่อมแซมปรับปรุงระบบไฟฟ้าให้สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ได้อย่างต่อเนื่องและมั่นคง จากประสบการณ์การปฏิบัติในแผนกปฏิบัติการและซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้า การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคสาขาลองลานที่ผ่านมา พบว่าการปฏิบัติงานติดตั้งระบบจำหน่ายแรงสูงของการไฟฟ้า มีการปักเสาพาดสายไฟฟ้า ซึ่งจำเป็นต้องมีการติดตั้งสายยิ่งยวดเพื่อป้องกันแรงกระทำที่จะทำให้เสไฟไม่สมดุล อาจเกิดการเอนล้มได้ เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานและผู้บริโภค แต่การปฏิบัติงานติดตั้งสายยิ่งยวดระหว่างเสากับลูกถ้วยมะเฟืองเพื่อตึงเสไฟให้เกิดการสมดุล การพันลวดสายยิ่งยวดต้องพันด้วยมือไม่มีเครื่องมือช่วยในการพันลวดสายยิ่งยวด อาศัยทักษะของผู้ปฏิบัติเป็นอย่างมาก เนื่องจากลวดที่นำมาดัดมีความแข็ง เหนียว ทำให้เจ็บมือและบาดเจ็บแก่ผู้ปฏิบัติงาน ยากต่อการพันลวดสายยิ่งยวดให้ได้ตามแบบมาตรฐาน ส่งผลให้การพันลวดสายยิ่งยวดไม่ถูกต้องตามมาตรฐาน เกิดช่องว่างระหว่างการพันลวดสายยิ่งยวดอาจทำให้เกิดการคลายตัวของลวดสายยิ่งยวด สายยิ่งยวดไม่ตึงและสายยิ่งยวดหลุดออกจากเสากับสมอบกทำให้เสไฟเอนเอียง ไม่ตรง และเสาล้มเกิดความเสียหายกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าทำให้ไม่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง หรือไฟฟ้าดับเป็นเวลานานทำให้เกิดจุดเสี่ยงในระบบจำหน่ายทั้งด้านแรงต่ำและ

แรงสูง เครื่องมืออุปกรณ์ในการพันลวดสายยึดโยงมีราคาสูง ขาดงบประมาณในการจัดซื้อ เพื่อเป็นการการสนองนโยบายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคที่มุ่งเน้น “พัฒนาคนด้วยเครื่องมือ พัฒนางานด้วยเทคโนโลยี” จึงคิดค้นสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์มาพัฒนางานด้านต่างๆ ให้กับหน่วยงาน เพื่อใช้ประโยชน์และแก้ปัญหาความผิดปกติของระบบจำหน่าย



ภาพที่ 1 การคลายตัวของสายยึดโยงเป็นจุดเสี่ยงที่อาจเกิดอันตรายต่อระบบจำหน่ายไฟฟ้า

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ปัญหา หาวิธีแก้ไขปัญหานำไปสู่การคิดค้น พัฒนา ออกแบบและสร้างเครื่องมือพันลวดเหล็กสายยึดโยงเสาไฟฟ้า ให้มีความแน่น ไม่คลายตัวง่าย เสาไฟฟ้าตั้งตรง ไม่เอียงเอียง แข็งแรงมั่นคง สามารถรับแรงตึงได้เป็นอย่างดี ประหยัดระยะเวลา มีความเหมาะสมกับผู้ปฏิบัติงาน ใช้งานได้ง่าย ไม่ยุ่งยาก พัฒนางานและส่งผลให้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงสูงและแรงต่ำ สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้า ได้อย่างต่อเนื่อง และมีเสถียรภาพมากยิ่งขึ้น

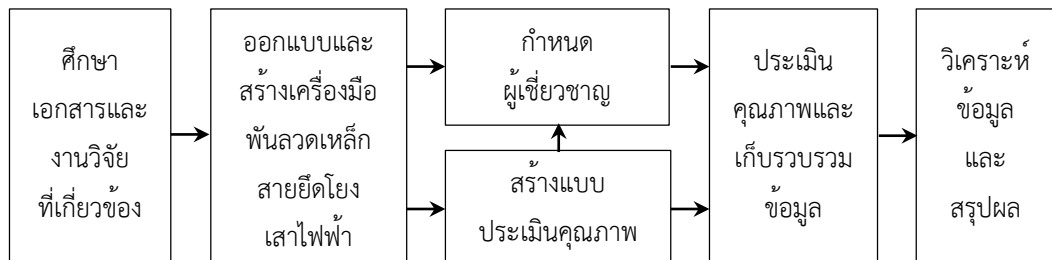
วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นพนักงานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคสาขาลองลาน และนักศึกษา ระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคกำแพงเพชร
2. กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ เป็นพนักงานช่างแผนกปฏิบัติการระบบไฟฟ้าการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค สาขาลองลาน และนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า ที่ลงทะเบียนภาคเรียนที่ 2/2566 จำนวน 20 คน โดยใช้วิธีสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย 1) แบบบันทึกผลการทดสอบเครื่องมือพันลวดเหล็กสายยึดโยงเสาไฟฟ้า 2) แบบประเมินคุณภาพเครื่องมือพันลวดเหล็กสายยึดโยงเสาไฟฟ้า 3) แบบประเมินประสิทธิภาพ

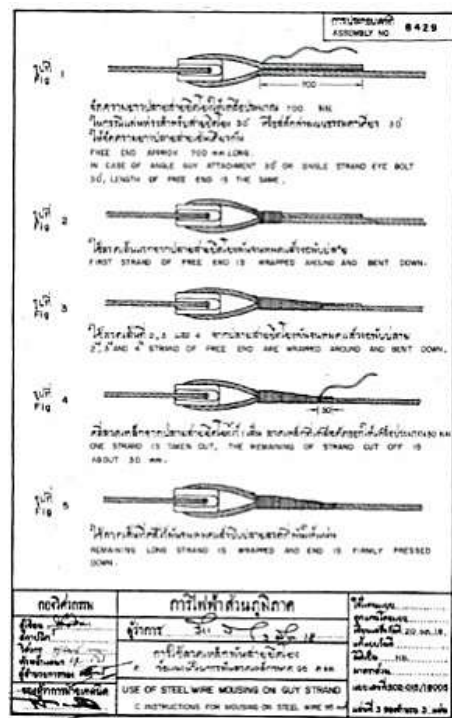
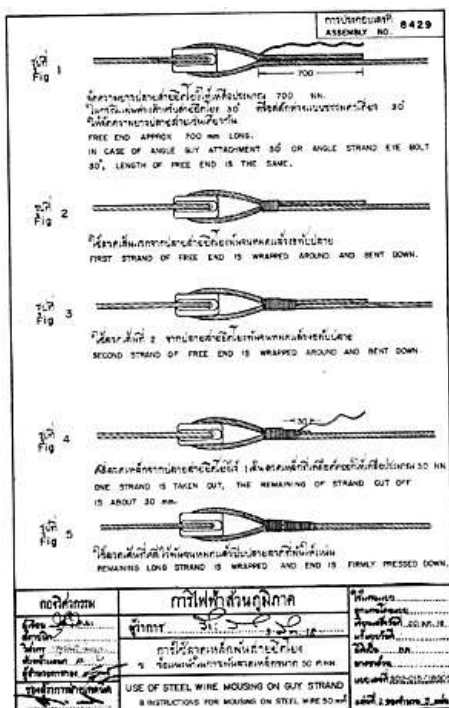
เครื่องมือพันลวดเหล็กสายยึดโยงเสาไฟฟ้า และ 4) แบบประเมินความพึงพอใจต่อเครื่องมือพันลวดเหล็กสายยึดโยงเสาไฟฟ้า



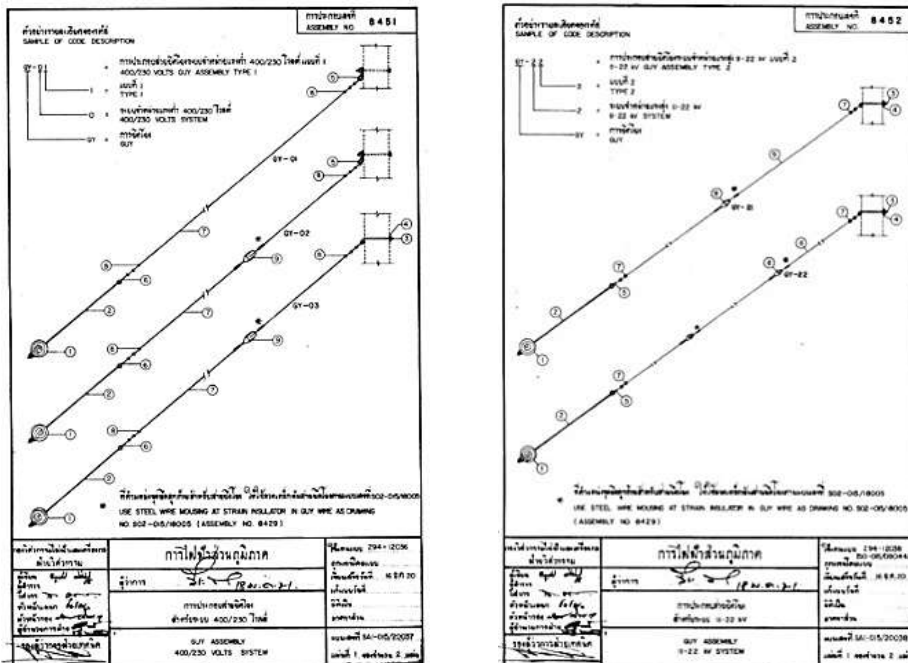
ภาพที่ 2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ศึกษาเอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพื่อความถูกต้องตามมาตรฐานของการใช้ลวดเหล็กพันสายยึดโยงขนาด 50 ตร.มม. และ 95 ตร.มม. และมาตรฐานการประกอบสายยึดโยง และสามารถทำได้ง่ายโดยไม่ต้องอาศัยความชำนาญ แสดงดังภาพที่ 3 และ ภาพที่ 4

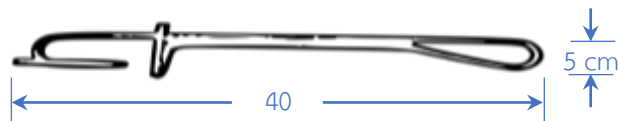
ออกแบบและสร้างเครื่องมือพันลวดเหล็กสายยึดโยงเสาไฟฟ้า ให้มีลักษณะใช้งานง่ายและเคลื่อนย้ายได้สะดวกบำรุงรักษาง่าย การเลือกวัสดุตัวโครงสร้างใช้เป็นเหล็กข้ออ้อยเพราะมีความแข็งแรงสูงทนต่อการใช้งาน การออกแบบตามรายละเอียดแสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 3 แบบมาตรฐานการใช้ลวดเหล็กพันสายยึดโยงขนาด 50 ตร.มม. และ 95 ตร.มม. การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค



ภาพที่ 4 แบบมาตรฐานการประกอบสายยึดโยง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค



ภาพที่ 5 แสดงแบบร่างเครื่องมือพันสายยึดโยงเสาไฟฟ้า

การสร้างเครื่องมือพันธุ์วดเหล็กสายยึดโยงเสาไฟฟ้า

1. นำเหล็กข้ออ้อยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มม. เกรด SD30 รับแรงดึง 3,000 กก./ตร.ซม. ความยืดตัว 21% มาวัดความยาวและตัดตามขนาดที่ต้องการ
2. นำเหล็กข้ออ้อยที่ตัดไว้แล้วมาเป่าด้วยด้วยเครื่องเป่าแก๊สให้เหล็กข้ออ้อยมีความอ่อนตัว สามารถดัดตามแบบร่างได้ง่าย จากนั้นใช้ปากกาจับขึ้นงานดัดเหล็กให้เป็นด้ามจับ และเป็นรูปขอ สำหรับจับยึดลวดเหล็กเวลาพันสายยึดโยง



ภาพที่ 6 แสดงการตัดเหล็กขอยตามแบบร่าง

3. เชื่อมเหล็กข้ออ้อยที่ตัดได้ตามแบบร่างเข้าด้วยกัน เพื่อทำเป็นตัวด้ามจับ



ภาพที่ 7 แสดงเครื่องมือพันลวดเหล็กสายยึดโยงเสาไฟฟ้า

4. นำชิ้นงานที่เสร็จแล้วมาพ่นสี



ภาพที่ 8 แสดงเครื่องมือพันลวดเหล็กสายยึดโยงเสาไฟฟ้าที่พ่นสีเรียบร้อยแล้ว

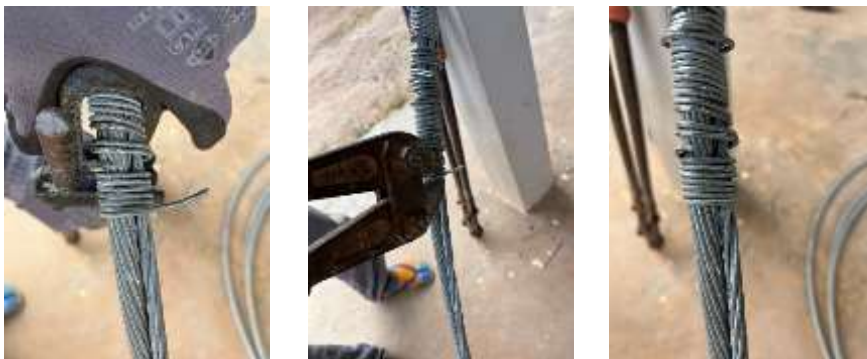
วิธีการใช้งานเครื่องมือพันลวดเหล็กสายยึดโยงเสาไฟฟ้า ไปทดลองดัดลวด

- วัดความยาวปลายสายลวดเหล็กยึดโยงใช้ให้เหลือประมาณ 7 ซม. จากนั้นใช้ลวดเส้นแรกจากปลายสายยึดโยงใส่เครื่องพันลวดเหล็กสายยึดโยงพันจนหมดแล้วงอพับปลาย



ภาพที่ 9 แสดงวิธีการใช้งานเครื่องมือพันลวดเหล็กสายยึดโยงเสาไฟฟ้า

2. ใช้ลวดเหล็กข้ออ้อยที่ 2 ใส่เครื่องพันลวดเหล็กสายยึดโยงจากปลายสายยึดโยงพจนหมดแล้วงอกับปลาย ทำซ้ำแบบนี้ไปจนครบ 7 เส้น จากนั้นให้คลี่ลวดเหล็กจากปลายสายยึดโยงไว้ 1 เส้น ลวดเหล็กที่เหลือตัดออกให้เหลือประมาณ 3 ซม. ใช้ลวดเส้นที่คลี่ไว้พจนหมดแล้วบีบปลายลวดที่พันให้แน่น



ภาพที่ 10 แสดงการพันลวดเหล็กด้วยเครื่องมือพันลวดเหล็กสายยึดโยงเสาไฟฟ้า

การประเมินความตรงของแบบประเมินคุณภาพเครื่องมือพันลวดเหล็กสายยึดโยงเสาไฟฟ้า โดยดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามประเมินกับการสร้างเครื่องมือพันลวดเหล็กสายยึดโยงเสาไฟฟ้า ซึ่งประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ดังนี้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538)

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \quad \dots (1)$$

เมื่อ

IOC แทนดัชนีความสอดคล้อง
 $\sum R$ แทนผลรวมของการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ
 N แทนจำนวนผู้เชี่ยวชาญ

ค่าความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 คืออยู่ระหว่าง 0.60-1.00 จึงจะถือว่าสอดคล้องกัน โดยใช้เกณฑ์ประเมินดังนี้

- | | |
|----|---|
| +1 | แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นตรงตามด้านการประเมิน |
| 0 | ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นตรงตามด้านการประเมิน |
| -1 | แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่ตรงตามด้านการประเมิน |

โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบประเมินคุณภาพ และแบบประเมินความพึงพอใจ ได้ทดสอบความตรงเชิงเนื้อหา พบว่า ทุกรายข้อการประเมินของเครื่องมือดังกล่าว มีความตรงเชิงเนื้อหาโดยมีค่า IOC มากกว่า 0.5 ทุกข้อ

การออกแบบประเมินคุณภาพของเครื่องมือพันธุ์พืชหลักสายพันธุ์โยงเสไฟฟ้า แบบประเมินค่า (Checklist) 5 ระดับ ได้แบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านโครงสร้างและความแข็งแรง ด้านประสิทธิภาพการใช้งาน และด้านความปลอดภัยและการยศาสตร์ เพื่อนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญเป็นพนักงานช่างที่มีประสบการณ์ด้านปฏิบัติการระบบไฟฟ้ามากกว่า 10 ปี ตำแหน่งพนักงานช่าง ระดับ 5 ถึง ระดับ 8 ทำการประเมิน จำนวน 5 ท่าน นำมาวิเคราะห์ผลโดยการหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเทียบค่าเฉลี่ยกับขั้นระดับคุณภาพ (ลวน สายยศ, และอังคณา สายยศ, 2538)

4.50-5.00 หมายถึง มีคุณภาพมากที่สุด

3.50-4.49 หมายถึง มีคุณภาพมาก

2.50-3.49 หมายถึง มีคุณภาพปานกลาง

1.50-2.49 หมายถึง มีคุณภาพน้อย

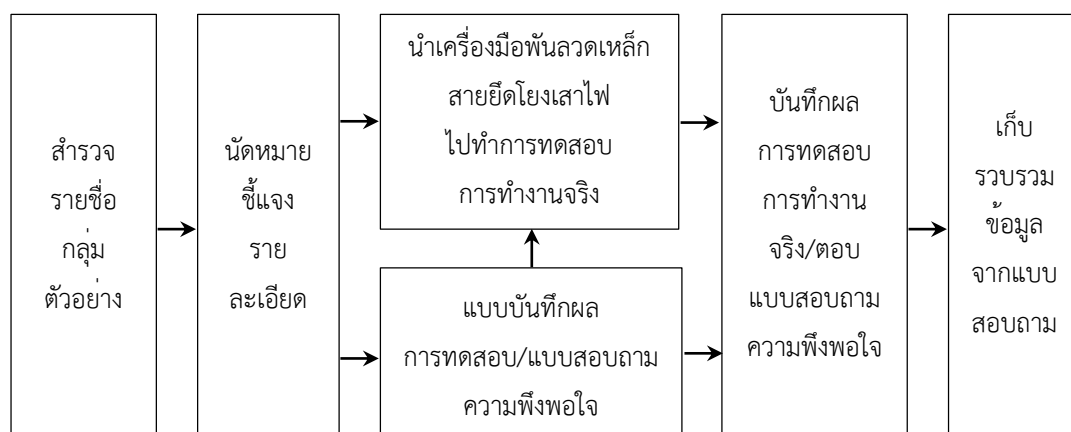
1.00-1.49 หมายถึง มีคุณภาพน้อยที่สุด

หากค่าเฉลี่ยที่ได้ มีค่าไม่ต่ำกว่าระดับมาก จึงถือว่า เครื่องมือพันธุ์พืชหลักสายพันธุ์โยงเสไฟฟ้า ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพ

การประเมินประสิทธิภาพเครื่องมือพันธุ์พืชหลักสายพันธุ์โยงเสไฟฟ้า ซึ่งหาได้จากการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการพันธุ์พืชหลักสายพันธุ์โยง 1 เส้น จำนวน 2 จุด สำหรับแรงต่ำ และจำนวน 4 จุด สำหรับแรงสูง ก่อนการใช้เครื่องมือพันธุ์พืชหลักสายพันธุ์โยงเสไฟฟ้า กับหลังการใช้เครื่องมือพันธุ์พืชหลักสายพันธุ์โยงเสไฟฟ้า ตามสมการที่ 1

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{\text{ก่อนใช้เครื่องมือ} - \text{หลังใช้เครื่องมือ}}{\text{ก่อนใช้เครื่องมือ}} \times 100 \quad \dots (1)$$

การเก็บรวบรวมข้อมูล ความพึงพอใจต่อการใช้งานเครื่องมือพันธุ์พืชหลักสายพันธุ์โยงเสไฟฟ้า ดำเนินการตามขั้นตอนตามภาพที่ 11 โดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจที่มีระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.712 กับกลุ่มตัวอย่าง ได้ทดลองใช้งาน โดยอธิบายขั้นตอนการใช้งานให้กลุ่มตัวอย่างเข้าใจขั้นตอนการทำงาน กลุ่มตัวอย่างทดลองใช้งาน แล้วบันทึกผลการทดลองและตอบแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการได้ เก็บรวบรวมเพื่อวิเคราะห์ผลต่อไป



ภาพที่ 11 แสดงขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลการทดสอบและความพึงพอใจต่อการใช้งาน

การออกแบบประเมินความพึงพอใจต่อเครื่องมือพันลวดเหล็กสายยึดโยงเสาไฟฟ้า แบบประเมินค่า (Checklist) 5 ระดับ เพื่อนำไปให้พนักงานช่างแผนกปฏิบัติการระบบไฟฟ้าการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคสาขาลองลาน และนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าทำการประเมิน จำนวน 20 คน วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและเทียบค่าเฉลี่ยกับขั้นระดับคุณภาพ ดังนี้ (ล้วน สายยศ, และอังคณา สายยศ, 2538)

- 4.50-5.00 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด
- 3.50-4.49 หมายถึง พึงพอใจมาก
- 2.50-3.49 หมายถึง พึงพอใจปานกลาง
- 1.50-2.49 หมายถึง พึงพอใจน้อย
- 1.00-1.49 หมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด

ผลการวิจัย

เมื่อนำเครื่องมือดังกล่าวที่ผ่านการหาประสิทธิภาพเพื่อไปดำเนินการวิจัย ได้ผลการวิจัยดังนี้

1. ผลการทดลองเครื่องมือพันลวดเหล็กสายยึดโยงเสาไฟฟ้า

ผลจากการนำเครื่องมือพันลวดเหล็กสายยึดโยงเสาไฟฟ้า ให้ผู้ปฏิบัติงาน แผนกปฏิบัติการระบบไฟฟ้า การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคสาขาลองลาน สามารถดัดลวดเหล็กสายยึดโยงเสาไฟได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว พันลวดได้แน่นและสม่ำเสมอ ลดแรงในการทำงานของผู้ใช้งาน ไม่เกิดการสั่นหลุดระหว่างการใช้งาน ซึ่งสามารถพันลวดเหล็กสายยึดโยงได้ตรงและหรือใกล้เคียงตามมาตรฐานหุกรอบการพัน การปฏิบัติงานติดตั้งสายยึดโยงระหว่างเสาไฟฟ้ากับลูกถ้วยมระเพื่อตึงเสาไฟให้เกิดการสมดุล ทำให้ระบบสายยึดโยงเสาไฟฟ้าแน่น มั่นคง ไม่หลุดออกจากเสาไฟฟ้า ปลอดภัยทั้งระบบจำหน่ายแรงต่ำและแรงสูง ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคและระบบจำหน่ายของผู้ใช้ไฟ



รูปแบบการพันลวดเหล็กสายยึดโยงโดยใช้เครื่องมือ

การพันลวดเหล็กระหว่างเสาากับลูกถ้วยมะเฟือง

ภาพที่ 12 แสดงการพันลวดเหล็กด้วยเครื่องมือพันลวดเหล็กสายยึดโยงเสาไฟฟ้าที่ใช้งานจริง



ภาพที่ 13 แสดงการติดตั้งสายยึดโยงเสาไฟฟ้าที่ใช้งานจริง

2. ผลการประเมินคุณภาพเครื่องมือพันลวดเหล็กสายยึดโยงเสาไฟฟ้า

ผลการประเมินคุณภาพของเครื่องมือพันลวดเหล็กสายยึดโยงเสาไฟฟ้า ซึ่งทำการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ จากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคที่มีประสบการณ์ทางด้านการปฏิบัติการระบบไฟฟ้ามากกว่า 10 ปี ตำแหน่งพนักงานช่าง ระดับ 5 ถึง ระดับ 8 ทำการประเมิน จำนวน 5 ท่าน แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพของเครื่องมือฟันลวดเหล็กสายยึดโยงเสไฟฟ้า

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
ด้านโครงสร้างและความแข็งแรง	4.52	0.53	มากที่สุด
ด้านประสิทธิภาพการใช้งาน	4.72	0.49	มากที่สุด
ด้านความปลอดภัยและการยศาสตร์	4.60	0.40	มากที่สุด
เฉลี่ยรวม	4.61	0.47	มากที่สุด

จากตารางที่ 1 พบว่า ผลการประเมินคุณภาพเครื่องมือฟันลวดเหล็กสายยึดโยงเสไฟฟ้า ตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ภาพรวมมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.61$, S.D. = 0.47) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านโครงสร้างและความแข็งแรงมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.52$, S.D. = 0.53) ด้านประสิทธิภาพการใช้งานมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.72$, S.D. = 0.49) และด้านความปลอดภัยและการยศาสตร์มีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.60$, S.D. = 0.40)

3. ผลการประเมินประสิทธิภาพเครื่องมือฟันลวดเหล็กสายยึดโยงเสไฟฟ้า

ผลการประเมินประสิทธิภาพเครื่องมือฟันลวดเหล็กสายยึดโยงเสไฟฟ้า เมื่อเทียบระยะเวลา ก่อนและหลังใช้เครื่องมือฟันลวดเหล็กสายยึดโยงเสไฟฟ้า เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการฟันลวดเหล็กสายยึดโยง 1 เส้น จำนวนการฟันลวด 2 จุด สำหรับระบบแรงต่ำ และการฟันลวดเหล็กสายยึดโยง 1 เส้น จำนวนการฟันลวด 4 จุด สำหรับระบบแรงสูง แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ร้อยละของเวลาเฉลี่ยที่ลดลง ก่อนและหลังใช้เครื่องมือฟันลวดเหล็กสายยึดโยงเสไฟฟ้า

ระดับแรงดัน การฟันลวด สายยึดโยง	จำนวน สายยึดโยง (เส้น)	จำนวน การทดสอบ (ครั้ง)	เวลาเฉลี่ยในการฟันลวดสายยึดโยง (นาท)		ร้อยละของ เวลาเฉลี่ยที่ ลดลง
			ก่อนใช้	หลังใช้	
สายยึดโยงแรงต่ำ	5	10	90.60	42	53.64
สายยึดโยงแรงสูง	5	20	171	84	50.87

จากตารางที่ 2 พบว่า ระยะเวลาเฉลี่ยในการฟันลวดเหล็กสายยึดโยงลดลงจากก่อนการใช้เครื่องมือฟันลวดเหล็กสายยึดโยงเสไฟฟ้า ทั้งกรณีของสายยึดโยงแรงต่ำ และสายยึดโยงแรงสูง โดยการฟันลวดเหล็กสายยึดโยงแรงต่ำ มีระยะเวลาลดลง 48.60 นาที คิดเป็นร้อยละ 53.64 ส่วนเมื่อนำเครื่องมือนี้ไปใช้กับการฟันลวดเหล็กสายยึดโยงแรงสูง มีระยะเวลาลดลง 87 นาที คิดเป็นร้อยละ 50.87 จะเห็นได้ว่าการใช้เครื่องมือฟันลวดเหล็กสายยึดโยงเสไฟฟ้าที่สร้างขึ้นนั้นสามารถประหยัดเวลาได้จริง

ตารางที่ 3 การทดสอบโดยใช้สถิติ t สำหรับกลุ่มอิสระต่อกัน (Independent t-test) สายยึดโยงแรงต่ำ

การทดลอง	ค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้	ค่าสถิติ t	df	Sig.
ระยะเวลาก่อนใช้เครื่องมือฟันลวดเหล็ก	90.60 นาที	1.895	8.00	0.0475
ระยะเวลาหลังใช้เครื่องมือฟันลวดเหล็ก	42.00 นาที			
สายยึดโยงแรงต่ำ				

ตารางที่ 4 การทดสอบโดยใช้สถิติ t สำหรับกลุ่มอิสระต่อกัน (Independent t-test) สายยึดโยงแรงสูง

การทดลอง	ค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้	ค่าสถิติ t	df	Sig.
ระยะเวลาก่อนใช้เครื่องมือฟันลวดเหล็ก	171 นาที	1.884	8.00	0.048
ระยะเวลาหลังใช้เครื่องมือฟันลวดเหล็ก	84 นาที			
สายยึดโยงแรงสูง				

ซึ่งผลการวิจัยที่พบนั้นสามารถตรวจสอบทางสถิติว่าการลดลงดังกล่าวมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ จึงทำการทดสอบโดยใช้สถิติ t สำหรับกลุ่มอิสระต่อกัน (Independent t-test) พบว่า ระยะเวลาก่อนและหลัง การใช้เครื่องมือที่สร้างขึ้นทั้งแรงต่ำและแรงสูง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($t_{\text{แรงต่ำ}}=1.895$, $t_{\text{แรงสูง}}=1.884$) นั้นแสดงว่าเครื่องมือที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพจริง แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 3 และตารางที่ 4

4. ผลความพึงพอใจต่อเครื่องมือฟันลวดเหล็กสายยึดโยงเสาไฟฟ้า

ผลการประเมินความพึงพอใจต่อเครื่องมือฟันลวดเหล็กสายยึดโยงเสาไฟฟ้าทำการประเมินโดย พนักงานช่างแผนกปฏิบัติการระบบไฟฟ้าการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคสาขาลองลาน และนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า จำนวน 20 คน แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความพึงพอใจต่อเครื่องมือฟันลวดเหล็กสายยึดโยง เสาไฟฟ้า

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. เครื่องมือมีความสะดวกในการใช้งาน	4.65	0.48	มากที่สุด
2. ช่วยลดเวลาในการฟันลวดได้อย่างมีประสิทธิภาพ	4.60	0.50	มากที่สุด
3. ช่วยลดแรงในการทำงานเมื่อเทียบกับวิธีเดิม	4.70	0.47	มากที่สุด
4. ความแน่นของลวดที่ฟันมีความน่าพึงพอใจ	4.75	0.44	มากที่สุด
5. เครื่องมือมีความแข็งแรงและทนทานต่อการใช้งาน	4.70	0.57	มากที่สุด

ตารางที่ 5 (ต่อ)

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
6. รูปทรงของเครื่องมือจับถนัดมือ ใช้งานไค้คล่อง	4.65	0.58	มากที่สุด
7. มีความปลอดภัยในการใช้งาน	4.80	0.41	มากที่สุด
8. สามารถใช้งานไค้หลากหลายสถานการณ์/พื้นที่	4.85	0.36	มากที่สุด
9. เครื่องมือช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน	4.60	0.50	มากที่สุด
10. ขั้นตอนการใช้งานไม่ยุ่งยากซับซ้อน	4.70	0.47	มากที่สุด
เฉลี่ยรวม	4.70	0.20	มากที่สุด

จากตารางที่ 5 พบว่า พนักงานช่างแผนกปฏิบัติการระบบไฟฟ้า การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคสาขาลองลาน และนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า มีความพึงพอใจต่อเครื่องมือพันธุ์ลวดเหล็กสายยึดโยงเสาไฟฟ้า ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.70$, S.D. = 0.20)

สรุปผลการวิจัย พบว่า การสร้างเครื่องมือพันธุ์ลวดเหล็กสายยึดโยงเสาไฟฟ้า การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคที่ได้ออกแบบและพัฒนาให้สามารถพันธุ์ลวดเหล็กได้แน่น สม่่าเสมอ ลดแรงและลดเวลาในการทำงานของผู้ใช้งาน ไม่เกิดการคลายตัวของลวดเหล็ก เสริมความมั่นคงของเสาไฟฟ้า ลดความเสี่ยงที่เสาไฟฟ้าจะเอียงหรือล้ม เมื่อสภาพอากาศแปรปรวน ซึ่งสามารถพันธุ์ลวดเหล็กสายยึดโยงได้ตรงและหรือใกล้เคียงกับมาตรฐานการใช้ลวดเหล็กพันธุ์ลวดยึดโยงขนาด 50 ตร.มม. และขนาด 95 ตร.มม. การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค คุณภาพจากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญภาพรวมมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.61$, S.D. = 0.47) โดยการพันธุ์ลวดเหล็กสายยึดโยงแรงต่ำ มีระยะเวลาลดลง 48.60 นาที คิดเป็นร้อยละ 53.64 ส่วนเมื่อนำเครื่องมือนี้ไปใช้กับการพันธุ์ลวดเหล็กสายยึดโยงแรงสูง มีระยะเวลาลดลง 87 นาที คิดเป็นร้อยละ 50.87 จะเห็นได้ว่าการใช้เครื่องมือพันธุ์ลวดเหล็กสายยึดโยงเสาไฟฟ้าที่สร้างขึ้นนั้นสามารถประหยัดเวลาได้จริง เมื่อนำทดสอบโดยใช้สถิติ t สำหรับกลุ่มอิสระต่อกัน (Independent t-test) พบว่า ระยะเวลาก่อนและหลังการใช้เครื่องมือที่สร้างขึ้นทั้งแรงต่ำและแรงสูงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($t_{\text{แรงต่ำ}}=1.895$, $t_{\text{แรงสูง}}=1.884$) นั้นแสดงว่าเครื่องมือที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพจริง พนักงานช่างแผนกปฏิบัติการระบบไฟฟ้า การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคสาขาลองลาน และนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า มีความพึงพอใจต่อเครื่องมือพันธุ์ลวดเหล็กสายยึดโยงเสาไฟฟ้า ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.70$, S.D. = 0.20)

อภิปรายผล

1. เครื่องมือพันธุ์ลวดเหล็กสายยึดโยงเสาไฟฟ้า เป็นการค้นคว้า พัฒนาและออกแบบ เพื่อพัฒนางานของหน่วยงานแผนกปฏิบัติการระบบไฟฟ้า ซึ่งไม่สามารถซื้อขายได้จากห้างร้าน บริษัททั่วไป เป็นเครื่องมือที่ผู้ปฏิบัติงานเกิดปัญหาในการทำงาน จึงนำปัญหาที่พบมาวิเคราะห์เพื่อออกแบบวิธีการทำงาน หรือ อุปกรณ์มา

แก้ไขปัญหาคารยิดโยงเสไฟฟ้าระหว่างเสากับลูกถ้วยมะเฟืองเพื่อตึงเสไฟฟ้าให้เกิดการสมดุล มันคงแข็งแรงแน่นไม่เกิดการคลายตัว ทั้งระบบไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟ และระบบจำหน่ายของ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ลดจุดเสี่ยงอันตรายที่เกิดจากการเสไฟฟ้าโค่นล้ม ลดความเสียหายต่ออุปกรณ์ในระบบไฟฟ้า ลดค่าใช้จ่ายจากอุปกรณ์ในระบบจำหน่ายชำรุด ดังกล่าวกับหน่วยงานหรือแผนกปฏิบัติการระบบไฟฟ้า การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคสาขาลองลาน ที่มุ่งเน้นให้อุปกรณ์ในระบบจำหน่ายถูกต้องตามมาตรฐานและเพิ่มทักษะความสามารถของผู้ปฏิบัติงานในการติดตั้งสายยิดโยงให้สามารถตัดลวดเหล็กสายยิดโยงได้อย่างถูกต้องใกล้เคียงกับมาตรฐานและรวดเร็ว ก่อให้เกิดผลลัพธ์ด้านกระบวนการภายใน (Internal Process) ได้แก่ 1) สร้างผลิตภัณฑ์ หรือนวัตกรรม (การพันลวดเหล็กสายยิดโยงเสไฟฟ้า ได้ถูกต้องตามแบบมาตรฐานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค 2) สามารถลดเวลาในการผลิตและติดตั้งการพันลวดเหล็กสายยิดโยงเสไฟฟ้า และ 3) ทำให้การพันลวดเหล็กสายยิดโยงเสไฟฟ้า ตามแบบมาตรฐานเป็นเรื่องง่ายต่อผู้ปฏิบัติงาน ลดแรงในการทำงานของผู้ใช้งาน สามารถพันลวดได้แน่นและสม่ำเสมอ เพราะขั้นตอนการใช้ไม่ซับซ้อน ไม่เกิดการติดกลับหรือสะดุดขณะใช้งาน ปลอดภัยต่อผู้ใช้งานในสภาพงานจริง แม้เป็นผู้ที่เข้าปฏิบัติงานใหม่ เพื่อเป็นการการสนองนโยบายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคที่มุ่งเน้น “พัฒนาคนด้วยเครื่องมือ พัฒนางานด้วยเทคโนโลยี” และยังสอดคล้องกับแนวคิดของ (ณัฐดนัย เรือนคำ, 2567) ได้การสร้างเครื่องมือตัดลวดสำหรับยิดสายดินเข้ากับเสไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เป็นการพัฒนาและออกแบบ เพื่อพัฒนางานของหน่วยงานแผนกก่อสร้างและปฏิบัติการ ซึ่งไม่สามารถซื้อขายได้จากห้างร้าน บริษัททั่วไป เป็นเครื่องมือที่ผู้ปฏิบัติงานเกิดปัญหาในการทำงาน เพื่อลดจุดเสี่ยงอันตรายที่เกิดจากระบบสายดิน ลดความเสียหายต่ออุปกรณ์ในระบบไฟฟ้า ลดค่าใช้จ่ายจากอุปกรณ์ในระบบจำหน่ายชำรุด มุ่งเน้นให้อุปกรณ์ในระบบจำหน่ายถูกต้องตามมาตรฐานและเพิ่มทักษะความสามารถของผู้ปฏิบัติงานในการติดตั้งสายดินให้สามารถตัดลวดยิดสายดินได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว

2. คุณภาพของเครื่องมือพันลวดเหล็กสายยิดโยงเสไฟฟ้า ภาพรวมมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอยู่ในระดับมาก เนื่องจากวัสดุมีความแข็งแรง ทนต่อแรงดึงและแรงบิด โครงสร้างไม่บิดงอหรือเสียรูปง่ายเมื่อใช้งาน สามารถพันลวดได้แน่นและสม่ำเสมอ ลดแรงในการทำงานของผู้ใช้งาน สะดวก รวดเร็ว รูปทรงจับถนัดมือ ลดความเมื่อยล้า ปลอดภัยต่อผู้ใช้งานในสภาพงานจริง และสามารถใช้งานได้กับลวดหลายขนาด ซึ่งเป็นเหตุผลที่เครื่องมือพันลวดเหล็กสายยิดโยงเสไฟฟ้า เป็นเครื่องจักรสามารถทำงานได้ในเวลาที่รวดเร็วกว่าการใช้แรงงานของพนักงานช่างการไฟฟ้า ซึ่งมีมิติความเมื่อยล้าจากการทำงานและยังสอดคล้องกับ (ณัฐดนัย เรือนคำ, 2567) ได้การสร้างเครื่องมือตัดลวดสำหรับยิดสายดินเข้ากับเสไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ภาพรวมมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.59$, S.D. = 0.50)

3. ประสิทธิภาพการทำงาน of เครื่องมือพันลวดเหล็กสายยิดโยงเสไฟฟ้า สามารถพันลวดได้แน่นและสม่ำเสมอ ไม่เกิดการคลายตัว ลดแรงในการทำงานของผู้ใช้งาน การพันลวดเหล็กสายยิดโยงเสไฟฟ้า มีระยะเวลาลดลง 48.60 นาที คิดเป็นร้อยละ 53.64 ส่วนเมื่อนำเครื่องมือนี้ไปใช้กับการพันลวดเหล็กสายยิดโยงเสไฟฟ้าแรงสูง มีระยะเวลาลดลง 87 นาที คิดเป็นร้อยละ 50.87 การใช้เครื่องมือพันลวดเหล็กสายยิดโยงเสไฟฟ้าที่สร้างขึ้นนั้นสามารถประหยัดเวลาได้จริง เมื่อนำทดสอบโดยใช้สถิติ t สำหรับกลุ่มอิสระต่อกัน (Independent t-test)

พบว่า ระยะเวลาก่อนและหลังการใช้เครื่องมือที่สร้างขึ้นทั้งแรงต่ำและแรงสูง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($t_{\text{แรงต่ำ}}=1.895$, $t_{\text{แรงสูง}}=1.884$) นั้นแสดงว่าเครื่องมือที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพจริง ซึ่งการทดลองทดสอบเสถียรของสายยึดโยงเสาไฟฟ้าทั้งแรงต่ำและแรงสูง ที่กระทำโดยพนักงานช่างการไฟฟ้า เมื่อทำการทดลองด้วยจำนวนเส้นของสายยึดโยงเพิ่มขึ้นย่อมมีการใช้เวลาที่มากขึ้นกว่าการเทียบสัดส่วนทางเลขคณิตโดยตรง เนื่องจากความอ่อนล้าของพนักงานช่างการไฟฟ้า และยังสอดคล้องกับ (เชาวฤทธิ์ พัวงามประเสริฐ และคณะ, 2565) ได้ศึกษาการพัฒนาเครื่องตัดสายเคเบิลไฟฟ้าขนาด 50-185 ตารางมิลลิเมตร พบว่าประสิทธิภาพเครื่องตัดสายเคเบิลไฟฟ้า ขนาด 50-185 ตารางมิลลิเมตร สามารถตัดสายเคเบิลไฟฟ้าขณะปฏิบัติงานบนเสาไฟฟ้าได้จริง โดยเฉลี่ย 7 วินาที จากเดิมที่ใช้เวลาเฉลี่ย 19 วินาที ซึ่งประหยัดเวลาได้ร้อยละ 63.16

4. ความพึงพอใจต่อเครื่องมือพันลวดเหล็กสายยึดโยงเสาไฟฟ้า ภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.70$, S.D. = 0.83) ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอยู่ในระดับมาก เนื่องจากสามารถใช้งานได้หลากหลายสถานการณ์/พื้นที่ มีความปลอดภัยในการใช้งาน ช่วยลดแรงในการทำงานเมื่อเทียบกับวิธีเดิม และเครื่องมือมีความแข็งแรงและทนทานต่อการใช้งาน สามารถรับแรงบิดและแรงดึงได้ดี ส่งผลให้การพันลวดเหล็กสายยึดโยงมีความแน่น สม่าเสมอ และได้มาตรฐาน อีกทั้งยังช่วยลดความเมื่อยล้าของพนักงานช่างการไฟฟ้าเมื่อใช้งานต่อเนื่องเป็นเวลานาน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของพนักงานช่างการไฟฟ้า เกิดความมั่นใจในการใช้งานและมีทัศนคติที่ดีต่อเครื่องมือดังกล่าว ยังสะท้อนให้เห็นว่าพนักงานช่างการไฟฟ้ารับรู้ถึงประโยชน์ของเครื่องมือพันลวดเหล็กสายยึดโยงเสาไฟฟ้าอย่างชัดเจน สอดคล้องกับแนวคิดของ (Donmez-Turan and Kir, 2019; Blut and Wang, 2020) แนวคิดการยอมรับเทคโนโลยีที่ระบุว่า การรับรู้ถึงประโยชน์ของนวัตกรรม (Perceived Usefulness) และการรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งาน (Perceived Ease of Use) เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการยอมรับและความพึงพอใจของผู้ใช้งาน โดยเมื่อผู้ใช้รับรู้ว่าเครื่องมือช่วยให้การทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้นและใช้งานได้สะดวก จะส่งผลให้เกิดทัศนคติเชิงบวกและความพึงพอใจต่อการใช้งาน และยังสอดคล้องกับ (เอกชัย ไก่แก้ว, 2563) ได้ศึกษาความพึงพอใจของเกษตรกรผู้เลี้ยงผึ้งต่อเครื่องสลัดน้ำผึ้งอัตโนมัติ พบว่า ความพึงพอใจภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.61$, S.D. = 0.46)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคสาขาลองลาน การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจังหวัดกำแพงเพชร ขอคุณ ดร.ชิต อินทะสี ที่ให้คำแนะนำ ตรวจสอบความถูกต้องงานวิจัย ขอขอบคุณคณะผู้บริหาร อาจารย์ และบุคลากรทางการศึกษา ภาควิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคกำแพงเพชร ที่ให้การสนับสนุนสถานที่ รวมถึงเครื่องมืออุปกรณ์ในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. (2559). *คู่มือการปฏิบัติงาน (Work Manual)*. สืบค้นเมื่อ 12 มกราคม 2569, จาก https://www.pea.co.th/sites/default/files/documents/มาตรฐานการปฏิบัติงาน/กระบวนการต่างๆ/WM-64_line_built_115kv.pdf
- การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (PEA) สำนักงานใหญ่. (2568). *ลวดสลึงยึดโยงเสาไฟฟ้า*. เซฟไทย. สืบค้นเมื่อ 12 มกราคม 2569, จาก <https://safesavethai.com/guy-wire/>
- ช่างไฟดอกทอคม. (2564). *ระบบกำลังไฟฟ้า*. สืบค้นเมื่อ 12 มกราคม 2569, จาก <https://www.changfi.com/fix/2021/12/22/14520/#>
- เชวฤทธิ์ พัวงามประเสริฐ, ธงชัย ทรงกลิ่น, และนริศ เกิดรูป. (2565). การพัฒนาเครื่องตัดสายเคเบิลไฟฟ้า ขนาด 50-185 ตารางมิลลิเมตร. *วารสาร T-VET JOURNAL สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3*, 6(12), 246-255. https://so01.tci-thaijo.org/index.php/TVETJournal_IVEN3/article/view/262470
- ณัฐดนัย เรือนคำ. (2567). การสร้างเครื่องมือตัดลวดสำหรับยึดสายดินเข้ากับเสาไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. *สัททอง : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สทวท.)*, 11(2), 18-28. <https://li02.tci-thaijo.org/index.php/gts/article/view/1983/1342>
- ล้วน สายยศ, และอังคณา สายยศ. (2538). *เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา* (ครั้งที่พิมพ์ 5). สุวีริยาสาส์น.
- เอกชัย ไก่แก้ว. (2563). เครื่องสลัดน้ำผึ้งแบบอัตโนมัติ. *วารสาร T-VET JOURNAL สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3*, 4(8), 115-125. https://so01.tci-thaijo.org/index.php/TVETJournal_IVEN3/article/view/244930
- Blut, M., and Wang, C. (2020). Technology readiness: A meta-analysis of conceptualizations of the construct and its impact on technology usage. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 48(4), 649-669. <https://doi.org/10.1007/s11747-019-00680-8>
- Donmez-Turan, A., and Kir, M. (2019). User anxiety as an external variable of technology acceptance model: A meta-analytic study. *Procedia Computer Science*, 158, 715-724. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.107>
- Nongcom. (n.d.). *Electrical System*. Retrieved January 12, 2026, from https://nongcom-electrical.blogspot.com/2014/10/blog-post_22.html?m=1



ผลของการใช้ปุ๋ยลูกบอลอินทรีย์จากมูลช้างต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1

Effect of elephant Dung organic ball fertilizer an Growth Performance and Yield of Napier PakChong 1

ต่อตระกูล เหมียนนอก*

Tortrakul Miadnok

นิติพัฒน์ พัฒนฉัตรชัย*

Nitipat Pattanachatchai

Received : January 16, 2026

Revised : March 5, 2026

Accepted : April 27, 2026

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยลูกบอลอินทรีย์ที่ผลิตจากมูลช้างต่ออัตราการเจริญเติบโตของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ซึ่งเป็นพืชอาหารสัตว์เศรษฐกิจที่สำคัญ การนำวัสดุอินทรีย์ที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาใช้ในการปรับปรุงบำรุงดินถือเป็นการจัดการทรัพยากรอย่างยั่งยืน การทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) โดยใช้ชุดดินขำจากมหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ร่วมกับปุ๋ยลูกบอลอินทรีย์จากมูลช้างในสภาพปลูก และมีอัตราส่วนในการใส่ปุ๋ยลูกบอลอินทรีย์ที่แตกต่างกันไป ประกอบไปด้วยสิ่งทดลองทั้งสิ้น 5 สิ่งทดลอง 7 ซ้ำ ซ้ำละ 2 ไร่ เป็นการทดลองอัตราของปุ๋ยลูกบอลอินทรีย์จากมูลช้างต่อการเจริญเติบโตของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ซึ่งแต่ละสิ่งทดลองประกอบไปด้วย สิ่งทดลองที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ย สิ่งทดลองที่ 2 ใส่ปุ๋ยลูกบอลอินทรีย์จำนวน 1 ลูก สิ่งทดลองที่ 3 ใส่ปุ๋ยลูกบอลอินทรีย์จำนวน 2 ลูก สิ่งทดลองที่ 4 ใส่ปุ๋ยลูกบอลอินทรีย์จำนวน 3 ลูก และสิ่งทดลองที่ 5 ใส่ปุ๋ยลูกบอลอินทรีย์จำนวน 4 ลูก โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ Statistical Package for the Social Sciences (spss) ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ซึ่งผลการทดลองพบว่า สิ่งทดลองที่ 5 คือการใส่ปุ๋ยลูกบอลอินทรีย์จำนวน 4 ลูก ส่งผลทำให้ค่าเฉลี่ยของการเจริญเติบโตของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ทางด้านน้ำหนักสด จำนวนใบ ความกว้างใบและความยาวใบ มีการเจริญเติบโตมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดอยู่ที่ 344.54 กรัม ค่าเฉลี่ยจำนวนใบอยู่ที่ 76 ใบ ค่าเฉลี่ยความกว้างใบอยู่ที่ 2.94 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยความยาวใบที่ 64.01 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับทุกสิ่งทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางดินยังบ่งชี้ว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ช่วยเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารหลักในดิน สรุปปุ๋ยลูกบอลอินทรีย์

*อาจารย์ประจำสาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

Lecturer in Agriculture, Faculty of Agriculture and Agro-Industry, Surin Rajabhat University

(Corresponding Author) e-mail: tortrakul.m@sru.ac.th

จากมูลช้างสามารถนำมาใช้ทดแทนหรือเสริมปุ๋ยเคมีในการเพิ่มผลผลิตของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นแนวทางในการจัดการของเสียจากสัตว์และลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกร

คำสำคัญ : ปุ๋ยลูกบอลอินทรีย์ / มูลช้าง / หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 / อัตราการเจริญเติบโต / เกษตรอินทรีย์

ABSTRACT

This research aimed to study the effect of using organic fertilizer balls made from elephant dung on the growth rate of Napier grass Pakchong 1. It is an important economic forage crop. Utilizing locally available organic materials to improve soil fertility is a form of sustainable resource management. A completely randomized design (CRD) trial was conducted using Chamni soil from Surin Rajabhat University combined with organic fertilizer balls made from elephant dung in planting bags. And there are different ratios for applying organic fertilizer balls. It consists of a total of 5 experiments, 7 replicates, with 2 bags per replicate. This is an experiment to determine the growth rate of Napier grass Pak Chong 1, with each experiment consisting of Experiment 1: No fertilizer. Experiment 2: One organic fertilizer ball. Experiment 3: Two organic fertilizer balls. Experiment 4: Three organic fertilizer balls. Experiment 5: Four organic fertilizer balls. The statistical data was analyzed using the Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) software. The experiment showed that treatment 5, which involved applying 4 organic fertilizer balls, resulted in the greatest average growth of Napier grass (Pak Chong 1 variety) in terms of fresh weight, number of leaves, leaf width, and leaf length. The average fresh weight was 344.54 grams, the average number of leaves was 76, the average leaf width was 2.94 centimeters, and the average leaf length was 64.01 centimeters. Compared to all other experimental groups, the soil property analysis results showed statistically significant results, indicating that the use of organic fertilizers increased the amount of organic matter and essential nutrients in the soil. In summary, organic fertilizer balls made from elephant dung can effectively replace or supplement chemical fertilizers to increase the yield of Napier grass (Pak Chong 1 variety). This is a method for managing animal waste and reducing production costs for farmers.

Keywords : Organic Fertilizer Balls / Elephant Dung / Pak Chong 1 Napier Grass / Growth Rate / Organic Farming

บทนำ

หญ้านเปียร์ปากช่อง 1 (Napier Pakchong 1) เป็นพืชอาหารสัตว์ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจสูง และให้ผลผลิตสูงกว่าหญ้าพันธุ์อื่นๆ ภายใต้การจัดการอย่างประณีต การใช้หญ้านเปียร์ปากช่อง 1 มาเป็นอาหารสัตว์ควรตัดที่ระยะเวลา 45 วันจึงจะได้คุณค่าทางโภชนาการสูง ปุ๋ยที่ใช้ควรเป็นปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งทำให้ค่าโปรตีนรวม ปริมาณผนังเซลล์ทั้งหมด และปริมาณเยื่อใยสูง ถ้าต้องการปลูกหญ้านเปียร์ปากช่อง 1 เพื่อผลิตก๊าซชีวภาพควรตัดที่ระยะเวลา 60 วัน (จารุณี หนูละอง และคณะ, 2559) อย่างไรก็ตาม การเพาะปลูกหญ้านชนิดนี้ยังคงต้องพึ่งพาปุ๋ยเคมีในปริมาณมาก ซึ่งนำมาสู่ปัญหาด้านทุนการผลิตที่สูงขึ้น มูลข้างเป็นปุ๋ยคอกชนิดหนึ่ง ที่ถูกทิ้งและไม่มีการจัดการให้เกิดประโยชน์สูงสุดในชุมชนเลี้ยงช้างที่ศูนย์คชศึกษา หรือ หมู่บ้านช้าง บ้านตากกลาง ตำบลกะโพ อำเภอนาทม จังหวัดสุรินทร์ ซึ่งใน 1 เดือนจะมีปริมาณที่มากพอสมควร จึงได้นำมูลข้างมาผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์เพื่อใช้ลดต้นทุนการใช้ปุ๋ยเคมีในการทำเกษตรของชุมชน โดยในมูลข้างเป็นปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ ผลิตจากมูลช้าง ด้วยเทคโนโลยีชีวภาพ ถูกต้องตามหลักวิชาการ ประกอบด้วยธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชครบถ้วน มีคุณสมบัติทำให้ดินมีความสามารถในการเก็บความชื้น และถ่ายเทอากาศได้ดี เพิ่มจุลินทรีย์ในดิน และมีส่วนผสมเชื้อราไตรโคเดอร์มา ควบคุมเชื้อราสาเหตุของโรคโคนเน่า รากเน่า เชื้ออโซโตแบคเตอร์ ช่วยตรึงไนโตรเจนให้กับต้นพืช และมีส่วนผสมช่วยเสริมสร้างการเจริญเติบโตและความแข็งแรงของพืช ทั้งราก ลำต้น ใบ และมีส่วนผสมช่วยกักเก็บปุ๋ยในดินได้นาน และช่วยลดซึบสารพิษในดิน ช่วยทำให้ดินร่วนซุย น้ำผ่านได้ดี และมีส่วนผสมที่ช่วยปรับสภาพดินและโครงสร้างของดิน ลดความเป็นกรดและแก้ปัญหาดินเปรี้ยว ช่วยปรับ PH ในดินและปัญหาพืชไม่ดูดธาตุอาหารเป็นต้น จากผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารเฉลี่ยสำหรับพืชที่มีอยู่ในมูลช้างมี ค่า pH อยู่ที่ 9.29 ค่าไนโตรเจน 0.53% ค่าฟอสฟอรัส 0.44% และค่าโพแทสเซียม 1.66% ซึ่งอัตราในการใช้ปุ๋ยมูลช้างเพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตแก่พืชมีอัตราการใช้ที่แตกต่างกัน (เก่งกาจ จันทรวิกุล และฐนียา รังษิรัชยะชัย, 2562) เนื่องจากมีอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช การแปรรูปมูลช้างให้อยู่ในรูปแบบ "ปุ๋ยลูกบอลอินทรีย์" (Organic Ball Fertilizer) ถือเป็นนวัตกรรมที่ช่วยเพิ่มความสะดวกในการใช้งานและการปลดปล่อยธาตุอาหารอย่างช้าๆ ด้วยเหตุนี้ การวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาถึงประสิทธิภาพของการใช้ปุ๋ยลูกบอลอินทรีย์จากมูลช้างในการเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตของหญ้านเปียร์ปากช่อง 1 เพื่อเป็นทางเลือกในการลดการใช้ปุ๋ยเคมีและส่งเสริมระบบการเกษตรแบบยั่งยืน

วิธีดำเนินการวิจัย

การทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) โดยใช้ชุดดินขำนิจากมหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ร่วมกับปุ๋ยลูกบอลอินทรีย์จากมูลช้างในสภาพปลูก และมีอัตราส่วนในการใส่ปุ๋ยลูกบอลอินทรีย์ที่แตกต่างกันไป ดังนั้นจึงประกอบไปด้วยสิ่งทดลองทั้งสิ้น 5 สิ่งทดลอง สิ่งทดลองละ 7 ซ้ำ ซ้ำละ 2 ถัง

หน่วยทดลองที่ 1 (T1) หญ้านเปียร์ปากช่อง 1 ที่ไม่ได้ผ่านการใส่ปุ๋ยลูกบอลอินทรีย์ (ควบคุม)

หน่วยทดลองที่ 2 (T2) หนุ่ำนเปี๋ยรปากช่อง 1 ที่ผ่านการใส่ปุ๋ยลูกบอลอินทรีย์ จำนวน 1 ลูก

หน่วยทดลองที่ 3 (T3) หนุ่ำนเปี๋ยรปากช่อง 1 ที่ผ่านการใส่ปุ๋ยลูกบอลอินทรีย์ จำนวน 2 ลูก

หน่วยทดลองที่ 4 (T4) หนุ่ำนเปี๋ยรปากช่อง 1 ที่ผ่านการใส่ปุ๋ยลูกบอลอินทรีย์ จำนวน 3 ลูก

หน่วยทดลองที่ 5 (T5) หนุ่ำนเปี๋ยรปากช่อง 1 ที่ผ่านการใส่ปุ๋ยลูกบอลอินทรีย์ จำนวน 4 ลูก

***หมายเหตุ ปุ๋ยลูกบอลอินทรีย์ทุกลูกมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 3 เซนติเมตร และน้ำหนักก้อนละ 200 กรัมต่อก่อน

การเตรียมปุ๋ยลูกบอลอินทรีย์

1. นำส่วนผสมทุกส่วนที่ใช้นามาผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน โดยใช้ส่วนผสมในอัตราส่วน 2:1:1:1:1 ซึ่งประกอบไปด้วยมูลช้างสับแห้ง, หอยป่น, แกลบดิบ, ชุยมะพร้าว, รำละเอียด (โดยมีอัตราส่วนอย่างละ 1 ถึงปริมาตร 16 ลิตร)

2. ผสมกากน้ำตาล จำนวน 1 ลิตร / น้ำ 10 ลิตร และผสมน้ำหมัก EM จำนวน 1 ลิตร / น้ำ 10 ลิตร จากนั้นคนให้เข้ากันแล้วนำไปเติมวัสดุอินทรีย์ให้มีความชื้นพอสมควรและไม่ควรแฉะเกินไป

3. เมื่อผสมทุกส่วนเข้ากันเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จากนั้นนำมาปั้นให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ 3 เซนติเมตร น้ำหนักก้อนละ 200 กรัมต่อก่อน และนำไปตากแดดให้ปุ๋ยลูกบอลนั้นแห้ง จึงนำมาใช้เป็นวัสดุในการปลูกได้

การดำเนินงานวิจัย

1. การเตรียมแปลงทดลองในการปลูก ใช้แปลงสาธิตของคณะเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร โดยกำจัดวัชพืชออกแล้วปรับพื้นดินให้สม่ำเสมอ โดยแปลงมีขนาด 10*10 เมตร หลังจากนั้นนำพลาสติกมาคลุมในบริเวณที่กำจัดวัชพืชเพื่อไม่ให้วัชพืชเกิดขึ้นมาอีก

2. การเตรียมชุดดินในการทดลองปลูกต้นหนุ่ำนเปี๋ยรปากช่อง 1 ร่วมกับปุ๋ยลูกบอลอินทรีย์จากมูลช้าง โดยดินก่อนปลูกมีค่าคุณสมบัติทางเคมี ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าคุณสมบัติทางเคมีของดินก่อนปลูก

ดิน	ค่า pH	ค่า Ec	Total nitrogen (%)	Avilible P(%)	Exchangable K(%)
ก่อนปลูก	5.25	209	0.31	54.63	36.87

ที่มา : ตอตระกูล เหมียदनอก และเพชรรัตน์ พรหมทา (2561)

3. การทดลองปลูกหนุ่ำนเปี๋ยรปากช่อง 1 ทำการรดน้ำวันละ 2 ครั้ง เช้าและเย็นเนื่องจากต้นหนุ่ำนเปี๋ยรปากช่อง 1 เป็นพืชที่ต้องการน้ำค่อนข้างมาก และหลังจากปลูกได้ครบ 1 เดือน จะนำปุ๋ยลูกบอลอินทรีย์มาใส่ในแต่ละหน่วยทดลองที่จัดเตรียมไว้ แล้วหลังจากนั้นเริ่มบันทึกข้อมูลตามที่ได้จัดเตรียมไว้

4. เริ่มบันทึกข้อมูลเมื่อใส่ปุ๋ยลูกบอลอินทรีย์จากมูลช้างครบทุกสิ่งทดลองเป็นเวลา 30 วัน หลังจากที่มีอายุ 14 วัน เพื่อศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยลูกบอลอินทรีย์จากมูลช้างที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของหนุ่ำนเปี๋ยรปากช่อง 1 ในระยะเวลา 30 วัน โดยมีการบันทึกข้อมูลดังนี้ 1. บันทึกค่าทางด้านความกว้างใบ/ยาวใบ 2. บันทึก

ค่าทางด้านน้ำหนักสดของต้นพืช 3. บันทึกค่าทางด้านปริมาณคลอโรฟิลล์ของต้นพืช และ 4. บันทึกค่าคุณสมบัติทางเคมีของดินหลังปลูก

ผลการวิจัย

ผลของปุ๋ยลูกบอลอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตของหญ้านาเปียร์ปากช่อง 1 โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ Statistical Package for the Social Sciences (spss) ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ชุดการทดลองมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อทุกพารามิเตอร์การเจริญเติบโตของหญ้านาเปียร์ปากช่อง 1 ($p < 0.05$) ผลการวิจัยเห็นอย่างชัดเจนว่าน้ำหนักสดของต้นหญ้านาเปียร์ปากช่อง 1 ที่ผ่านการใส่ปุ๋ยลูกบอลอินทรีย์จากมูลช้างในแต่ละสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.01$) พบว่าสิ่งทดลองที่ 5 มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของต้นหญ้านาเปียร์ปากช่อง 1 สูงที่สุดคือมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 344.54 กรัม รองลงมาคือสิ่งทดลองที่ 4 มีความเฉลี่ยอยู่ที่ 270.66 กรัม สิ่งทดลองที่ 3 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 189.57 กรัม สิ่งทดลองที่ 2 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 122.60 กรัม และสิ่งทดลองที่ 1 มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของต้นหญ้านาเปียร์ปากช่อง 1 น้อยที่สุดคือ 109.10 กรัม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อภิชาติ หมั่นวิชา และคณะ (2562) ได้ทำการศึกษาผลของชนิดปุ๋ยอินทรีย์ ต่อผลผลิต และองค์ประกอบทางเคมีของหญ้านาเปียร์ปากช่อง 1 การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ (มูลโค มูลสุกร มูลแพะ และมูลแกะ) มีผลให้ค่าเฉลี่ยผลผลิตน้ำหนักสด ผลผลิตน้ำหนักแห้ง ของหญ้านาเปียร์ปากช่อง 1 สูงขึ้น เมื่อตัดที่อายุ 45 วัน หญ้านาเปียร์ปากช่อง 1 ที่ใส่ปุ๋ยมูลแพะและแกะให้ค่าเฉลี่ยผลผลิตสูงกว่าปุ๋ยอินทรีย์กลุ่มอื่นสอดคล้องกับรายงานของ สันทนา แสนโคตร (2545) ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของระดับปุ๋ยมูลโคที่มีผลต่อวัตถุแห้งของหญ้านาเปียร์ปากช่อง 1 ร่วมกับถั่วลาย โดยทำการตัดหญ้าที่อายุ 30 วัน พบว่า กลุ่มที่ใส่ปุ๋ย 1,500 กก./ไร่ ให้ผลผลิตสูงที่สุด 899.09 กก./ไร่ มีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงขึ้นแต่ไม่ แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) เช่นเดียวกับ นิยม นวล (2545) รายงานว่า การใส่มูลแกะในอัตรา 1,500 กก./ไร่ มีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงที่สุด (2,290.39 กก./ไร่) แต่ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทาง สถิติ ($p > 0.05$)

จำนวนใบของต้นหญ้านาเปียร์ปากช่อง 1 ที่ผ่านการใส่ปุ๋ยลูกบอลอินทรีย์จากมูลช้างในแต่ละสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.01$) พบว่าสิ่งทดลองที่ 5 มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยจำนวนใบของต้นหญ้านาเปียร์ปากช่อง 1 สูงที่สุด คือมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 76 ใบ รองลงมาคือสิ่งทดลองที่ 4 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 65.14 ใบ สิ่งทดลองที่ 3 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 53.86 ใบ สิ่งทดลองที่ 2 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 47.71 ใบ และสิ่งทดลองที่ 1 มีค่าเฉลี่ยจำนวนใบของต้นหญ้านาเปียร์ปากช่อง 1 น้อยที่สุดคือมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 37 ใบ ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ เขาวุธ ธิมาปะโท และเมธา วรรณพัฒน์ (2560) รายงานว่า โปรตีนหยาบหญ้าหวานตัดที่อายุ 45 วัน และ 60 วัน มีค่าเท่ากับ 15.20 และ 12.50 % ตามลำดับ เมื่ออายุหญ้าหวานมากขึ้นจะทำให้คุณค่าทางโภชนาการลดลง และหญ้าจะมีการขยายขนาดของ ลำต้น ขั้วปล้อง และใบอย่างชัดเจน ส่งผลให้ ผลผลิตและเยื่อใยสูงขึ้น แต่ระดับโปรตีนต่ำ

ตารางที่ 2 ผลของปุ๋ยลูกบอลอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตของหล้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ที่อายุ 60 วัน

สิ่งทดลอง	น้ำหนักสด/กรัม	จำนวนใบ/ต้น	ความกว้างใบ (เซนติเมตร)	ความยาวใบ (เซนติเมตร)
T1	109.10 ^e	37 ^e	1.57 ^c	41.34 ^c
T2	122.60 ^d	47.71 ^d	1.83 ^c	45.80 ^c
T3	189.57 ^c	53.86 ^c	2.39 ^b	55.09 ^b
T4	270.66 ^b	65.14 ^b	2.47 ^b	59.11 ^{ab}
T5	344.54 ^a	76 ^a	2.94 ^a	64.01 ^a
<i>F-test</i>	639.913**	75.866**	32.598**	21.04**
<i>C.V.(%)</i>	5.03	8.16	9.48	10.08

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P \leq 0.01$

อภิปรายผล

ความเปลี่ยนแปลงของความกว้างใบของต้นหล้าเนเปียร์ปากช่อง 1 พบว่า ความกว้างใบ ของต้นหล้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ทั้ง 5 สิ่งทดลองมีความแตกต่างกัน สิ่งทดลองที่มีความแตกต่างมากที่สุดคือสิ่งทดลองที่ 5 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.94 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองควบคุม คือสิ่งทดลองที่ 1 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.57 เซนติเมตร ดังตารางที่ 4.3 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ไกรวิทย์ สมเสร็จ (2565) ในเรื่องการศึกษาศึกษาอัตราส่วนปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากวัสดุธรรมชาติเพื่อเพิ่มผลผลิตของข้าวโพดข้าวเหนียว พบว่าอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมีผลต่อความกว้างใบ คือ ปุ๋ยอินทรีย์ในอัตราส่วน 300 กรัม/ต้น ให้ค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 5.45 เซนติเมตร ซึ่งวัสดุอัดเม็ดจากธรรมชาติส่วนใหญ่เป็นใบไม้ และให้ธาตุไนโตรเจนค่อนข้างสูงมีผลทำให้การเจริญเติบโตของข้าวโพดข้าวเหนียวเจริญเติบโตได้ดีในด้านความสูงและใบด้วย เมื่อเทียบกับทุกสิ่งทดลอง ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ความเปลี่ยนแปลงของความยาวใบของต้นหล้าเนเปียร์ปากช่อง 1 พบว่า ความยาวใบของต้นหล้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ทั้ง 5 สิ่งทดลองมีความแตกต่างกัน สิ่งทดลองที่มีความแตกต่างมากที่สุดคือสิ่งทดลองที่ 5 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 64.01 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองควบคุม คือสิ่งทดลองที่ 1 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 41.34 เซนติเมตร สำราญ วิจิตรพันธ์ และพรชัย ล้อวิสัย (2553) ผลผลิตและคุณภาพของหล้าสามารถทำให้สูงขึ้นได้ด้วยการใส่ปุ๋ย โดยเฉพาะอย่างยิ่งปุ๋ยไนโตรเจน ทั้งนี้อัตราการใส่ปุ๋ยจะขึ้นกับความอุดมสมบูรณ์ของดิน หล้าเนเปียร์เป็นหล้าที่ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนเป็น อย่างดี สามารถให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นเมื่อมีการใส่ปุ๋ย และอัตราการเพิ่มผลผลิตจะขึ้นกับความสมบูรณ์ ของดิน ทั้งนี้การใส่ปุ๋ยคอกให้ผลในลักษณะเดียว กับปุ๋ยไนโตรเจน แต่ปุ๋ยคอกจะช่วยให้ดินสมบัติ ทางกายภาพของดินดีขึ้น และการใส่ปุ๋ยคอก 4,000 กก. ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย 20 กก./ไร่ หลังการตัดหล้าเนเปียร์ทุกครั้งมีแนวโน้มที่จะให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งรวมและผลผลิตน้ำหนักแห้งดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เสาวนีย์ ชูจิต (2565) ในการศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยชีวภาพต่อการเร่งการเจริญเติบโตของผักคะน้า กวางตุ้ง และขึ้นฉ่าย ในการปลูกระบบอินทรีย์ พบว่าในขณะที่ค่าความยาวใบเฉลี่ยของ

ต้นกวาดตั้งจากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ต่อน้ำหมักแบคทีเรีย อัตราส่วน 1:1 และ 1:1.5 มีค่า 14.1 และ 13.0 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปุ๋ยอินทรีย์ต่อน้ำหมักแบคทีเรีย อัตราส่วน 1:0.5 และการใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพียงอย่างเดียว ในขณะที่ความกว้างใบพบว่าปุ๋ยอินทรีย์ต่อน้ำหมักแบคทีเรีย อัตราส่วน 1:0.5 ให้ค่าความกว้างใบเฉลี่ยของต้นกวาดตั้งสูงที่สุดเป็น 12.8 เซนติเมตร ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์อย่างเดียว และการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ต่อน้ำหมักแบคทีเรีย อัตราส่วน 1:1 และ 1:1.5 ให้ค่าความกว้างใบเฉลี่ยของต้นกวาดตั้งเป็น 12.6 11.8 และ 11.2 เซนติเมตร การใช้ปุ๋ยลูกบอลอินทรีย์จากมูลช้างช่วยเร่งการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุและเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในดิน ซึ่งช่วยในการละลายธาตุอาหารที่พืชนำไปใช้ได้ยาก ให้กลายเป็นรูปที่พืชดูดซึมได้ง่ายขึ้น (เก่งกาจ จันทระวิกุล และฐิยา รังษิสุริยะชัย, 2562) ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับแนวคิดที่ว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงสามารถให้ผลผลิตเทียบเท่าหรือดีกว่าปุ๋ยเคมีได้ และยังเป็นประโยชน์ต่อการฟื้นฟูความสมบูรณ์ของดินในระยะยาว

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาทดลองการศึกษากาธิพลของปุ๋ยลูกบอลอินทรีย์จากมูลช้างเพื่อเพิ่มอัตราในการเจริญเติบโตของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ซึ่งเป็นการทดลองหาอัตราการเจริญเติบโตของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ที่มีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด ผลการทดลองพบว่า สิ่งทดลองที่ 5 คือใส่ปุ๋ยลูกบอลอินทรีย์จำนวน 4 ลูก ส่งผลทำให้ค่าเฉลี่ยของการเจริญเติบโตของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ทางด้านน้ำหนักสด จำนวนใบ ความกว้างใบและความยาวใบ มีการเจริญเติบโตมากที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดที่ 344.54 กรัม ค่าเฉลี่ยจำนวนใบอยู่ที่ 76 ใบ ค่าเฉลี่ยความกว้างใบอยู่ที่ 2.94 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยความยาวใบที่ 64.01 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับทุกสิ่งทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในการเก็บข้อมูลด้านของคลอโรฟิลล์ในต้นหญ้าเนเปียร์ ปากช่อง 1 พบว่า ทุกสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และคุณสมบัติทางเคมีของดินหลังปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 พบว่าการเปลี่ยนแปลงในการเพิ่มธาตุอาหาร N, P, K เพิ่มขึ้นและคุณสมบัติทางเคมีของดินหลังปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 พบว่าการเปลี่ยนแปลงในการเพิ่มธาตุอาหาร N, P, K เพิ่มขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์คหศึกษา หรือหมู่บ้านช้าง บ้านตากกลาง และองค์การบริหารส่วนตำบลกะโพ อำเภอนาทม จังหวัดสุรินทร์ที่เป็นสถานที่ในการวิจัยครั้งนี้ และคณะเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ที่ให้ความ อนุเคราะห์ด้านงบประมาณและสถานที่ในการ ทำงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- เก่งกาจ จันทร์กวิบูล, และฐนียา รังษิสุริยะชัย. (2562). การผลิตปุ๋ยหมักจากเศษอาหารข้างร่วมกับมูลช้างและการหมักด้วยวิธีการหมักแบบไร้อากาศ. ใน ชาญยุทธ กาฬกาญจน์(บ.ก.), *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 25 (ENV02-ENV02)*. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. <https://conference.thaince.org/index.php/ncce25/article/view/171/21>
- ไกรวิชญ์ สมเสร็จ. (2565). *การศึกษาอัตราส่วนปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากวัสดุธรรมชาติที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มผลผลิตของข้าวโพดข้าวเหนียว*. มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์.
- จารุณี หนูละออง, อับดุลรอฮิม เปาะอีแต, และอิมรอน อาลิมามะ. (2559). ผลของปุ๋ยต่อผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา*, 1(2), 23-30. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/yrjst/article/view/124445/138720>
- ต่อตระกูล เหมียदनอก, และเพชรรัตน์ พรหมทา. (2561). *นวัตกรรมด้านเทคโนโลยีการเกษตร การทำปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากวัสดุธรรมชาติของท้องถิ่นเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรในจังหวัดสุรินทร์*. มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์.
- เชาวฤทธิ์ มาปะโท, และเมธา วรรณพัฒน์. (2560). หญ้าหวาน (Pennisetum purpureum cv. Mahasarakham) หญ้าทางเลือกใหม่สำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง. *วารสารโคนม*, 34, 57-63.
- สันทนา แสนโคตร. (2545). *อิทธิพลของระดับปุ๋ยมูลโคที่มีผลต่อวัตถุดิบของหญ้ากินนีสีม่วง ที่ปลูกร่วมกับถั่วลาย*. ภาควิชาเทคโนโลยีทางสัตว คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- สำราญ วิจิตรพันธ์, และพรชัย ล้อวิสัย. (2553). ผลของปุ๋ยคอกและ/หรือปุ๋ยเคมีที่มีต่อผลผลิต และคุณค่าทางโภชนาของหญ้าเนเปียร์ยักษ์ ภายใต้การให้น้ำชลประทาน. *วารสารวิจัย มช*, 16(3), 215-224.
- เสาวนีย์ ชูจิต. (2565). การศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยชีวภาพต่อการเร่งการเจริญเติบโตของผักคะน้า กวางตุ้ง และขึ้นฉ่าย ในการปลูกระบบอินทรีย์. *วารสารวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม*, 3(3), 13-24.
- อภิชาติ หมั่นวิชา, ไพโรจน์ ศิลม้น, และสมปอง สรวมศิริ. (2562). ผลของชนิดปุ๋ยอินทรีย์ ต่อผลผลิต และองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1. *วารสารแก่นเกษตร*, 47(พิเศษ 2), 701-706.



การพัฒนาและยกระดับผลิตภัณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ด้วยแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนเพื่อสร้างมูลค่า
และเสริมความเข้มแข็งของกลุ่มเกษตรกรอินทรีย์นาจั่ว อำเภอมือง จังหวัดเพชรบูรณ์
Development and Upgrading of Organic Fertilizer Products Using Circular
Economy Concept to Empower the Na Ngua Organic Agriculture Group,
Phetchabun Province

พรทวี กองร้อย*

Porntawee Kongroy

ธนาวรรณ พิณะเวศน์*

Thanawan Pinawet

กัญญ์กุลณัช พีรชาอัครชัย**

Kankulnat Peerachaakkarachai

Received : February 13, 2026

Revised : April 28, 2026

Accepted : May 22, 2026

บทคัดย่อ

การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ของกลุ่มเกษตรกรอินทรีย์นาจั่ว จังหวัดเพชรบูรณ์ ดำเนินการโดยอาศัยประสบการณ์เป็นหลัก ทำให้ยังมีข้อจำกัดทางด้านคุณภาพและธาตุอาหารที่ยังไม่สอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐาน การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและยกระดับผลิตภัณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ด้วยแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยและพัฒนาแบบผสานวิธี เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย แบบสอบถามและแบบสังเกตเพื่อถอดบทเรียนองค์ความรู้เดิม การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและโลหะหนักในห้องปฏิบัติการ และแบบประเมินความพึงพอใจ ผลการวิจัยพบว่า ปุ๋ยอินทรีย์สูตรเดิมของกลุ่มเกษตรกรมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในระดับต่ำ เมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานกำหนด งานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาปรับปรุงส่วนผสมโดยเพิ่มสัดส่วนมูลไก่จาก 2 ส่วน เป็น 4 ส่วน ผลการเปรียบเทียบคุณภาพปุ๋ยอินทรีย์ก่อนและหลังการปรับปรุงด้วยสถิติ t-test พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยปุ๋ยอินทรีย์หลังการปรับปรุงมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเพิ่มขึ้นเป็น 1.54% ค่าคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) 14.65:1 และปริมาณโลหะหนักเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

*อาจารย์ประจำสาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

Lecturer in Natural Resources and Environmental Technology Faculty of Science and Technology

Phetchabun Rajabhat University(Corresponding Author) e-mail: porntawee.kon@pcru.ac.th

**อาจารย์ประจำสาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจดิจิทัล คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

Lecturer in Digital Business Computer Faculty of Management Science Phetchabun Rajabhat University

ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการออกแบบตราสัญลักษณ์และบรรจุภัณฑ์ พบว่าด้านความชัดเจนและจดจำได้ง่ายมีค่ามากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.80) และความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.70) สำหรับการถ่ายทอดองค์ความรู้สู่กลุ่มเกษตรกร พบว่า ด้านความรู้ความสามารถและประสบการณ์ของวิทยากรมีระดับความพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.90) และได้รับความพึงพอใจโดยรวมในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.75) ซึ่งผลลัพธ์เหล่านี้แสดงให้เห็นว่ากลุ่มเกษตรกรสามารถนำองค์ความรู้ไปต่อยอดเพื่อลดต้นทุนและสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์ได้อย่างยั่งยืน

คำสำคัญ : ปุ๋ยอินทรีย์ / เศรษฐกิจหมุนเวียน / เกษตรอินทรีย์ / จังหวัดเพชรบูรณ์

ABSTRACT

The organic fertilizer production of the Na Ngua Organic Agriculture Group in Phetchabun Province relies primarily on practical experience, resulting in limitations in quality and nutrients that have not yet met standard criteria. Therefore, this research aimed to develop and upgrade organic fertilizer products using the Circular Economy concept through a Mixed-Method Research and Development (R&D) approach. The research instruments included questionnaires and observation forms to extract traditional knowledge, laboratory analysis for chemical and heavy metal properties, and satisfaction evaluation forms.

The results revealed that the farmers' original fertilizer formula contained a low total nitrogen level compared to the standard criteria. Consequently, this research improved the mixture by increasing the chicken manure proportion from 2 to 4 parts. A t-test comparison of the organic fertilizer quality before and after the improvement showed a statistically significant difference ($p < 0.01$); the improved organic fertilizer demonstrated an increased total nitrogen content of 1.54%, a Carbon-to-Nitrogen (C/N) ratio of 14.65:1, and heavy metal concentrations within standard limits. Regarding the satisfaction evaluation of the logo and packaging design, the clarity and recognizability aspect received the highest rating ($\bar{X}$ = 4.80), with an overall satisfaction at the highest level ($\bar{X}$ = 4.70). For the knowledge transfer to the farmers, the speaker's knowledge, ability, and experience received the highest satisfaction rating ($\bar{X}$ = 4.90), with an overall satisfaction at the highest level ($\bar{X}$ = 4.75). These findings suggest that the farmers can apply this knowledge to reduce costs and sustainably create value-added products.

Keywords : Organic Fertilizer / Circular Economy / Organic Farming / Phetchabun Province

บทนำ

ในปัจจุบัน ภาคการเกษตรของประเทศไทยมีการพึ่งพาสารเคมีและปุ๋ยเคมีในการผลิตในปริมาณมาก ข้อมูลสถิติความต้องการใช้ปุ๋ยเคมีของภาคการเกษตรไทยมีประมาณ 4.5-4.7 ล้านตันต่อปี (ศูนย์วิจัยกสิกรรมไทย, 2567) ซึ่งการใช้ปุ๋ยและสารเคมีข้างต้นไม่เพียงแต่เพิ่มต้นทุนการผลิตของเกษตรกร (เกษม เปนาะวัด, 2567) แต่ยังอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพร่างกายและระบบนิเวศทางสิ่งแวดล้อม (ขวัญฤทัย ทองบุญฤทธิ์ และ เจตติกล ทองศรี, 2561; วันปิติ ธรรมศรี, 2564) จากปัญหาข้างต้นรัฐบาลได้กำหนดนโยบายโดยนำแนวคิด เศรษฐกิจหมุนเวียน BCG Model (Bio-Circular-Green Economy) ที่เน้นการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร กลับมาหมุนเวียนเป็นทรัพยากรใหม่ เพื่อสร้างระบบเกษตรกรรมที่พึ่งพาตนเองได้ ลดการสูญเสียทรัพยากร และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้วัตถุดิบต่างๆให้เกิดประโยชน์สูงสุด (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2564; ขวัญฤทัย ทองบุญฤทธิ์, 2561)

ประชากรในพื้นที่ตำบลนาจั่ว อำเภอมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม โดยทำการเกษตรประเภทปลูกข้าว ยาสูบ ข้าวโพด ทำสวน ทำไร่ และปศุสัตว์ ทั้งนี้ประชากรอีกส่วนหนึ่งเลือกที่จะปรับเปลี่ยนการทำเกษตรเป็นเกษตรอินทรีย์ มีการปลูกพริก มะเขือ ผักสลัด ถั่วฝักยาว เป็นต้น เพื่อทำเกษตรที่ไม่มีการใช้สารเคมีในทุกขั้นตอนการผลิตที่เริ่มตั้งแต่การเตรียมเมล็ดพันธุ์ การเตรียมดิน การปลูก การดูแลรักษา เก็บเกี่ยวจนผลผลิตสู่ลูกค้า เพื่อสร้างความเชื่อมั่นได้ว่าเกษตรกรและผู้บริโภคที่ใช้ผลผลิตของกลุ่มเกษตรอินทรีย์ จะได้รับความปลอดภัยจากสารเคมีและไม่ได้รับผลกระทบทางสุขภาพที่จะเพิ่มโอกาสความเสี่ยงโรคร้ายแรง ตามมา โดยกลุ่มเกษตรกรนาจั่วได้ดำเนินงานจัดตั้งเป็นกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกษตรอินทรีย์นาจั่วเมื่อ ปี 2561 และปรับเปลี่ยนจากการใช้ปุ๋ยและสารเคมีมาเป็นการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตเองจากวัตถุดิบที่มีอยู่ในชุมชนเพื่อลดค่าใช้จ่ายและความเป็นอันตรายจากการใช้สารเคมี อย่างไรก็ตาม พบว่ากระบวนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ของกลุ่มยังพึ่งพาประสบการณ์และภูมิปัญญาดั้งเดิมเป็นหลัก โดยใช้การกะปริมาณวัตถุดิบและหมักในบรรจุภัณฑ์แบบดั้งเดิม ยังไม่มีการศึกษาคุณสมบัติตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด นอกจากนี้ เกษตรกรยังมีข้อจำกัดด้านการเข้าถึงเทคโนโลยีการผลิตที่ทันสมัยและความกังวลเรื่องสารเคมีปนเปื้อนข้ามแปลงจากพื้นที่ใกล้เคียง ปัจจัยดังกล่าวส่งผลให้ข้อจำกัดต่อการพัฒนาสู่ระบบเกษตรอินทรีย์มาตรฐานและการสร้างความเชื่อมั่นในเชิงพาณิชย์ การวิจัยที่ผ่านมาได้มีการศึกษาด้านการปรับปรุงดินโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ผ่านการมีส่วนร่วมของชุมชน เช่น อุทิศ ทาหอม และคณะ (2562) กล่าวว่า กระบวนการพัฒนาศักยภาพแบบมีส่วนร่วมสามารถลดต้นทุนการใช้ปุ๋ยเคมีได้ถึงร้อยละ 82 วิธนา นิลวงศ์ และอานันท์ ตันโซ (2564) ระบุว่า การปรับปรุงสมบัติดินด้วยอินทรีย์วัตถุในช่วงระยะปรับเปลี่ยนเป็นปัจจัยสำคัญต่อความสำเร็จของเกษตรอินทรีย์ อีกทั้งขวัญฤทัย ทองจิตร์ และคณะ (2565) กล่าวว่าสูตรปุ๋ยที่เหมาะสมมีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชที่ปลูก และ วินิตรา สีสะพัฒนา และวีระพล ทองมา (2565) ได้เสนอแนะว่าการนำแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนมาใช้ร่วมกับการสร้างอัตลักษณ์สินค้า จะช่วยเชื่อมโยงภาคเกษตรสู่การท่องเที่ยวและเศรษฐกิจสร้างสรรค์ได้

จากสภาพปัญหาและข้อมูลดังกล่าวข้างต้น คณะผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความจำเป็นในการดำเนินโครงการวิจัยนี้ เพื่อนำองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน มาบูรณาการร่วมกับภูมิปัญญา

ของเกษตรกร โดยมุ่งเน้นกระบวนการปรับปรุงคุณภาพปุ๋ยอินทรีย์ของกลุ่มเกษตรกรอินทรีย์ พร้อมทั้งยกระดับผลิตภัณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ด้วยการออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม เพื่อให้กลุ่มเกษตรกรอินทรีย์นำวัสดุสามารถพึ่งพาตนเองได้อย่างยั่งยืน ลดต้นทุนการผลิต และมีความพร้อมในการแข่งขันในตลาดสินค้าเกษตรมูลค่าสูงต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) แบบผสมวิธี (Mixed-Method Research) โดยดำเนินการในพื้นที่กลุ่มเกษตรกรอินทรีย์นำร่อง อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ มีรายละเอียดดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ใช้วิธีการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มเป้าหมาย ตามวัตถุประสงค์การวิจัยและหลักจริยธรรมที่เน้นความสมัครใจในการเข้าร่วม ได้แก่

1) กลุ่มผู้ให้ข้อมูลหลัก (Key Informants) เพื่อศึกษาองค์ความรู้ดั้งเดิม จำนวน 10 ราย โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จากกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกพืชอินทรีย์นำร่อง ภายใต้เกณฑ์การคัดเลือก ประกอบด้วย การเป็นสมาชิกของกลุ่มมาแล้วอย่างน้อย 6 เดือน การมีอายุตั้งแต่ 40 ปีขึ้นไป และการมีประสบการณ์ตรงในการทำเกษตรอินทรีย์

2) กลุ่มผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี เป็นเกษตรกรและผู้สนใจทั่วไปจำนวน 30 ราย เพื่อเข้าร่วมอบรมเชิงปฏิบัติการและประเมินผลการยอมรับเทคโนโลยี โดยคัดเลือกจากผู้ที่มีความสนใจในการนำรูปแบบการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ไปปรับปรุงและประยุกต์ใช้จริง

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย สำหรับการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1) เครื่องมือวิจัยเชิงคุณภาพ ประกอบด้วย แบบสอบถามเพื่อสำรวจองค์ความรู้และรูปแบบการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ดั้งเดิม ซึ่งเป็นแบบสอบถามกึ่งโครงสร้างและแบบบันทึกการสนทนากลุ่ม เพื่อใช้ในการถอดบทเรียนเชิงลึกกับสมาชิกกลุ่มเกษตรกรอินทรีย์นำร่องที่มีอายุ เครื่องมือดังกล่าวได้รับการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ในช่วง 0.67-1.00 และทำการปรับปรุงเนื้อหาตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญก่อนนำไปใช้

2) เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้วิเคราะห์คุณภาพปุ๋ยในห้องปฏิบัติการตามมาตรฐานกรมวิชาการเกษตร ได้แก่ เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter), เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity meter), เครื่องวิเคราะห์คาร์บอนและไนโตรเจน (TOC analyzer) และเครื่องวิเคราะห์โลหะหนัก (Flame AAS) สำหรับตรวจวัดปริมาณโลหะหนักที่สำคัญ ได้แก่ โครเมียม แคดเมียม ทองแดง และตะกั่ว

3) เครื่องมือประเมินผล จัดทำขึ้นเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Likert Scale) จำนวน 2 ชุด ได้แก่ (1) แบบสอบถามประเมินความพึงพอใจต่อแบบร่างตราสัญลักษณ์และบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ (2) แบบสอบถามประเมินความพึงพอใจต่อการจัดการถ่ายทอดองค์ความรู้ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง

(IOC) ทั้ง 2 ฉบับ อยู่ในช่วง 0.67-1.00 และมีความเชื่อมั่นสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค เท่ากับ 0.89 และ 0.85 ตามลำดับ

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล ได้ดำเนินการแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 การศึกษาบริบทและองค์ความรู้เดิมผ่านการทบทวนวรรณกรรมและการสำรวจภาคสนามเพื่อวิเคราะห์ปัญหาและอุปสรรคจากสูตรปุ๋ยอินทรีย์สูตรเดิม ระยะที่ 2 การพัฒนาปุ๋ยอินทรีย์ต้นแบบดำเนินการโดยใช้ข้อมูลคุณสมบัติทางเคมีของสูตรดั้งเดิมเป็นฐานในการออกแบบพัฒนาสูตรปุ๋ยอินทรีย์ และวิเคราะห์คุณสมบัติของปุ๋ยในห้องปฏิบัติการ เพื่อพิจารณาคุณสมบัติทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์ให้เป็นไปตามมาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร (2557) พร้อมทั้งการออกแบบตราสัญลักษณ์พร้อมบรรจุภัณฑ์ และระยะที่ 3 การถ่ายทอดเทคโนโลยีผ่านการอบรมเชิงปฏิบัติการและการประเมินผลความพึงพอใจของผู้เข้าร่วม

4. การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ดังนี้

1) ข้อมูลเชิงปริมาณ วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปและผลความพึงพอใจด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เลือกใช้สถิติ t-test เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์ต้นแบบก่อนและหลังการพัฒนา สำหรับผลวิเคราะห์คุณภาพปุ๋ยใช้วิธีเปรียบเทียบค่าทางเคมีกับประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่อง กำหนดเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2557

2) ข้อมูลเชิงคุณภาพ ใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) จากการสังเกตและสัมภาษณ์ เพื่อสังเคราะห์องค์ความรู้ รูปแบบการผลิต และสภาพปัญหา แล้วนำเสนอในรูปแบบความเรียง

ผลการวิจัย

1. การสำรวจองค์ความรู้และรูปแบบการผลิตปุ๋ยอินทรีย์

การสำรวจข้อมูลองค์ความรู้และรูปแบบการผลิตปุ๋ยอินทรีย์โดยใช้แบบสอบถามกับกลุ่มเกษตรกรสมาชิกกลุ่มเกษตรกรอินทรีย์นาจั่ว ซึ่งมีข้อมูลผู้ตอบแบบสอบถาม ดังตารางที่ 1 เพื่อให้ได้ฐานข้อมูลในการพัฒนารูปแบบการผลิตและเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ พบว่า สมาชิกส่วนใหญ่ผลิตปุ๋ยอินทรีย์โดยอาศัยประสบการณ์และการสังเกตเป็นหลัก โดยมีแหล่งความรู้หลักมาจากการบอกเล่าต่อกันในกลุ่มและการทดลองผิดลองถูก ซึ่งรูปแบบการผลิตเดิมเน้นการใช้มูลสัตว์และวัตถุดิบในพื้นที่เป็นหลัก เนื่องจากหาได้ง่าย ไม่มีการชั่งตวงวัดที่แน่นอนใช้การกะปริมาณด้วยสายตา ทำให้คุณภาพปุ๋ยในแต่ละรอบการผลิตมีความไม่คงที่ เกษตรกรใช้การสังเกตทางกายภาพ เช่น ความร่วนซุยของปุ๋ย และการเขียวของใบพืชหลังการใส่ปุ๋ย โดยขาดการตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีตามมาตรฐานวิชาการ ขั้นตอนการทำปุ๋ยอินทรีย์ใช้เอง อาศัยการหมักแห้งในกระสอบปุ๋ย สำหรับส่วนผสมหลักของปุ๋ยอินทรีย์ต้นแบบที่กลุ่มใช้ มีองค์ประกอบและอัตราส่วนผสมก่อนและหลังการปรับปรุงสูตร ได้แก่ มูลไก่ มูลโค มูลสุกร รำละเอียด และจุลินทรีย์อีเอ็ม ดังตารางที่ 2 และภาพที่ 1 สำหรับขั้นตอนการทำปุ๋ยอินทรีย์ ดังภาพที่ 2

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามที่เป็นสมาชิกกลุ่ม

รายการ	รายละเอียด	จำนวน (คน)	ร้อยละ (%)
1. เพศ	หญิง	10	100
2. อายุ	60-69 ปี	10	100
3. สถานภาพ	สมรส	10	100
4. ระดับการศึกษา	ต่ำกว่าปริญญาตรี	7	70
	ปริญญาตรี	3	30
5. รายได้	ไม่เกิน 10,000 บาท/เดือน	10	100
6. อาชีพปัจจุบัน	เกษตรกร	10	100
7. จำนวนที่ดินประกอบอาชีพ (ไร่)	3-4 ไร่	7	70
	1-2 ไร่	1	10
	5 ไร่ขึ้นไป	2	20
8. จำนวนปีที่ทำเกษตรอินทรีย์	10 ปีขึ้นไป	10	100



ก) มูลสุกร



ข) มูลไก่



ค) มูลโค



ง) น้ำหมักจุลินทรีย์อีเอ็ม

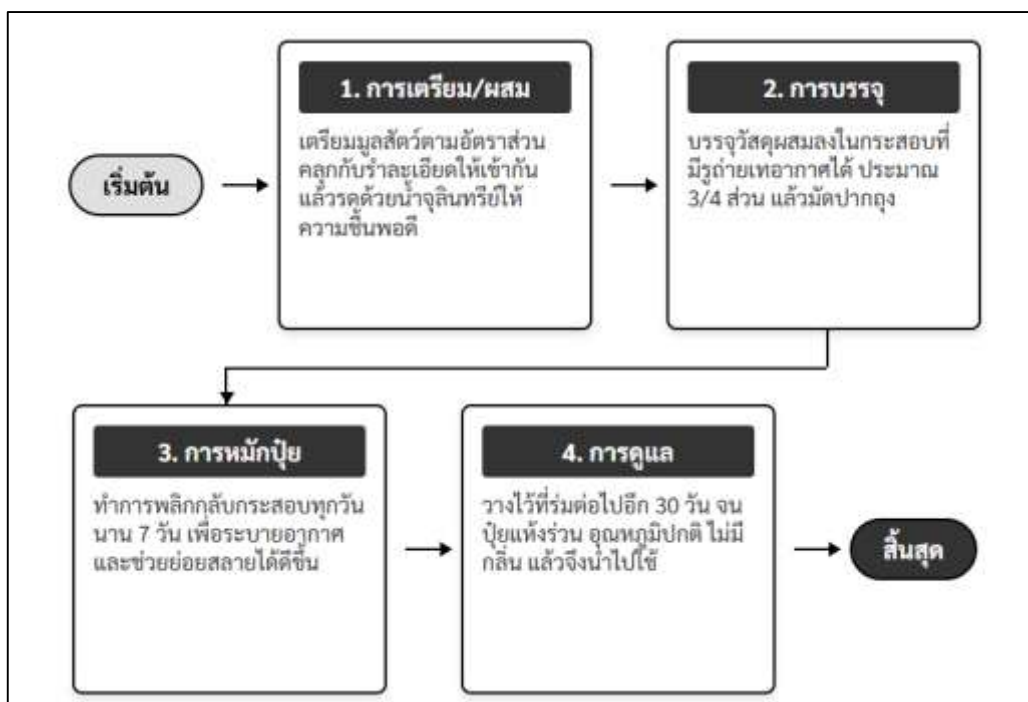


จ) รำละเอียด

ภาพที่ 1 วัสดุทำผลิตภัณฑ์อินทรีย์ของกลุ่มเกษตรกรอินทรีย์นางัว

ตารางที่ 2 ส่วนผสมหลักของปุ๋ยอินทรีย์ของกลุ่มเกษตรกรอินทรีย์นางั่ว

ส่วนผสมหลัก	อัตราส่วนผสมโดยปริมาตรของปุ๋ยอินทรีย์ต้นแบบ	
	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
มูลไก่	2 ส่วน	4 ส่วน
มูลโค	1 ส่วน	1 ส่วน
มูลสุกร	1 ส่วน	1 ส่วน
รำละเอียด	1 ส่วน	1 ส่วน
จุลินทรีย์อีเอ็ม	2 ขอนโตะ	2 ขอนโตะ
น้ำสะอาด	20 ลิตร	20 ลิตร



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ของกลุ่มเกษตรกรอินทรีย์นางั่ว

2. ปัญหา อุปสรรค และความต้องการในการพัฒนาของกลุ่มเกษตรกรอินทรีย์นางั่ว

กลุ่มเกษตรกรมีความต้องการที่จะผลิตปุ๋ยใช้เองเพื่อลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในการปลูกพืชผักอินทรีย์ และเพื่อควบคุมปริมาณสารพิษที่อาจปนเปื้อนมากับปุ๋ย รวมทั้งต้องการรูปแบบการผลิตที่เหมาะสมและมีการวิเคราะห์คุณภาพปุ๋ยอินทรีย์ เพื่อใช้ในการบริหารจัดการและต่อยอดเชิงพาณิชย์ต่อไป สรุปได้ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปัญหา อุปสรรคและความต้องการในการพัฒนา กลุ่มเกษตรกร

ประเด็น	สรุปผล/ข้อเสนอแนะ	การเชื่อมโยงกับงานวิจัย
ปัญหาและอุปสรรค	เกษตรกรบางส่วนยังคงปลูกพืชชนิดอื่นอยู่ เช่น การปลูกยาสูบ ข้าวโพด ทำให้การเปลี่ยนแปลงเป็นเกษตรอินทรีย์ทำได้ยาก รวมทั้งพื้นที่ข้างเคียงยังคงมีการใช้สารเคมี ทำให้เกษตรกรกังวลเรื่องการปนเปื้อนสารเคมีข้ามแปลง นอกจากนี้ ยังขาดทักษะด้านเทคนิคการผลิตที่ทันสมัยและการจัดการเกษตรปลอดภัยอย่างเป็นระบบ รวมถึงเกษตรกรบางส่วนยังเชื่อว่าการมีนายทุนรับซื้อผลผลิตเคมีมีความมั่นคงกว่า และมีทัศนคติที่ไม่ตรงกันภายในครอบครัวเกี่ยวกับการปรับเปลี่ยนวิธีการทำเกษตร	ต้องการข้อมูลทางวิชาการเพื่อสนับสนุนการทำเกษตรอินทรีย์ที่ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ รวมถึงโอกาสต่อยอดเชิงพาณิชย์
การประเมินคุณภาพ	เกษตรกรอาศัยประสบการณ์ที่นำไปใส่ในพืชอินทรีย์แล้วสังเกตลักษณะของดินและการเจริญเติบโตของพืชเป็นหลักในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์	ขาดการวิเคราะห์คุณภาพปุ๋ย ตามมาตรฐานที่กำหนด
การบริหารจัดการ	ขาดระบบการบริหารจัดการที่เหมาะสม และไม่มีกรวิเคราะห์คุณภาพปุ๋ยอินทรีย์	ต้องการรูปแบบการผลิตที่เหมาะสม และมีการวิเคราะห์คุณภาพปุ๋ยอินทรีย์เพื่อใช้ในการบริหารจัดการ และต่อยอดเชิงพาณิชย์
การสร้างมูลค่า	หากมีปริมาณปุ๋ยอินทรีย์เหลือมากพอทางกลุ่มสนใจจำหน่ายเพื่อสร้างรายได้เพิ่มเติม	ต้องการทำตราสัญลักษณ์และบรรจุภัณฑ์ เพื่อใช้เป็นต่อยอดในการขึ้นทะเบียนปุ๋ยอินทรีย์และทำการค้าเชิงพาณิชย์

3. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์ต้นแบบ

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์ต้นแบบ (ก่อนพัฒนา) พบว่าคุณสมบัติส่วนใหญ่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร ยกเว้นปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) ที่มีค่าเพียง 0.33% ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ($\geq 1.0\%$) และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่มีแนวโน้มค่อนข้างเป็นด่าง (8.42) คณะวิจัย

จึงได้ปรับปรุงสูตรโดยเพิ่มสัดส่วนวัตถุดิบที่มีไนโตรเจนสูง คือมูลไก่ จาก 2 ส่วน เป็น 4 ส่วน การเปรียบเทียบสมบัติทางเคมีและกายภาพด้วยสถิติ t-test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 พบว่าปุ๋ยอินทรีย์หลังการปรับปรุงสูตรมีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเพิ่มขึ้นเป็น $1.54 \pm 0.11\%$ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ขณะที่ค่า pH ลดลงอย่างมีนัยสำคัญมาอยู่ที่ระดับ 7.65 ± 0.27 ซึ่งเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio) เพิ่มขึ้นเป็น 14.65:1 บ่งชี้ถึงกระบวนการหมักที่สมบูรณ์ขึ้น ในขณะที่ปริมาณตะกั่ว (Pb) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่แคดเมียมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) อย่างไรก็ตาม ปริมาณโลหะหนักยังคงมีความปลอดภัยตามเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

4. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบและสร้างมูลค่าเพิ่ม

จากผลการวิเคราะห์สภาพปัญหาและความต้องการในการพัฒนากลุ่มเกษตรกร (ตารางที่ 3) พบว่า กลุ่มเกษตรกรมีความต้องการข้อมูลทางวิชาการเพื่อรับรองคุณภาพปุ๋ยอินทรีย์ของกลุ่ม ซึ่งเดิมอาศัยเพียงประสบการณ์และการสังเกตจากการนำปุ๋ยอินทรีย์ไปทดลองใช้ ประกอบกับมีความต้องการสร้างมูลค่าเพิ่มเพื่อจัดจำหน่ายหากมีผลผลิตเหลือใช้ ด้วยเหตุนี้ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบและสร้างมูลค่าเพิ่มของปุ๋ยอินทรีย์กลุ่มเกษตรกรอินทรีย์น้ำจ้ว จึงได้ดำเนินการปรับปรุงธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบ พร้อมทั้งออกแบบตราสัญลักษณ์และฉลากต้นแบบ ซึ่งมีการระบุส่วนผสมและคุณสมบัติเด่นที่สอดคล้องกับจุดเด่นของกลุ่มวิสาหกิจเพื่อสร้างอัตลักษณ์ทางการค้าและเตรียมความพร้อมสำหรับการขึ้นทะเบียนเชิงพาณิชย์ ดังภาพที่ 3 โดยดำเนินการร่างแบบเป็น 2 รูปแบบ เพื่อให้เกษตรกรพิจารณานำไปใช้ต่อยอด ผลการสอบถามวัดความพึงพอใจจากสมาชิกกลุ่มเกษตรกรอินทรีย์น้ำจ้ว ($N=30$) พบว่า กลุ่มเกษตรกรมีความพึงพอใจในระดับมากถึงมากที่สุดต่อแบบร่างที่พัฒนาขึ้น โดยการประเมินตราสัญลักษณ์มีด้านความชัดเจนและจดจำได้ง่ายมากที่สุด ($\bar{X}=4.80$) การประเมินบรรจุภัณฑ์มีด้านความเหมาะสมในการนำบรรจุภัณฑ์ไปใช้มากที่สุด ($\bar{X}=4.70$) และการประเมินความเหมาะสมในการต่อยอดเชิงพาณิชย์มีศักยภาพในการเพิ่มมูลค่าและเพิ่มช่องทางการตลาดให้กับกลุ่มมากที่สุด ($\bar{X}=4.70$) ดังตารางที่ 5 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ต้นแบบดังกล่าวสามารถตอบสนองความต้องการของชุมชน ในการเตรียมความพร้อมสำหรับการขอขึ้นทะเบียนปุ๋ยอินทรีย์และการจัดจำหน่ายเชิงพาณิชย์เพื่อสร้างรายได้เสริมให้แก่กลุ่มเกษตรกรได้อย่างเป็นรูปธรรม



ก) ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์แบบที่ 1

ข) ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์แบบที่ 2

ภาพที่ 3 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ต้นแบบของกลุ่มเกษตรกรอินทรีย์นางัว

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพของปุ๋ยอินทรีย์ต้นแบบ

พารามิเตอร์	หน่วย	ตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์ต้นแบบ		ค่า t-test	เกณฑ์มาตรฐาน ^๓
		(ก่อนปรับปรุง)	(หลังปรับปรุง)		
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	-	8.77 ± 0.09	7.65 ± 0.27	**	5.5-8.5
ค่าการนำไฟฟ้า (EC)	(μS/cm)	5,531 ± 792	6,253 ± 640	ns	≤10,000
ความชื้น	%	11.31 ± 2.82	18.53 ± 4.15	**	≤30
ไนโตรเจนทั้งหมด	%	0.33 ± 0.04	1.54 ± 0.11	**	≥1.0
ฟอสฟอรัสทั้งหมด	%	3.17 ± 2.95	4.38 ± 1.63	ns	≥0.5
โพแทสเซียมทั้งหมด	%	3.89 ± 0.42	4.40 ± 0.17	ns	≥0.5
อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio)	-	6.11:1	14.65:1	**	≤20:1
โครเมียม (Cr)	mg/kg	ND	ND		≤300
แคดเมียม (Cd)	mg/kg	0.02 ± 0.003	0.04 ± 0.006	**	≤5

ตารางที่ 4 (ต่อ)

พารามิเตอร์	หน่วย	ตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์ต้นแบบ		ค่า t-test	เกณฑ์มาตรฐาน ^a
		(ก่อนปรับปรุง)	(หลังปรับปรุง)		
		(ก่อนปรับปรุง)	(หลังปรับปรุง)		
ทองแดง (Cu)	mg/kg	ND	ND	-	≤500
ตะกั่ว (Pb)	mg/kg	0.45 ± 0.004	0.40 ± 0.07	ns	≤500

หมายเหตุ: ^aกรมวิชาการเกษตร (2557)

ND = ตรวจไม่พบทางห้องปฏิบัติการ

* = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05, ** = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

5. การถ่ายทอดองค์ความรู้และการประเมินความพึงพอใจ

ผลการประเมินความพึงพอใจดำเนินการโดยใช้แบบสอบถามวัดผลจากผู้เข้าร่วมอบรมเชิงปฏิบัติการถ่ายทอดเทคโนโลยี จำนวน 30 ราย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความพึงพอใจต่อเนื้อหา รูปแบบ และความเป็นไปได้ในการนำเทคโนโลยีไปประยุกต์ใช้ ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการจัดการถ่ายทอดองค์ความรู้ ดังตารางที่ 6 พบว่า ผู้เข้าร่วมอบรมมีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.75) สะท้อนให้เห็นถึงผลของการถ่ายทอดเทคโนโลยีอยู่ในระดับดีมาก โดยด้านความรู้ความสามารถและประสบการณ์ของวิทยากรมีระดับความพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.90) รองลงมาเนื้อหาตรงกับความต้องการและปัญหาของกลุ่มเกษตรกร ($\bar{X}$ = 4.87) และสูตรปุ๋ยอินทรีย์ที่พัฒนาใหม่ มีศักยภาพในการลดต้นทุนการผลิต ($\bar{X}$ = 4.77) ตามลำดับ สำหรับข้อเสนอแนะจากการดำเนินงาน พบว่า ผู้เข้าร่วมการอบรมชื่นชมรูปแบบการจัดอบรมที่เน้นภาคปฏิบัติและการแสดงผลวิเคราะห์คุณภาพปุ๋ยจากห้องปฏิบัติการที่สร้างความน่าเชื่อถือ อย่างไรก็ตาม เพื่อให้เกิดความยั่งยืนและเหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมายส่วนใหญ่ที่เป็นผู้สูงอายุ คณะวิทยากรมีข้อเสนอแนะที่จะปรับเปลี่ยนสื่อการสอนจากเอกสารวิชาการเป็น คู่มือภาพวาดหรือสื่อวีดิโอสั้น เพื่อให้ง่ายต่อการทบทวน นอกจากนี้ จะจัดตั้งกลุ่มติดตามผลผ่านช่องทางออนไลน์ เพื่อให้คำปรึกษาในการผลิตจริง และทำหน้าที่เป็นตัวกลางเชื่อมโยงสินค้าอินทรีย์ของกลุ่มเกษตรกรเข้าสู่ช่องทางการตลาดที่มีคุณภาพต่อไป

ตารางที่ 5 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (SD)	ระดับความ พึงพอใจ
ส่วนที่ 1 การประเมินตราสัญลักษณ์			
1. ความสวยงามและน่าสนใจ	4.60	0.52	มากที่สุด
2. ความชัดเจนและจดจำได้ง่าย	4.80	0.42	มากที่สุด
3. การสื่อสารอัตลักษณ์และเศรษฐกิจหมุนเวียน	4.40	0.52	มาก
4. ความรู้สึกเชื่อมั่นต่อผลิตภัณฑ์	4.50	0.50	มากที่สุด
ส่วนที่ 2 การประเมินบรรจุภัณฑ์			
5. ความแข็งแรงและทนทานของวัสดุบรรจุภัณฑ์	4.30	0.48	มาก
6. ความเหมาะสมของขนาดและปริมาณบรรจุภัณฑ์	4.40	0.52	มาก
7. ความชัดเจนและครบถ้วนของข้อมูลผลิตภัณฑ์	4.20	0.42	มาก
8. ความน่าสนใจของสีและการออกแบบโดยรวม	4.50	0.50	มากที่สุด
9. ความเหมาะสมในการนำบรรจุภัณฑ์ไปใช้	4.70	0.48	มากที่สุด
ส่วนที่ 3 การประเมินความเหมาะสมในการต่อยอดเชิงพาณิชย์			
10. ความเหมาะสมในการขึ้นทะเบียนปุ๋ยอินทรีย์	4.60	0.52	มากที่สุด
11. มีศักยภาพในการเพิ่มมูลค่าและเพิ่มช่องทางการตลาดให้กับกลุ่ม	4.70	0.48	มากที่สุด
12. ความพึงพอใจโดยรวมต่อแบบร่างตราสัญลักษณ์และบรรจุภัณฑ์	4.70	0.48	มากที่สุด

ตารางที่ 6 ระดับความพึงพอใจต่อการจัดการถ่ายทอดองค์ความรู้ของผู้เข้าร่วมการอบรม

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ระดับความ พึงพอใจ
เนื้อหาและเอกสารประกอบ		
1. เนื้อหามีความชัดเจนและง่ายต่อความเข้าใจ	4.73	มากที่สุด
2. เนื้อหาตรงกับความต้องการและปัญหาของกลุ่มเกษตรกร	4.87	มากที่สุด
3. เอกสารประกอบการบรรยายมีความครบถ้วนและนำไปใช้อ้างอิงได้	4.60	มากที่สุด
รูปแบบการจัดการและวิทยากร		
4. ความรู้ความสามารถและประสบการณ์ของวิทยากร	4.90	มากที่สุด

ตารางที่ 6 (ต่อ)

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ระดับความ พึงพอใจ
5. รูปแบบการจัดอบรม มีความเหมาะสม	4.50	มากที่สุด
6. สถานที่และอุปกรณ์มีความพร้อมและเหมาะสม	4.40	มาก
7. ระยะเวลาในการจัดกิจกรรมมีความเหมาะสม	4.50	มากที่สุด
ประโยชน์และการประยุกต์ใช้		
8. องค์ความรู้ที่ได้รับสามารถนำไปปรับใช้กับการผลิต/การเกษตรของ ท่านได้จริง	4.70	มากที่สุด
9. สูตรปุ๋ยอินทรีย์ที่พัฒนาใหม่ มีศักยภาพในการลดต้นทุนการผลิต	4.77	มากที่สุด
10. องค์ความรู้นี้ช่วยเพิ่มความเชื่อมั่นในการต่อยอดเชิงพาณิชย์และ สร้างรายได้	4.70	มากที่สุด
11. โดยรวม ท่านมีความพึงพอใจต่อการจัดการถ่ายทอดองค์ความรู้	4.75	มากที่สุด

อภิปรายผลการวิจัย

การเพิ่มธาตุอาหารและประสิทธิภาพของปุ๋ยอินทรีย์

ผลการวิเคราะห์คุณภาพปุ๋ยอินทรีย์ภายหลังการพัฒนาปรับปรุงสูตร พบว่า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) เพิ่มขึ้นจากเดิมประมาณ 4.66 เท่า (1.54%) ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการ เกษตร พ.ศ. 2557 ที่กำหนดไว้ไม่ต่ำกว่า 1.0% การเพิ่มขึ้นของปริมาณไนโตรเจน เป็นไปได้ว่ามีผลมาจากการปรับสัดส่วนวัตถุดิบที่มีองค์ประกอบของธาตุไนโตรเจนเพิ่มเติม คือการเพิ่มสัดส่วนของมูลไก่ จากเดิม 2 ส่วน เป็น 4 ส่วน ซึ่งคุณสมบัติทางเคมีของมูลสัตว์ปีก เช่น มูลนกแอ่นกินรัง มูลไก่ มีปริมาณไนโตรเจนสูงกว่ามูลโค และมูลสุกรอย่างมีนัยสำคัญ (ปนัดดา จะแจ้ง และคณะ, 2563) เนื่องจากระบบขับถ่ายของสัตว์ปีกจะขับถ่าย ปัสสาวะและอุจจาระออกมาพร้อมกันในรูปของกรดยูริก ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสูง เมื่อเข้าสู่กระบวนการหมัก จุลินทรีย์จะทำการย่อยสลายกรดยูริกให้กลายเป็นแอมโมเนียมและไนเตรท ที่พืช สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้รวดเร็วกว่า สอดคล้องกับ Xue et al. (2025) ที่ระบุว่า การจัดการกระบวนการ หมักร่วม (Co-composting) ของมูลสัตว์ปีกกับวัสดุอินทรีย์อื่นๆ อย่างเหมาะสม สามารถลดการสูญเสีย ไนโตรเจนในรูปก๊าซแอมโมเนียและเพิ่มการตรึงธาตุอาหารในปุ๋ยได้ พร้อมทั้งงานวิจัยของ วันวิสาข์ ลิขจัน และ กานต์สุดา ดวงศรีแก้ว (2568) พบว่าปุ๋ยหมักจากมูลไก่มีศักยภาพในการปลดปล่อยธาตุอาหารหลักและส่งเสริม การเจริญเติบโตของพืชสมุนไพรและพืชผักได้ดีกว่ามูลสัตว์ชนิดอื่น นอกจากนี้ การเพิ่มสัดส่วนมูลไก่ใน กระบวนการหมักยังส่งผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในปุ๋ยหมัก โดยพบว่าค่า pH ลดลงจาก 8.77 เป็น 7.65 ทั้งนี้เนื่องจากมูลไก่โดยสภาวะทั่วไปมักมีสมบัติเป็นกรดจากกรดอินทรีย์ เมื่อ นำมาเพิ่มสัดส่วนในปุ๋ยจึงส่งผลให้ค่า pH ลดลง ส่งผลดีต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์และการปลดปล่อยธาตุอาหาร

เนื่องจากเป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์กลุ่มย่อยสลาย ช่วยเร่งกระบวนการเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ที่ซับซ้อนให้อยู่ในรูปอนินทรีย์ไอออนที่ละลายน้ำเพื่อให้พืชดูดซึมไปใช้งาน อีกทั้งช่วยลดการตรึงธาตุอาหาร เนื่องจากปุ๋ยหรือดินที่มีสภาวะเป็นด่างจัดธาตุอาหารสำคัญอย่างฟอสฟอรัสและจุลธาตุจะทำปฏิกิริยาตกตะกอนกับแคลเซียมและถูกตรึงไว้ ทำให้พืชไม่สามารถนำไปใช้ได้และอาจได้รับธาตุอาหารไม่เพียงพอ แต่เมื่อปุ๋ยสูตรปรับปรุงมีค่า pH ลดลงมาอยู่ในช่วง 6.5-7.5 ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสม จะช่วยลดและป้องกันการเกิดกระบวนการตรึงธาตุอาหารดังกล่าวได้ ส่งผลให้ธาตุอาหารต่างๆ ไม่ถูกยึดเกาะและคงอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ในสารละลายดิน พืชจึงสามารถดูดซึมธาตุอาหารไปใช้ได้ (วิธนา นิลวงศ์ และอานันท์ ต้นโช, 2564) ในส่วนของอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio) ของปุ๋ยอินทรีย์ภายหลังการพัฒนาปรับปรุงสูตร พบว่ามีค่าเท่ากับ 14.65:1 ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2557 ที่กำหนดไว้ว่าต้องมีอัตราส่วนไม่เกิน 20:1 การที่ค่า C/N Ratio ลดลง อาจเกิดจากการเพิ่มสัดส่วนของมูลไก่ในกระบวนการหมักโดยตรง เนื่องจากมูลไก่เป็นวัสดุอินทรีย์ที่มีปริมาณธาตุไนโตรเจนสูง เมื่อนำมาผสมร่วมกับวัสดุที่มีคาร์บอนสูง จึงช่วยปรับสมดุลและลดค่า C/N Ratio ลงมาให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (Guo et al., 2012) สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่ตรวจพบในระดับสูงทั้งก่อนและหลังการพัฒนา (ร้อยละ 4.38 และ 4.40 ตามลำดับ) สอดคล้องกับคุณสมบัติทางเคมีของวัตถุดิบหลักคือมูลไก่ไข่และมูลโค ซึ่งเป็นวัสดุอินทรีย์ที่มีการสะสมของธาตุ P และ K (วันวิสาข์ ลิจจัน และกานต์สุตา ดวงศรีแก้ว, 2568)

ความปลอดภัยและการจัดการความเสี่ยงจากโลหะหนัก

การทำเกษตรอินทรีย์ให้ความสำคัญกับการปนเปื้อนสารโลหะหนักตกค้าง ซึ่งผลการตรวจวิเคราะห์โลหะหนักในปุ๋ยอินทรีย์หลังการพัฒนาปรับปรุงสูตร พบว่า มีปริมาณแคดเมียม (Cd) อยู่ที่ 0.04 ± 0.006 mg/kg และตะกั่ว (Pb) อยู่ที่ 0.40 ± 0.004 mg/kg ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยของกรมวิชาการเกษตร (กำหนดให้ $Cd \leq 5$ mg/kg และ $Pb \leq 500$ mg/kg) ซึ่งผลการวิจัยนี้แสดงว่า การคัดเลือกวัตถุดิบที่ใช้ในการทำปุ๋ยมีส่วนสำคัญในการลดปริมาณโลหะหนักที่จะปนเปื้อน สอดคล้องกับการศึกษาพฤติกรรมการใช้สารเคมีและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในหลายพื้นที่ ที่พบว่าการปนเปื้อนของโลหะหนักในพื้นที่เกษตรกรรมส่วนใหญ่ มีความสัมพันธ์โดยตรงกับการใช้ปุ๋ยเคมีและสารกำจัดศัตรูพืชในปริมาณมากและอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน (นุชจรี ท้ายสนิท และปิยะดา วชิระวงศกร, 2564; พรณิภา แท้มติ และปิยะดา วชิระวงศกร, 2561) ซึ่งโลหะหนักเหล่านี้มีความคงทนต่อการสลายตัว ทำให้เกิดการสะสมในโครงสร้างดินและปนเปื้อนสู่ห่วงโซ่อาหาร (ธีรนาถ สุวรรณเรือง, 2563) ดังนั้น การที่กลุ่มเกษตรกรนาจำมุงเน้นการใช้วัตถุดิบอินทรีย์จึงเป็นการสร้างความเชื่อมั่นที่น่าเชื่อถือและเป็นจุดแข็งสำคัญในการทำตลาดสินค้าเกษตรอินทรีย์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Shen et al. (2025) ที่ศึกษาเปรียบเทียบการสะสมโลหะหนักในดินระหว่างเกษตรอินทรีย์และเกษตรทั่วไป พบว่าพื้นที่เกษตรอินทรีย์มีการสะสมของ Cd และ Pb ต่ำกว่าพื้นที่เกษตรเคมีอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากการหลีกเลี่ยงการใช้ปุ๋ยเคมีและสารกำจัดศัตรูพืช จึงเป็นมาตรการป้องกันความเสี่ยง และสามารถใช้เป็นจุดขายด้านความปลอดภัยให้กับผู้บริโภคได้

เศรษฐกิจหมุนเวียนกับการสร้างมูลค่าเพิ่ม

การนำแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) มาประยุกต์ใช้ในการวิจัยนี้ เป็นการนำของเสียหรือวัสดุเหลือใช้ในชุมชนเพื่อนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งการนำมูลสัตว์และเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในพื้นที่ตำบลนาจั่วและพื้นที่ใกล้เคียง มาแปรรูปเป็นปุ๋ยอินทรีย์เป็นการช่วยลดต้นทุนการกำจัดขยะและลดต้นทุนค่าปุ๋ยเคมีให้กับสมาชิกกลุ่มได้ ทั้งนี้ การออกแบบตราสัญลักษณ์และบรรจุภัณฑ์เพื่อใช้ในกลุ่มได้รับความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.70) สอดคล้องกับผลการศึกษาด้านการประเมินความเหมาะสมในการต่อยอดเชิงพาณิชย์จากแบบสอบถาม ที่พบว่าอยู่ในระดับมากที่สุดเช่นเดียวกัน แสดงให้เห็นถึงความสนใจของเกษตรกรที่จะปรับตัวสู่การเป็นผู้ประกอบการ ซึ่งงานวิจัยของ วินิตรา สิละพัฒนา และวีระพล ทองมา (2565) สนับสนุนแนวคิดนี้ โดยระบุว่าการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่มีอัตลักษณ์และการจัดการทรัพยากรแบบหมุนเวียน เป็นกุญแจสำคัญในการเชื่อมโยงภาคเกษตรเข้ากับภาคบริการและการท่องเที่ยว ช่วยกระจายรายได้และสร้างความเข้มแข็งให้เศรษฐกิจฐานรากอย่างยั่งยืน การมีตราสัญลักษณ์ของปุ๋ยอินทรีย์ของเกษตรกรอินทรีย์นาจั่ว จะเป็นเครื่องมือสื่อสารทางการตลาดที่สำคัญในการสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภคใหม่ที่ใส่ใจสิ่งแวดล้อม

การถ่ายทอดเทคโนโลยีและการมีส่วนร่วมของเกษตรกร

การถ่ายทอดองค์ความรู้สู่กลุ่มเกษตรกรอินทรีย์นาจั่ว พบว่า มีคะแนนความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.75) แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการวิจัยแบบมีส่วนร่วมที่คณะผู้วิจัยนำมาประยุกต์ใช้ มีความเหมาะสมกับบริบทของชุมชน การที่เกษตรกรได้เข้ามามีส่วนร่วมตั้งแต่การระบุปัญหา ไปจนถึงการร่วมทดสอบและประเมินผลผลิตภัณฑ์ ทำให้เกิดความรู้สึกเป็นเจ้าของและยอมรับเทคโนโลยีได้ง่ายขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ อุทิศ ทาหอม และคณะ (2562) ที่พบว่ากระบวนการพัฒนาศักยภาพเกษตรกรแบบมีส่วนร่วม สามารถลดต้นทุนการผลิตได้จริงถึงร้อยละ 82 และนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมลดละเลิกการใช้สารเคมีอย่างถาวร นอกจากนี้ อรรวรรณ ศรีสมพันธ์ และคณะ (2564) ยังได้ชี้ให้เห็นว่าปัจจัยความสำเร็จในการยอมรับระบบการผลิตอินทรีย์ของเกษตรกรรายย่อย คือการมีองค์ความรู้ที่จับต้องได้และการรวมกลุ่มที่เข้มแข็ง ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้ได้ตอบโจทย์ความต้องการ โดยการพัฒนาปุ๋ยอินทรีย์และรูปแบบผลิตภัณฑ์ของกลุ่มเกษตรกรอินทรีย์นาจั่ว เพื่อใช้เป็นเครื่องมือทางการตลาดเป็นกลไกขับเคลื่อนกลุ่มต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่สนับสนุนงบประมาณด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.) ประเภททุน Basic Research Fund ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 ซึ่งคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ที่ให้การสนับสนุนงานวิจัยนี้จนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. (2557). *ประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่อง กำหนดเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2557*. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 131 ตอนพิเศษ 243 ง. ราชกิจจานุเบกษา. <https://doa.go.th/ard/FileUpload/fertizer/1.3.4.%20FEDOA/FEDOA11.pdf>
- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2564). *การขับเคลื่อนการพัฒนาเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว (BCG Model) ด้านการเกษตร*. คณะกรรมการขับเคลื่อนการพัฒนาเศรษฐกิจ BCG Model ด้านการเกษตร.
- เกษม เปนาละวัด. (2567). ต้นทุนการผลิตข้าวหอมมะลิของเกษตรกรจากการใช้เคมีเกษตร อำเภอรามัญ จังหวัดศรีสะเกษ. *มนุษยสังคมสาร (มสส.) คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์*, 22(1), 201-220. <https://doi.org/10.14456/jhusoc.2024.11>
- ขวัญฤทัย ทนงจิตร, พิมพ์นิภา เฟื่องช้าง, กัลยาณี สุวิทวัส, และดร.ณัฏฐา เถาว์เจริญ. (2565). อิทธิพลของสูตรปุ๋ยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของอะโวคาโดพันธุ์บักคาเนีย. *วารสารเกษตรพระวรม, 19*(1), 75-81. <https://li02.tci-thaijo.org/index.php/JASM/article/view/128>
- ขวัญฤทัย ทองบุญฤทธิ์, และเจตติกล ทองศรี. (2561). ความเข้มข้นของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในฝุ่นตักช่วงการเก็บเกี่ยวอ้อยในเขตอำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร. *สัปดาห์ : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สทวท.)*, 5(1), 74-85. https://research.kpru.ac.th/journal_science/journal/27602019-03-12.pdf
- ขวัญฤทัย ทองบุญฤทธิ์. (2561). ศึกษาปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยหมักใบจากจรีและแห่นแดง. *สัปดาห์ : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สทวท.)*, 5(2), 1-10. https://research.kpru.ac.th/journal_science/journal/14952019-04-10.pdf
- ธีรนาถ สุวรรณเรือง. (2563). โลหะหนักปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม และผลกระทบต่อสุขภาพ. *วารสารวิจัยและพัฒนาระบบสุขภาพ, 13*(1), 76-82. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/RDHSJ/article/view/254803>
- นุชจรี ท้ายสนิท, และปิยะดา วชิระวงศกร. (2564). การประเมินการปนเปื้อนโลหะหนักบางชนิดในดินนาข้าวของจังหวัดสุโขทัย. *PSRU Journal of Science and Technology*, 6(1), 99-108. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/Scipsru/article/view/243621>
- ปนัดดา จะแจ้ง, โชติรัตน์ ศรีเกลื่อน, ชัยสิทธิ์ ทองจู, และวนิดา สืบสายพรหม. (2563). ประสิทธิภาพการผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากมูลนกแอ่นกินรัง โดยใช้เห็ดดินสายพันธุ์ Eudrilus eugeniae. *วารสารแก่นเกษตร*, 48(3), 471-482. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj/article/view/251251>
- พรรณนิภา แท้มดี, และปิยะดา วชิระวงศกร. (2561). การปนเปื้อนโลหะหนักในดินของพื้นที่ผลิตผักเศรษฐกิจในจังหวัดพิษณุโลก. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม*, 12(1), 1-12. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/Scipsru/article/view/243631>

- วันปิติ ธรรมศรี. (2564). ผลกระทบทางสุขภาพและสิ่งแวดล้อมจากการใช้สารเคมีทางการเกษตรของเกษตรกรไทย. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า*, 39(4), 329-336. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agritechjournal/article/view/249179>
- วันวิสาข์ ลิจั่น, และกานต์สุตา ดวงศรีแก้ว. (2568). ผลของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากมูลไก่ต่อการเจริญของกระชาย. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่ชุมชน*, 3(6), 39-47. <https://doi.org/10.57260/stc.2025.1102>
- วินิตรา สีสะพัฒนา, และวีระพล ทองมา. (2565). การพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงเกษตรอินทรีย์ ในจังหวัดเชียงใหม่. *วารสารสุทธิปริทัศน์*, 36(2), 35-61. <https://so05.tci-thaijo.org/index.php/DPU Suthiparithat Journal/article/view/258980>
- วิณา นิลวงศ์, และอานัฐ ต้นโซ. (2564). การเปลี่ยนแปลงสมบัติดินบางประการในช่วงระยะปรับเปลี่ยนสู่ระบบเกษตรอินทรีย์. *วารสารแก่นเกษตร*, 49(5), 1171-1182. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj/article/view/252581>
- ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. (2567). *Industry Analysis and Outlook: แนวโน้มธุรกิจปุ๋ยเคมีไทย*. บริษัท ศูนย์วิจัยกสิกรไทย จำกัด. <https://media.settrade.com/settrade/Documents/2025/May/20250508-K-Research-Fertilizer-Industry.pdf>
- อรรถธรณ์ ศรีโสมพันธ์, กาญจนา ทองสุข, และพีระยศ แข็งขัน. (2564). การยอมรับระบบการผลิตข้าวอินทรีย์ของเกษตรกรรายย่อยในจังหวัดมหาสารคาม. *วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร*, 39(1), 127-138. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/MJUJN/article/view/244712>
- อุทิศ ทาหอม, สำราญ ชูระตา, และคนศ วงษา. (2562). การพัฒนาศักยภาพเกษตรกรแบบมีส่วนร่วม โดยการประยุกต์ใช้หลักเกษตรกรรมยั่งยืน เพื่อลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกร ชุมชนบ้านคูขาด ตำบลสตึก อำเภอสตึก จังหวัดบุรีรัมย์. *วารสารพัฒนาสังคมและยุทธศาสตร์การบริหาร*, 21(2), 1-27. <https://so04.tci-thaijo.org/index.php/jsd/article/view/144055>
- Guo, R., Li, G., Jiang, T., Schuchardt, F., Chen, T., Zhao, Y., and Shen, Y. (2012) Effect of Aeration Rate, C/N Ratio and Moisture Content on the Stability and Maturity of Compost. *Bioresource Technology*, 112, 171-178. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.02.099>
- Shen, Z., Liu, J., Zhang, M., Ma, M., Kang, L., Liu, F., and Du, L. (2025). Organic Farming Is an Important Way to Achieve Low Accumulation of Heavy Metals in Soil. *Sustainability*, 17(3), 899. <https://doi.org/10.3390/su17030899>

Xue, W., Li, M., Zhang, L., Sun, Q., Liu, S., Sun, H., Wu, R., Zou, G., and Duan, N. (2025). Contribution of Acid Additive to Co-Composting of Chicken Manure: Gas Emission Reduction and Economic Assessment. *Agriculture*, 15(4), 425. <https://doi.org/10.3390/agriculture15040425>



การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้อินทรีย์ผสมดอกไม้ท้องถิ่น

Product Development of Organic Cocoa Husk Tea Blended with Local Flowers

วิศนี สุประดิษฐากรณ์*

Wissanee Supraditareporn

วนิชา สุประดิษฐากรณ์**

Wanicha Supraditaporn

วรัทยา คุณรา***

Warattaya Khunnara

Received : May 5, 2026

Revised : July 2, 2026

Accepted : July 22, 2026

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรต้นแบบชาเปลือกโกโก้อินทรีย์ผสมดอกไม้ท้องถิ่น โดยศึกษาสูตรส่วนผสมทั้งหมด ได้แก่ ชาเปลือกโกโก้พื้นฐาน สูตรผสมดอกเก๊กฮวย ดอกกุหลาบ ดอกคาโมมายล์ และผสมดอกไม้รวม 3 ชนิด โดยที่ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกไม้แห้งทุกสูตรมีค่าปริมาณน้ำอิสระไม่เกิน 0.60 และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด อยู่ในช่วง 0.07-0.13 °Brix และความเป็นกรด-เบส (pH) อยู่ในช่วง 4.87-5.23 ผลการศึกษาพบว่า สูตรที่เหมาะสมคือ ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกกุหลาบ เนื่องจากมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC 17,309.63 mgGAE/kg) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH 32,576.63 mgTrolox/kg) สูงที่สุด ทำการศึกษาอุณหภูมิในการอบแห้ง 3 ระดับ ได้แก่ 100, 125 และ 150 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิอบแห้งที่เหมาะสม คือ 125 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที และนำผลิตภัณฑ์มาทดสอบความชอบด้วยวิธี 9-point hedonic scale ได้รับการยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด (7.20 ± 0.75) การใช้ประโยชน์ชาเปลือกโกโก้อินทรีย์ผสมดอกไม้ท้องถิ่นแต่ละสูตรมีการผสมเปลือกโกโก้กับดอกไม้ท้องถิ่นในสัดส่วนที่ลงตัวเพื่อเพิ่มมูลค่าและรสชาติของเครื่องดื่มชา คณะกรรมการยอมรับอยู่ในระดับความชอบปานกลาง (7.0-7.3)

คำสำคัญ : ชาเปลือกโกโก้ / เก๊กฮวย / กุหลาบ / คาโมมายล์ / อินทรีย์

*อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
Lecturer in Food Science and Technology Faculty of Agricultural Technology Chiang Mai Rajabhat

University(Corresponding Author) e-mail: wissanee_sup@cmru.ac.th

**เภสัชกรชำนาญการพิเศษ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดอุทัยธานี

Pharmacist, Senior Professional Level, Uthaitani Provincial Public Health Office

***นักศึกษาปริญญาโท คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Graduate Student Faculty of Agro-Industry Chiang Mai University

ABSTRACT

This research aimed to develop prototype formulations of organic cocoa husk tea blended with local edible flowers. Five formulations were investigated: (1) plain cocoa husk tea (control), (2) cocoa husk tea with chrysanthemum flowers, (3) cocoa husk tea with rose flowers, (4) cocoa husk tea with chamomile flowers, and (5) cocoa husk tea blended with a mixture of the three flowers. All dried tea formulations were required to meet the quality criteria of water activity (a_w) not exceeding 0.60, total soluble solids (TSS) ranging from 0.07 to 0.13 °Brix, and pH ranged from 4.87 to 5.23. The results indicated that the cocoa husk tea blended with rose flowers was the most suitable formulation, as it exhibited the highest total phenolic content (TPC 17,309.63 mg GAE/kg) and the greatest antioxidant activity determined by the DPPH assay (32,576.63 mg Trolox/kg). Subsequently, the selected formulation was subjected to drying at three temperatures (100, 125, and 150°C). The optimal drying condition was 125°C for 10 minutes, which provided the best overall product quality. Consumer acceptance was evaluated using a 9-point hedonic scale. The product dried at 125°C achieved the highest overall acceptance score (7.20 ± 0.75). Overall, all formulations of organic cocoa husk tea blended with local flowers, prepared using balanced proportions of cocoa husk and dried flowers, received moderate consumer acceptance scores ranging from 7.0 to 7.3 on the 9-point hedonic scale. The incorporation of local edible flowers not only enhanced the flavor profile and sensory quality of cocoa husk tea but also increased the value of cocoa processing by-products, supporting the development of value-added functional tea beverages.

Keywords : Cocoa Husk Tea / Chrysanthemum / Rose / Chamomile / Organic

บทนำ

โกโก้ เป็นหนึ่งในพืชเศรษฐกิจที่ได้รับความนิยม ในจังหวัดเชียงใหม่และแม่ฮ่องสอน มีผลผลิตจากโกโก้เพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะส่วนที่นำมาแปรรูปคือ เนื้อเมล็ดโกโก้ ซึ่งจะนำไปผ่านขั้นตอนการหมัก การตาก การคั่ว ผลิตเป็นช็อคโกแลต ขนม และเครื่องดื่ม แต่เปลือกนอกและเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้ มักจะถูกทิ้ง ในแต่ละปีจะมีปริมาณของเศษเหลือทิ้งที่เพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง 70-75% ของผลโกโก้ทั้งหมด โดยเปลือกผล (Cocoa pod husk) คิดเป็นสัดส่วนหลัก ส่วนเปลือกหุ้มเมล็ด (Cacao husk) ที่เหลือจากการคั่วจะคิดเป็นประมาณ 10-15% จึงได้มีแนวคิดที่จะนำเศษเหลือจากเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้ในทรีรี นำมาแปรรูปเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนด้วยกระบวนการวิจัยและการนำองค์ความรู้ด้านการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร มาเพิ่มมูลค่า เปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้ เป็นหนึ่งในผลพลอยได้หลักจากการเปลี่ยนแปลงของเมล็ดโกโก้ เป็นแหล่งของสารอาหารที่น่าสนใจ เช่น เส้นใย

โปรตีน แร่ธาตุ องค์ประกอบทางโภชนาการและทางเคมีของเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้ประกอบด้วย Total phenolic content 3.12-94.95 mg of gallic acid equivalents/g of dried CBS; CBS: cocoa bean shell, Total flavonoid content 1.65-40.72 mg of catechin equivalents/g of dried CBS, Total tannin content 1.70-25.30 mg of catechin equivalents/g of dried CBS, Epicatechin 0.21-34.97 mg/g และ Catechin 0.18-4.50 mg/g (Poveda, 2020)

ในปัจจุบันกระแสการบริโภคเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ (Functional beverage) เติบโตขึ้นอย่างต่อเนื่อง ผู้บริโภคยุคใหม่ให้ความสนใจผลิตภัณฑ์อินทรีย์ (Organic) ที่มาจากรธรรมชาติ ปลอดภัยและมีสารต้านอนุมูลอิสระสูง โกโก้ มีสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) ที่มีประโยชน์ต่อระบบหัวใจและหลอดเลือดอย่างไรก็ตาม ในกระบวนการผลิตโกโก้ มักพบปัญหาวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยเฉพาะ "เปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้" ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 10-15 ของน้ำหนักเมล็ดแห้ง แม้จะเป็นส่วนที่ไม่ได้ใช้ในการทำช็อกโกแลต แต่จากการศึกษาพบว่าเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้ยังอุดมไปด้วยสารอาหารที่มีคุณค่า เช่น โยอาหาร สารโพลีฟีนอล และสารธีโอโบรมีน (Theobromine) ซึ่งให้ความรู้สึกสดชื่นและผ่อนคลาย โดยมีปริมาณคาเฟอีนต่ำ ด้วยเหตุนี้การนำเปลือกโกโก้อินทรีย์มาแปรรูปเป็น "ชาเปลือกโกโก้" จึงเป็นแนวทางสำคัญในการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรให้คุ้มค่าที่สุดตามหลักการเศรษฐกิจหมุนเวียน เพื่อลดขยะเหลือศูนย์ แต่เนื่องจากชาเปลือกโกโก้บริสุทธิ์อาจมีรสชาติและกลิ่นที่ค่อนข้างเฉพาะตัว การนำ "ดอกไม้ท้องถิ่น" ภาคเหนือ ซึ่งเป็นดอกไม้อินทรีย์ เช่น ดอกเก็กฮวย ดอกกุหลาบ และดอกคาโมมายล์ที่มีความหอมและสรรพคุณทางยาเข้ามาผสมผสาน จึงเป็นกลยุทธ์สำคัญที่จะช่วยปรับปรุงคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ทั้งในด้านรูป รส และกลิ่น ให้มีความน่าสนใจและดื่มง่ายขึ้นนอกจากนี้ การเลือกใช้ดอกไม้ท้องถิ่นยังเป็นการสร้างเอกลักษณ์ ให้กับผลิตภัณฑ์ สร้างความแตกต่างจากสินค้าในตลาดทั่วไป เป็นการสนับสนุนอัตลักษณ์ของชุมชน งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตชาเปลือกโกโก้อินทรีย์ผสมดอกไม้ท้องถิ่น เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ยกระดับรายได้ให้กับเกษตรกรและเป็นทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพอย่างยั่งยืน เพิ่มการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ถ่ายทอดองค์ความรู้การมีส่วนร่วมของชุมชนในพื้นที่ พัฒนาผลิตภัณฑ์และส่งเสริมรายได้ให้กับชุมชน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาอุณหภูมิในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้

กระบวนการผลิต ประกอบด้วยการทำแห้ง อบแห้งเปลือกโกโก้ที่อุณหภูมิเหมาะสมเพื่อให้ได้ความชื้นที่ลดลง การคั่ว คั่วเปลือกโกโก้เพื่อเพิ่มกลิ่นหอมคล้ายช็อกโกแลต โดยปรับระดับการคั่ว (อ่อน-เข้ม) เพื่อให้ได้รสชาติที่ต้องการ การผสม ผสมเปลือกโกโก้คั่วกับดอกไม้ท้องถิ่นในสัดส่วนที่ลงตัว เพื่อไม่ให้กลิ่นดอกไม้กลบกลิ่นโกโก้จนเกินไป

การพัฒนาสูตรต้นแบบชาเปลือกโกโก้และชาเปลือกโกโก้ผสมดอกไม้ เริ่มตั้งแต่การเตรียมวัตถุดิบเปลือกโกโก้จากโกโก้ที่มีการปลูกแบบอินทรีย์ ของศูนย์การเรียนรู้เศรษฐกิจพอเพียงและเกษตรทฤษฎีใหม่ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ และวิสาหกิจชุมชนผู้ปลูกและผลิตโกโก้แม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ มาทำความสะอาด

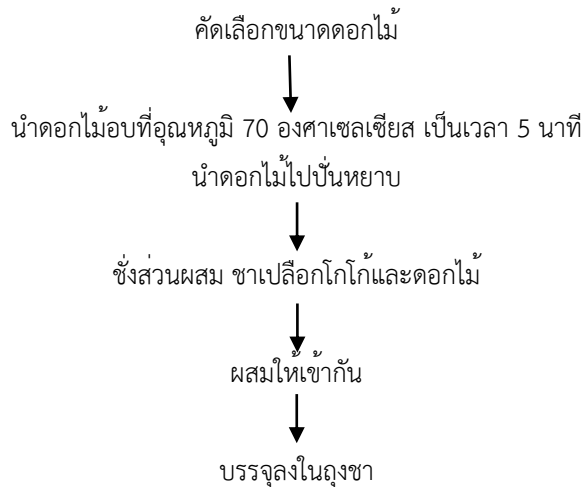
การคัดแยกสิ่งแปลกปลอมออก จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 100, 125 และ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที แล้วนำมาคั่วด้วยไฟอ่อนเป็นเวลา 5 นาที ก่อนนำไปบั่นหยาบและบรรจุลงในถุงชาของละ 4 กรัม และพัฒนาสูตรชาเปลือกโกโก้ผสมดอกไม้ ได้แก่ สูตรที่ 1 ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกเก๊กฮวย สูตรที่ 2 ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกกุหลาบ สูตรที่ 3 ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกคาโมมายล์ สูตรที่ 4 ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกไม้ 3 ชนิด (ดอกเก๊กฮวย ดอกกุหลาบ และดอกคาโมมายล์) โดยการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD)

2. การศึกษาสูตรต้นแบบในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้และวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของดอกไม้ในแต่ละสูตร ด้วยการแปรอัตราส่วนปริมาณดอกไม้ 3 ระดับ ตามที่แสดงในตารางที่ 1 และดำเนินการผลิตตามกระบวนการที่แสดงในภาพที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกไม้

สูตร	ชาเปลือกโกโก้ (ร้อยละ)	ดอกเก๊กฮวย (ร้อยละ)	ดอกกุหลาบ (ร้อยละ)	ดอกคาโมมายล์ (ร้อยละ)
ชาเปลือกโกโก้ผสมดอก เก๊กฮวย	87.5	12.5	-	-
	75.0	25.0	-	-
	62.5	37.5	-	-
ชาเปลือกโกโก้ผสมดอก กุหลาบ	87.5	-	12.5	-
	75.0	-	25.0	-
	62.5	-	37.5	-
ชาเปลือกโกโก้ผสมดอก คาโมมายล์	87.5	-	-	12.5
	75.0	-	-	25.0
	62.5	-	-	37.5
ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกไม้ 3 ชนิด	50.0	25.0	12.5	12.5
	50.0	12.5	25.0	12.5
	50.0	12.5	12.5	25.0

วิธีการเตรียมตัวอย่าง นำดอกไม้ทั้ง 3 ชนิด คือ ดอกเก๊กฮวย ดอกกุหลาบและดอกคาโมมายล์ ที่มี การปลูกแบบอินทรีย์ จากศูนย์การเรียนรู้เศรษฐกิจพอเพียงและเกษตรทฤษฎีใหม่ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ และวิสาหกิจชุมชนผู้ปลูกและผลิตโกโก้แมร์ม จังหวัดเชียงใหม่ มาทำความสะอาด คัดเลือกขนาด นำไปอบแห้ง ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที แกะกลีบเลี้ยงดอกกุหลาบออก ให้เหลือแต่กลีบ กุหลาบนำไปบั่นหยาบ



ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตชาเปลือกโกโก้ผสมดอกไม้

ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค ประเมินความชอบแบบ 9-point hedonic scale (1= ไม่ชอบมากที่สุด, 9= ชอบมากที่สุด) โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2561) การเตรียมตัวอย่าง โดยนำเปลือกโกโก้บรรจุซองชา ของละ 4 กรัม ปิดซอง และนำไปสกัดโดยแช่ในน้ำร้อน 400 มิลลิลิตร เป็นเวลา 5 นาที ประเมินคุณลักษณะ ดังนี้ ลักษณะปรากฏ สีของชา กลิ่นชา รสชาติโดยรวม การประเมินความชอบโดยรวมทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบ Randomize Complete Block Design (RCBD) นำผลทดสอบมาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้การวิเคราะห์ (Analysis of Variance, ANOVA) โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3. วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี

คุณภาพด้านกายภาพและเคมี (Pearson, 1999) ได้แก่ ปริมาณน้ำอิสระ ใช้เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (Novasina, รุ่น Labmaster-awneo, Switzerland) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Soluble Solid; TSS) ความเป็นกรด-เบส (pH) ตามวิธีของ AOAC (2019) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-ciocalteu reagent (ดัดแปลงจาก Chan et al., 2010)

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) นำน้ำสกัดจากชาเปลือกโกโก้ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) ที่ความเข้มข้น 200 ไมโครโมล ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่ได้มาคำนวณความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐาน Trolox ดัดแปลงจาก (นิธิยา รัตนปณณท์, 2557)

DPPH assay เป็นวิธีการวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) ซึ่งใช้ reagent คือ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl เมื่อ DPPH ทำปฏิกิริยากับสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สีของสารละลายสีม่วงจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง โดยเปรียบเทียบกับสารต้านอนุมูลอิสระที่ใช้เป็นมาตรฐาน ถ้าตัวอย่างมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้สูง ความเข้มของสารละลายสีม่วงจะลดลง การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ในสารตัวอย่างรายงานเป็นค่า 50% effective concentration (EC50) ซึ่งหมายถึงปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่ทำให้ความเข้มข้นของ DPPH ลดลง 50% การแสดงผลโดยสร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นของสารตัวอย่างกับค่าการดูดกลืนแสง แล้วหาค่า EC50 จากกราฟแสดงค่าความเข้มข้นของสารตัวอย่างที่สามารถทำให้ความเข้มข้นของ DPPH ลดลง 50 เปอร์เซ็นต์ แล้วใช้ค่า EC50 ในการเปรียบเทียบความสามารถของสารต้านอนุมูลอิสระระหว่างตัวอย่างที่ทดสอบกับสารมาตรฐาน คำนวณ % Radical Scavenging (เปอร์เซ็นต์การออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ)

$$\% \text{Radical Scavenging} = [(AB - AA) / AB] \times 100$$

เมื่อ AA = ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของสารตัวอย่างผสมกับ DPPH

AB = ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของสารละลาย DPPH

(พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนปณท์, 2550)

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี folin-ciocalteu reagent นำน้ำสกัดจากชาเปลือกโกโก้ ปริมาตร 20 ไมโครลิตร มาเติมน้ำปราศจากไอออน 100 ไมโครลิตร และเติม 10% Folin-Ciocalteu's reagent ปริมาตร 80 ไมโครลิตรผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที เติม Na_2CO_3 (7% w/v) ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 90 นาที นำสารละลายผสมมาวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับกรดแกลลิกมาตรฐาน รายงานปริมาณ ฟีนอลิกรวมในหน่วย mg GAE/kg (ดัดแปลงจาก Chan et al., 2010)

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาอุณหภูมิในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้

ผลการศึกษาอุณหภูมิในการอบแห้งต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้ อุณหภูมิในการอบแห้ง 3 ระดับ 100 125 และ 150 องศาเซลเซียส และเวลาในอบ 10 นาที ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งมีผลต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาอุณหภูมิในการรอบต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของชาเปลือกโกโก้

คุณลักษณะ	ระดับของการใช้อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
	100	125	150
ลักษณะปรากฏ	6.00 ± 1.01^b	7.30 ± 1.00^a	4.90 ± 1.40^c
สี	6.00 ± 1.18^b	7.20 ± 0.98^a	5.30 ± 0.90^c
กลิ่น	6.00 ± 1.12^b	7.00 ± 0.77^a	5.40 ± 0.80^c
รสชาติโดยรวม	6.10 ± 0.94^b	6.90 ± 1.04^a	4.90 ± 0.94^c
ความชอบโดยรวม	6.20 ± 0.87^b	7.20 ± 0.75^a	5.30 ± 0.78^c

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ)

^{a-d} ที่ต่างกันในแนวนอนหมายความว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 2 พบว่าอุณหภูมิในการอบแห้งเปลือกโกโก้ส่งผลต่อคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส การอบแห้งเปลือกโกโก้ที่ อุณหภูมิ 125 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ได้คะแนนการยอมรับคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติโดยรวม และความชอบโดยรวมมากที่สุด จึงคัดเลือกการอบแห้งเปลือกโกโก้ที่ อุณหภูมิ 125 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที มาใช้ในการทดลองต่อไป

2. ผลการศึกษาสู่ตรต้นแบบในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้ และวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

2.1 ผลการศึกษาสู่ตรต้นแบบในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกดอกเก๊กฮวย เตรียมชาเปลือกโกโก้โดยใช้สูตรพื้นฐานและแปรปริมาณดอกเก๊กฮวยร้อยละ 12.50 25.00 และ 37.50 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด แล้วนำผลิตภัณฑ์มาประเมินผลทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของชาเปลือกโกโก้ผสมดอกเก๊กฮวย เมื่อใช้ปริมาณดอกเก๊กฮวยต่างกัน

คุณลักษณะ	ระดับของการใช้ดอกเก๊กฮวยของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด (ร้อยละ)		
	12.50	25.00	37.50
ลักษณะปรากฏ	7.10 ± 0.70^a	5.90 ± 0.70^b	5.60 ± 0.92^b
สี	7.20 ± 0.60^a	6.20 ± 0.60^b	5.90 ± 0.70^b
กลิ่น	6.50 ± 0.81^a	6.10 ± 1.22^{ab}	5.40 ± 1.02^b
รสชาติโดยรวม	7.00 ± 0.63^a	6.10 ± 0.54^b	6.00 ± 0.63^b
ความชอบโดยรวม	7.10 ± 0.70^a	6.00 ± 0.45^b	5.70 ± 0.46^b

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ)

^{a-d} ที่ต่างกันในแนวนอนหมายความว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 3 เมื่อใช้ปริมาณดอกเก็กฮวยต่างกัน พบว่า การใช้ดอกเก็กฮวยร้อยละ 12.50 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมดส่งผลต่อคะแนนการยอมรับของผู้บริโภค คุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติโดยรวม และความชอบโดยรวมมากที่สุด

2.2 ผลการศึกษาสูตรต้นแบบในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกกุหลาบ

ในการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกกุหลาบ ได้เตรียมชาเปลือกโกโก้สูตรพื้นฐาน และแปรปริมาณดอกกุหลาบร้อยละ 12.50 25.00 และ 37.50 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด แล้วนำผลิตภัณฑ์มาประเมินผลทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของชาเปลือกโกโก้ผสมดอกกุหลาบเมื่อใช้ปริมาณดอกกุหลาบแตกต่างกัน

คุณลักษณะ	ระดับของการใช้ดอกกุหลาบของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด (ร้อยละ)		
	12.50	25.00	37.50
ลักษณะปรากฏ	5.80 ± 1.25^{ab}	6.30 ± 1.27^a	5.70 ± 1.10^b
สี (ns)	5.70 ± 0.90	6.20 ± 0.75	5.80 ± 0.87
กลิ่น	5.70 ± 0.78^b	6.90 ± 0.83^a	5.00 ± 1.10^b
รสชาติโดยรวม	5.30 ± 0.90^b	6.80 ± 1.25^a	5.80 ± 0.75^b
ความชอบโดยรวม	5.50 ± 0.67^b	7.20 ± 0.87^a	5.70 ± 0.64^b

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ)

^{a-d} ที่ต่างกันในแนวนอนหมายความว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายความว่า สิ่งทดลองในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4 ผลคุณภาพทางประสาทสัมผัสของชาเปลือกโกโก้ผสมดอกกุหลาบเมื่อใช้ปริมาณดอกกุหลาบแตกต่างกันที่ร้อยละ 12.50, 25.00 และ 37.50 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด ในด้านลักษณะปรากฏ พบว่าการใช้ดอกกุหลาบร้อยละ 25.00 ให้คะแนนสูงสุด (6.30 ± 1.27) ขณะที่ร้อยละ 12.50 และ 37.50 ให้คะแนนใกล้เคียงกันและต่ำกว่า ในด้านสีของชา พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยทุกระดับมีคะแนนอยู่ในช่วง 5.70-6.20 สำหรับด้านกลิ่นชา รสชาติโดยรวม และความชอบโดยรวม พบว่าการใช้ดอกกุหลาบร้อยละ 25.00 ให้คะแนนสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (6.90 ± 0.83 , 6.80 ± 1.25 และ 7.20 ± 0.87 ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบกับระดับร้อยละ 12.50 และ 37.50 ดังนั้นการใช้ดอกกุหลาบร้อยละ 25.00 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด เป็นระดับที่เหมาะสมที่สุด

2.3 ผลการศึกษาสูตรต้นแบบในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกคาโมมายล์

การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกคาโมมายล์ได้เตรียมชาเปลือกโกโก้โดยใช้สูตรพื้นฐานและแปรปริมาณดอกคาโมมายล์ ร้อยละ 12.50 25.00 และ 37.50 ของน้ำหนัก ส่วนผสมทั้งหมด แล้วนำผลิตภัณฑ์มาประเมินผลทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของชาเปลือกโกโก้ผสมดอกคาโมมายล์ เมื่อใช้ปริมาณดอกคาโมมายล์แตกต่างกัน

คุณลักษณะ	ระดับของการใช้ดอกคาโมมายล์ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด (ร้อยละ)		
	12.50	25.00	37.50
ลักษณะปรากฏ	6.30 ± 0.64^b	7.10 ± 0.70^a	6.50 ± 0.50^{ab}
สี	6.40 ± 0.49^b	7.30 ± 0.64^a	6.30 ± 0.64^b
กลิ่น	5.80 ± 0.60^b	6.70 ± 0.90^a	5.50 ± 0.81^b
รสชาติโดยรวม	6.10 ± 0.70^b	7.00 ± 0.63^a	6.40 ± 0.80^{ab}
ความชอบโดยรวม	6.00 ± 0.63^b	7.20 ± 0.75^a	6.80 ± 0.87^a

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ)

^{a-d} ที่ต่างกันในแนวนอนหมายความว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 5 ผลคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกคาโมมายล์ เมื่อใช้ปริมาณดอกคาโมมายล์ที่ต่างกัน ส่งผลต่อคะแนนการยอมรับของผู้บริโภค ลักษณะ ปรากฏ สี กลิ่นรส ในผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกคาโมมายล์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การใช้ปริมาณดอกคาโมมายล์ร้อยละ 25.0 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด ได้คะแนนการยอมรับคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติโดยรวม และความชอบโดยรวมมากที่สุด

2.4 ผลการศึกษาสูตรต้นแบบในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกไม้ 3 ชนิด (ดอกเก๊กฮวย ดอกกุหลาบ และดอกคาโมมายล์)

การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกไม้ 3 ชนิด ได้เตรียมชาเปลือกโกโก้โดยใช้สูตรพื้นฐานและแปรปริมาณชาเปลือกโกโก้ ดอกเก๊กฮวย ดอกกุหลาบ และดอกคาโมมายล์ร้อยละ 50 : 25 : 12.5 : 12.5, 50 : 12.5 : 25 : 12.5 และ 50 : 12.5 : 12.5 : 25 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด แล้วนำผลิตภัณฑ์มาประเมินผลทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของชาเปลือกโกโก้ผสมดอกไม้ 3 ชนิด (ดอกเก๊กฮวย ดอกกุหลาบ และ ดอกคาโมมายล์) เมื่อใช้ปริมาณที่แตกต่างกัน

คุณลักษณะ	อัตราส่วน		
	ชาเปลือกโกโก้: ดอกเก๊กฮวย :ดอกกุหลาบ: ดอกคาโมมายล์ (ร้อยละ)		
	50 : 25 : 12.5 : 12.5	50 : 12.5 : 25 : 12.5	50 : 12.5 : 12.5 : 25.0
ลักษณะปรากฏ ^(ns)	7.20 ± 0.60	7.00 ± 0.63	6.80 ± 0.60
สี ^(ns)	7.30 ± 0.64	6.70 ± 0.46	6.60 ± 0.49
กลิ่น	7.10 ± 0.70 ^a	6.40 ± 0.80 ^{ab}	5.80 ± 0.87 ^b
รสชาติโดยรวม	7.30 ± 0.90 ^a	6.00 ± 0.63 ^b	5.90 ± 0.70 ^b
ความชอบโดยรวม ^(ns)	7.20 ± 0.60	7.00 ± 0.63	6.90 ± 0.70

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ)

^{a-b} ที่ต่างกันในแนวนอนหมายความว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายความว่า สิ่งทดลองในแนวดิ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 6 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของชาเปลือกโกโก้ผสมดอกไม้ 3 ชนิด (ดอกเก๊กฮวย ดอกกุหลาบ และดอกคาโมมายล์) ในสัดส่วนที่แตกต่างกัน พบว่าสูตรที่มีอัตราส่วนชาเปลือกโกโก้ : ดอกเก๊กฮวย : ดอกกุหลาบ : ดอกคาโมมายล์ เท่ากับ 50 : 25 : 12.5 : 12.5 ได้รับคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมสูงที่สุดเมื่อเทียบกับสูตรอื่น โดยเฉพาะด้านกลิ่นชาและรสชาติที่มีค่าคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 7.10 ± 0.70 และ 7.30 ± 0.90 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากสูตรที่มีการเพิ่มปริมาณดอกคาโมมายล์ ในขณะที่สูตร 50 : 12.5 : 25 : 12.5 และ 50 : 12.5 : 12.5 : 25 มีแนวโน้มให้คะแนนด้านกลิ่นและรสชาติลดลง โดยเฉพาะสูตรที่มีดอกคาโมมายล์สูง (ร้อยละ 25) ซึ่งมีค่าคะแนนกลิ่น ต่ำสุด (5.80 ± 0.87) และรสชาติรวมต่ำ (5.90 ± 0.70) แสดงให้เห็นว่าปริมาณดอกคาโมมายล์ที่มากเกินไปอาจส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค อย่างไรก็ตาม ในด้านลักษณะปรากฏ สี และความชอบโดยรวม ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

อาจกล่าวได้ว่า ลักษณะปรากฏ (Appearance) และ สี (Color) ทั้ง 3 สูตร ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผู้ทดสอบมองว่าชามีสีสวยและลักษณะใกล้เคียงกัน เก๊กฮวยคือ "จุดลงตัว" การเพิ่มเก๊กฮวยในสัดส่วน 25% (สูตร 1) เข้าไปเสริมรสชาติของชาเปลือกโกโก้ได้ดีที่สุด อาจเป็นเพราะความหวานและกลิ่นที่สดชื่นของเก๊กฮวยช่วยกลบความฝืดหรือขมเล็กน้อยของเปลือกโกโก้ได้ดีกว่าดอกไม้ชนิดอื่น กุหลาบและคาโมมายล์ แม้จะเป็นดอกไม้ที่นิยมแต่เมื่อใส่ในปริมาณสูง (25%) อาจให้กลิ่นที่ฉุนเกินไป หรือรสชาติที่เฝื่อนที่ไปกลบเอกลักษณ์ของโกโก้ ทำให้คะแนนความชอบในรสชาติและกลิ่นลดลง

3. ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี

นำสูตรผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้ที่เหมาะสม จำนวน 5 สูตร ได้แก่ ชาเปลือกโกโก้ ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกเก๊กฮวย ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกกุหลาบ ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกคาโมมายล์และชาเปลือกโกโก้ผสมดอกไม้ 3 ชนิด ในการทดลองนี้จะเตรียมโดยใช้สูตรที่คัดเลือกจากการทดลองข้างต้นมาประเมินคุณภาพด้านกายภาพและเคมี ได้แก่ ปริมาณน้ำอิสระ (Water activity) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดความเป็นกรด-เบส (pH) (AOAC, 2019) ได้ผลการศึกษา ดังนี้ (ตารางที่ 7)

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกไม้ทั้ง 5 สูตร (สูตรพื้นฐาน, เก๊กฮวย, กุหลาบ, คาโมมายล์ และดอกไม้รวม) พบว่า Water activity (aw) ของผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกไม้ทั้ง 5 สูตร มีค่าไม่เกิน 0.60 เพื่อช่วยป้องกันเชื้อรา เชื้อราส่วนใหญ่จะไม่สามารถเจริญเติบโตได้ที่ค่า Water activity ต่ำกว่า 0.60 การคุม Water activity ให้ต่ำ ลดอัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) ซึ่งจะทำให้กลิ่นหอมของกุหลาบและคาโมมายล์หายไปหรือมีกลิ่นหืน ช่วยรักษาเนื้อสัมผัส หากค่า Water activity สูงเกินไป เปลือกโกโก้และดอกไม้จะนิ่มลงและจับตัวเป็นก้อน (นิธิยา รัตนปณท์, 2557)

ด้านปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) ผลิตภัณฑ์ทุกสูตรมีค่า TSS อยู่ในช่วง 0.07-0.13 °Brix ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่น้อยมาก ชาที่ได้มีความใส มีการละลายของสารประกอบในสัดส่วนที่พอเหมาะสำหรับการบริโภคเพื่อสุขภาพ และไม่มีการเติมน้ำตาลหรือสารให้ความหวานเพิ่มเติมในระหว่างกระบวนการพัฒนาสูตร

ความเป็นกรด-เบส (pH) ของทุกสูตรอยู่ในช่วง 4.87-5.23 เป็นกรดอ่อน โดยความผันแปรของค่า pH ที่เกิดขึ้นมีความสัมพันธ์โดยตรงกับชนิดและองค์ประกอบทางเคมีของดอกไม้ที่นำมาผสม สารสำคัญในดอกไม้แต่ละชนิดมีปริมาณกรดอินทรีย์ (Organic Acids) เช่น กรดซิตริก หรือกรดแอสคอร์บิก และสารประกอบฟีนอลิกที่แตกต่างกัน ส่งผลให้เมื่อสกัดด้วยน้ำร้อน ค่า pH ของน้ำชาจึงเปลี่ยนแปลงไปตามคุณลักษณะเฉพาะของดอกไม้ในกลุ่มดอกไม้ที่มีค่า pH ต่ำ (ค่อนข้างกรด) สูตรที่ผสมดอกไม้ที่มีรสเปรี้ยวตามธรรมชาติ มักจะส่งผลให้ค่า pH ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับคุณสมบัติของเปลือกโกโก้เองที่มีความเป็นกรดอ่อนๆ จากกระบวนการหมักเมล็ด จากผลการทดลองช่วงค่า pH เป็นช่วงที่เหมาะสมสำหรับชาสมุนไพร ความเป็นกรดอ่อนช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บางชนิดได้ในระดับหนึ่ง และส่งผลดีต่อความคงตัวของสีน้ำตาลหรือสีดอกไม้นั้นๆ ชนิดของดอกไม้จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า pH แต่เนื่องจากปริมาณการผสมอยู่ในสัดส่วนที่เหมาะสม ทำให้ค่า pH รวมของทุกสูตรยังคงอยู่ในช่วงใกล้เคียงกัน ซึ่งแสดงถึงความสม่ำเสมอของคุณภาพผลิตภัณฑ์ในทุกสูตร อิทธิพลของชนิดดอกไม้ทั้ง 5 ชนิดต่อค่าความเป็นกรด-เบส (pH) สูตรพื้นฐาน (เปลือกโกโก้ 100%) มีค่า pH เป็นกรดอ่อนเนื่องจากเปลือกโกโก้มีกรดอินทรีย์ตามธรรมชาติ เช่น กรดอะซิติกและกรดแลคติก ที่หลงเหลือจากกระบวนการหมักเมล็ดโกโก้ ซึ่งเป็นตัวกำหนดค่า pH หลักให้กับทุกสูตร สูตรผสมดอกไม้รวม (Mixed Flowers) การผสมดอกไม้ 3 ชนิดเข้าด้วยกัน เกิดปฏิกิริยาร่วม (Synergistic Effect) ของสารประกอบฟีนอลิกจากดอกไม้หลายชนิด ทำให้ค่า pH ที่ได้มีความคงตัวและเป็นค่าเฉลี่ยที่เหมาะสม

ซึ่งอาจช่วยให้รสชาติของชามีความกลมกล่อม มากกว่าการใช้ดอกไม้ชนิดเดียว ค่า pH ที่ต่ำกว่า 5.5 ช่วยลดอัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บางชนิด ทำให้ชาเก็บรักษาได้ดีขึ้นในระยะสั้น (Cabrera et al., 2023)

ตารางที่ 7 ผลของค่าปริมาณน้ำอิสระ (aw) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Soluble Solid: TSS) และค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ของชาเปลือกโกโก้และชาเปลือกโกโก้ผสมดอกไม้ จำนวน 5 สูตร

สิ่งทดลอง	คุณสมบัติ		
	ปริมาณน้ำอิสระ	ค่าความเป็นกรด-เบส	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด
ชาเปลือกโกโก้	0.5436 ± 0.01^{ab}	5.23 ± 0.02^a	0.10 ± 0.28^{ab}
ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกเก๊กฮวย	0.5360 ± 0.01^{ab}	4.87 ± 0.14^c	0.11 ± 0.01^{ab}
ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกกุหลาบ	0.5118 ± 0.01^c	5.04 ± 0.01^b	0.12 ± 0.02^{ab}
ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกคาโมมายล์	0.5917 ± 0.01^a	5.22 ± 0.00^a	0.07 ± 0.05^c
ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกไม้ 3 ชนิด	0.5545 ± 0.02^b	5.17 ± 0.02^{ab}	0.13 ± 0.05^a

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ)

^{a-d} ที่ต่างกันในแนวตั้งหมายความว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 8 ผลปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของชาเปลือกโกโก้และชาเปลือกโกโก้ผสมดอกไม้ จำนวน 5 สูตร

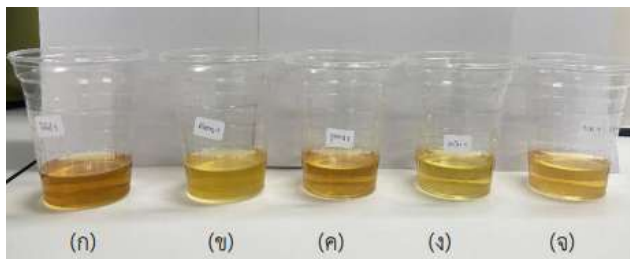
สิ่งทดลอง	คุณสมบัติ	
	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมแกลลิกต่อกิโลกรัม)	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (มิลลิกรัมของโทรลอกซ์ต่อกิโลกรัม)
ชาเปลือกโกโก้	$6,281.89 \pm 1.50^d$	$6,911.80 \pm 1.81^d$
ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกเก๊กฮวย	$6,716.41 \pm 0.80^c$	$7,939.79 \pm 0.61^c$
ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกกุหลาบ	$17,309.63 \pm 1.86^a$	$32,576.63 \pm 1.10^a$
ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกคาโมมายล์	$4,569.77 \pm 1.56^e$	$4,336.98 \pm 1.92^e$
ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกไม้ 3 ชนิด	$14,283.80 \pm 1.35^b$	$27,532.58 \pm 1.31^b$

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ)

^{a-e} ที่ต่างกันในแนวตั้งหมายความว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลของการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของชาเปลือกโกโก้จำนวน 5 สูตร (ตารางที่ 8) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่อยู่ในชาเปลือกโกโก้ผสมดอกกุหลาบ ($17,309.63 \pm 1.86$ mgGAE/kg) มีปริมาณสูงกว่าสารประกอบฟีนอลิกที่อยู่ในชาเปลือกโกโก้ผสมดอกไม้ 3 ชนิด ($14,283.80 \pm 1.35$ mgGAE/kg) รองลงมาคือ ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกเก๊กฮวย, ชาเปลือกโกโก้และชาเปลือกโกโก้ผสมดอกคาโมมายล์ $6,716.41 \pm 0.80$, $6,281.89 \pm 1.50$ และ $4,569.77 \pm 1.56$ mgGAE/kg ตามลำดับ เปรียบเทียบสารสกัดจากเปลือกโกโก้ทั้ง 5 สูตร ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกกุหลาบมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด ($32,576.63 \pm 1.10$ mgTrolox/kg) รองลงมาคือ ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกไม้ 3 ชนิด, ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกเก๊กฮวย, ชาเปลือกโกโก้และชาเปลือกโกโก้ผสมดอกคาโมมายล์ ตามลำดับ

ผลของการวิเคราะห์พบว่าสารสกัดจากชาเปลือกโกโก้ผสมดอกกุหลาบสูงกว่าชาสูตรอื่น เนื่องจากปริมาณและชนิดองค์ประกอบของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพกลุ่มฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ที่มีอยู่ในพืชแต่ละชนิดในระดับต่างๆที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อการตอบสนองและให้ฤทธิ์ที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะสารประกอบฟีนอลิก ซึ่งมีคุณสมบัติในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดี เช่น สารอนุพันธ์ของ Hydroxybenzoic และ Hydroxycinnamic acids, Flavonoids, Flavones, Isoflavones, Anthocyanins, Catechin, Tannin และ Isocatechin ตามลำดับ (Kahkonen et al., 2001) สารกลุ่มฟีนอลิกจะมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในระดับปฐมภูมิ (Primary antioxidant activity) ทำหน้าที่ขัดขวางหรือหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ของสารอนุมูลอิสระ ในขณะที่สารกลุ่มฟลาโวนอยด์จะสามารถต้านอนุมูลอิสระได้ทั้งในระดับปฐมภูมิ และทุติยภูมิ (Primary and secondary antioxidant activity) สามารถขัดขวางโดยจับกับอนุมูลอิสระโดยตรงเพื่อหยุดปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชันและสามารถจับกับโลหะที่มีผลเหนี่ยวนำให้เกิดอนุมูลอิสระได้อีกด้วย (Lim et al., 2007)



ภาพที่ 2 ผลสกัดชาเปลือกโกโก้ จำนวน 5 สูตร (ก) ชาเปลือกโกโก้ (ข) ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกเก๊กฮวย (ค) ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกกุหลาบ (ง) ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกคาโมมายล์ (จ) ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกไม้ 3 ชนิด

อภิปรายผล

อุณหภูมิในการอบแห้งเปลือกเมล็ดโกโก้มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยอุณหภูมิ 125 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ได้รับการยอมรับสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ

Hernández-Hernández et al. (2019) ว่าการให้ความร้อนในระดับที่เหมาะสมช่วยพัฒนาองค์ประกอบกลิ่นรสของเปลือกโกโก้ โดยเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ขณะที่อุณหภูมิที่สูงเกินไปอาจทำให้เกิดกลิ่นใหม่และลดคุณภาพ ในส่วนของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกไม้ ถ้าใช้ในระดับที่เหมาะสมจะช่วยเพิ่มความหอมและรสชาติของชา แต่หากใช้ในปริมาณสูงเกินไปจะทำให้กลิ่นของดอกไม้กลับกลืนโกโก้ ส่งผลให้คะแนนการยอมรับลดลง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Lim et al. (2007) ว่าสารพฤกษเคมีและสารระเหยในพืชแต่ละชนิดมีความเข้มข้นและลักษณะเฉพาะ หากใช้ในสัดส่วนที่ไม่เหมาะสมส่งผลต่อสมดุลของกลิ่นและรสชาติในผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้การผสมวัตถุดิบหลายชนิดสามารถก่อให้เกิดผลเสริมฤทธิ์ของสารให้กลิ่นและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Felice et al. (2020) การผสมสารสกัดจากพืชหลายชนิดช่วยเพิ่มประสิทธิภาพทางประสาทสัมผัสและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้

ด้านคุณภาพทางเคมี ผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกกุหลาบมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด เนื่องจากกุหลาบมีเม็ตสัธรมชาติที่เข้มข้น มีขีดความสามารถในการให้อะตอมไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระได้ดี เมื่อนำมาผสมร่วมกับเปลือกโกโก้ซึ่งมีสารกลุ่มฟลาโวนอยด์จึงเกิดปรากฏการณ์เสริมฤทธิ์กัน ทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Kahkonen et al. (2001) ที่ระบุว่าสารประกอบฟีนอลิก เช่น flavonoids, catechin และ tannin มีบทบาทในการต้านอนุมูลอิสระ โดยสามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ สอดคล้องกับ Poveda et al. (2020) ที่รายงานว่าเปลือกโกโก้เป็นแหล่งของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญ โดยเฉพาะกลุ่มโพลีฟีนอลที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ พบว่าสูตรที่ดีที่สุดคือชาเปลือกโกโก้ผสมดอกกุหลาบ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC 17,309.63 mgGAE/kg) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH 32,576.63 mgTrolox/kg) สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สูตรที่รองลงมาคือ ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกไม้ 3 ชนิด (TPC 14,283.80, DPPH 27,532.58) ตามมาเป็นอันดับสอง สูตรที่น้อยที่สุดคือ ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกคาโมมายล์ มีค่า TPC และ DPPH ต่ำที่สุด (4,569.77 และ 4,336.98 ตามลำดับ) ผลของการผสมดอกไม้ การผสมดอกกุหลาบช่วยเพิ่มค่า TPC และ DPPH ได้สูงกว่าชาเปลือกโกโก้สูตรปกติ (ประมาณ 2-3 เท่า) การที่ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกกุหลาบมีค่าสูงสุด แสดงว่าดอกกุหลาบมีสารกลุ่มโพลีฟีนอล (Polyphenols) และแอนโทไซยานินสูง ซึ่งส่งผลเสริมฤทธิ์ (Synergistic effect) กับสารในเปลือกโกโก้ ทำให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) เพิ่มขึ้นอย่างโดดเด่น การผสม 3 ชนิดให้ผลดีรองลงมา แม้การผสมดอกไม้ 3 ชนิด จะให้ผลลัพธ์ที่ดีมาก แต่ยังเป็นรองการใช้กุหลาบเดี่ยวๆ ซึ่งอาจเกิดจากสัดส่วนของกุหลาบในสูตรผสม 3 ชนิดน้อยกว่า หรือเกิดการเจือจางจากดอกไม้ชนิดอื่นที่มีฤทธิ์น้อยกว่า (เช่น คาโมมายล์) พบว่าแนวโน้ม TPC สอดคล้องกับ DPPH ค่า TPC (ปริมาณฟีนอลิก) มีทิศทางเดียวกันกับค่า DPPH (ความสามารถต้านอนุมูลอิสระ) สารประกอบฟีนอลิกเป็นสาเหตุหลักที่ทำหน้าที่ต้านอนุมูลอิสระในชา การควบคุมกระบวนการผลิต โดยเฉพาะอุณหภูมิในการอบและการเลือกชนิดรวมถึงสัดส่วนของดอกไม้ที่เหมาะสม มีบทบาทสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทั้งด้านประสาทสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณโครงการตามยุทธศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น ประจำปีงบประมาณ 2566

References

- นิธิยา รัตนพานนท์. (2557). *เคมีอาหาร* (พิมพ์ครั้งที่ 5). โอเดียนสโตร์.
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, และนิธิยา รัตนพานนท์. (2550). *DPPH assay: วิเคราะห์การเป็นสารต้านออกซิเดชัน*. สืบค้นเมื่อ 16 มกราคม 2568, จาก <https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/3200/dpph-assay>
- ไพโรจน์ วิริยจารี. (2561). *การประเมินทางประสาทสัมผัส* (พิมพ์ครั้งที่ 2). ศูนย์บริหารงานวิจัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- AOAC. (2019). *Official methods of analysis* (21st ed.). The Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C.
- Cabrera, M., Figueroa-Hernández, C. Y., and García-Casal, M. N. (2023). Cocoa shell infusion: A promising application for added-value co-products from cocoa processing. *Foods*, 12(13), 2442-2452. <https://doi.org/0.3390/foods12132442>
- Chan, E. W. C., Lim, Y. Y., Chong, K. L., Tan, J. B. L., and Wong, S. K. (2010). Antioxidant properties of tropical and temperate herbal teas. *J. Food Compos Anal*, (23), 185-189. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2009.10.002>
- Felice, F., A. Fabiano, M. De Leo, A. M. Piras, D. Beconcini, M. M. Cesare, A. Braca, Y. Zambito, and R. Di Stefano. (2020). Antioxidant effect of cocoa by-product and cherry polyphenol extracts: A comparative study. *Antioxidants*, 9(132), 1-14. <https://doi.org/10.3390/antiox9020132>
- Hernández-Hernández, C., Sillero, A. M., Bolaños, J. F., Oria, A. B., Morales, A. A., and RodríguezGutiérrez, G. (2019). Cocoa bean husk: industrial source of antioxidant phenolic extracts. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(1), 325-333. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9191>
- Kahkonen, M. P., Hopia, A. I., and Heinonen, M. (2001). Berry phenolics and their antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(8), 4076-4082. <https://doi.org/10.1021/jf010152i>
- Lim, Y. Y., Lim, T. T., and Tee, J. J. (2007). Antioxidant properties of several tropical fruits: a comparative study. *Food Chemistry*, 103(3), 1003-1008. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.08.038>
- Poveda, O.R., Perreira, L.B., Zeppa, G., and Stevigny, C. (2020). Cocoa bean shell-A by product with nutritional properties and bio-functional potential. *Nutrients*, 12(4), 1123. <https://doi.org/10.3390/nu12041123>

Pearson, D. (1999). *The Chemical analysis of food* (7th ed.). Churchill Livingstone.



การพัฒนาชุดตรวจจับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลด้วยระบบสมองกลฝังตัว: กรณีศึกษาในพื้นที่
อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์

Development of an Embedded System-Based Brown Planthopper (BPH) Kit:
A Case Study in Mueang District, Phetchabun

สนธยา วันชัย*

Sontaya Wanchai

Received : August 20, 2025

Revised : November 27, 2025

Accepted : March 18, 2026

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์การวิจัยครั้งนี้เพื่อพัฒนาชุดตรวจจับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลด้วยระบบสมองกลฝังตัวและการวัดประสิทธิภาพ ผลการสำรวจข้อมูลการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในพื้นที่ที่มีการระบาดใน 6 ตำบลได้แก่ ตำบลสะเดียง ท่าพล ดงมูลเหล็ก นายนม ห้วยใหญ่และระวีง ข้อมูลปี 2563-2566 มีการระบาดอยู่ในระดับปานกลาง เครื่องมือชุดตรวจจับประกอบด้วย Node MCU ESP8266 อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนที่ กล้องวงจรปิด จอภาพแสดงผล LCD และหน่วยความจำ การวัดประสิทธิภาพแบ่งการทดลองเป็น 10 ครั้ง หากแยกเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่จำนวน 1-2 ตัวสามารถแยกได้ 100% แต่หากพบมากกว่า 2 ตัวต่อครั้งจะไม่สามารถตรวจสอบได้ทั้งหมด ค่าเฉลี่ยที่คัดแยกได้อยู่ที่ร้อยละ 70 การติดตั้งชุดตรวจจับไว้ที่แปลงนา ช่วงกลางฤดูฝน (มิถุนายน-พฤศจิกายน) เมื่อต้นข้าวเริ่มเจริญเติบโตเป็นช่วงที่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเริ่มระบาด ผลการตรวจจับทั้ง 6 ตำบล ได้ดังนี้ ตรวจจับได้ทั้งหมดได้ 219 ตัว เฉลี่ย 36.5 ตัวต่อตำบล พบเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจำนวน 28 ตัว เฉลี่ย 4.67 ตัวต่อตำบล แยกเป็นตำบลสะเดียง 6 ตัว (12.0%) ท่าพล 3 ตัว (7.9%) ดงมูลเหล็ก 7 ตัว (19.4%) นายนม 5 ตัว (12.5%) ห้วยใหญ่ 4 ตัว (15.4%) และระวีง 3 ตัว (10.3%) การตรวจพบเพลี้ยกระโดดแต่ละตำบลมีความแตกต่างกันมากและมีจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในปริมาณน้อย

คำสำคัญ : เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล / อุปกรณ์ตรวจจับ / ระบบสมองกลฝังตัว

*อาจารย์ประจำสาขาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

Lecturer Department of Computer Technology, Faculty of Agricultural Technology and Industrial Technology,

Phetchabun Rajabhat University(Corresponding Author) e-mail : pansiriwat@pcru.ac.th

ABSTRACT

The objective of this research is to design and develop a brown planthopper detection kit using an embedded system and as well as to analyze performance measurement survey results of brown planthopper outbreak data with outbreak numbers in six sub-districts, including Sa Deang, Tha Phol, Dong Mun Lek, Na Yom, Huai Yai and Ra Wing. This study used data from 2020-2023, which indicate a moderate outbreak volume. Brown planthopper detection kit was with embedded system consisting of Node MCU ESP8266, motion detector, CCTV camera, LCD display and memory. The performance of the detection system was evaluated through 10 experiments. The identification accurate was 100% when one to two brown planthoppers were detected. If more than two brown planthoppers appeared at a time, they not all could detected. The average separation rate is 70%. The detection kits were installed in rice fields, In the middle of the rainy season (June-November). When the rice plants begin to grow, which is when the brown planthopper outbreak begins. The results of the inspections in all six sub-districts are as follows: The brown planthopper detection device detected a total of 219 insects, averaging of 36.5 insects per sub-district. Among these 28 were brown planthoppers, an averaging 4.67 insects per sub-district. Consist of Sa Diang Subdistrict, 6 individuals (12%); Tha Phol Subdistrict, 3 individuals (7.9%); Dong Mun Lek Subdistrict, 7 individuals (19.4%); Na Yom Subdistrict, 5 individuals (12.5%); Huai Yai Subdistrict, 4 individuals (15.4%); and Ra Wing Subdistrict, 3 individuals (10.3%). The frequency of brown planthopper detection varied significantly across sub-districts, although the overall number remained low.

Keywords : Brown Planthopper (BPH) / Detection Device / Embedded System

บทนำ

จังหวัดเพชรบูรณ์เป็นจังหวัดที่อยู่ในเขตภาคเหนือตอนล่าง ของประเทศไทย จังหวัดเพชรบูรณ์ เป็นจังหวัดที่มีแนวเขตติดต่อระหว่างภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลางประมาณเส้นรุ้งที่ 16 องศาเหนือกับเส้นแวงที่ 101 องศาตะวันออกมีพื้นที่ประมาณ 12,668,416 ตารางกิโลเมตรหรือประมาณ 7,617,760 ไร่ ส่วนที่กว้างที่สุดของจังหวัดจากด้านตะวันออกถึงตะวันตกกว้าง 55 กิโลเมตรส่วนที่ยาวที่สุดวัดจากเหนือสุดถึงใต้สุดยาว 296 กิโลเมตรและสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 114 เมตรโดยอยู่ห่างจากกรุงเทพมหานคร 349 กิโลเมตรตามทางหลวงหมายเลข 21 (สำนักงานจังหวัดเพชรบูรณ์, 2565) อาชีพหลักของประชาชนได้แก่อาชีพเกษตรกรรม ผลผลิตหลักได้แก่ ข้าวนาปี ข้าวนาปรัง ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มันสำปะหลัง สับปะรด และ (สำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบูรณ์, 2563) ปริมาณผลผลิตที่ได้ เช่น ในปี 2563 ข้าวนาปี ได้ 674,172 ตัน ข้าวโพดเลี้ยง

สัตว์ ได้ 580,600 ตัน มันสำปะหลังโรงงาน ได้ 919,600 ตัน โดยเฉพาะข้าวนั้น กระบวนการผลิตข้าวเป็นตัวแปรหลักที่ส่งผลต่อผลผลิตที่จะได้ในอนาคต แต่ก็มีอุปสรรคอื่นได้แก่แมลงศัตรูพืชที่สร้างความเสียหายให้แก่ข้าวมหากษัตริย์สามารถตรวจเจอแมลงศัตรูพืชที่จะเข้ามาทำลายต้นข้าวก่อนก็จะสามารถป้องกันความเสียหายต่อผลผลิตที่ออกมาได้

แมลงศัตรูพืช เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล *Nilaparvata lugens* (Stål) เป็นแมลงจำพวกปากดูด ตัวเต็มวัยมีลำตัวสีน้ำตาลถึงสีน้ำตาลปนดำ มีรูปร่าง 2 ลักษณะ คือ ชนิดปีกยาว (Macropterous Form) และชนิดปีกสั้น (Bracrypterous Form) ชนิดมีปีกยาวสามารถเคลื่อนย้ายและอพยพไปในระยะทางไกลและไกล โดยอาศัยกระแสลมช่วย ตัวเต็มวัยเพศเมียจะวางไข่เป็นกลุ่ม ส่วนใหญ่วางไข่ที่กาบใบข้าว หรือเส้นกลางใบ โดยวางไข่เป็นกลุ่ม เรียงแถวตามแนวตั้งฉากกับกาบใบข้าว บริเวณที่วางไข่จะมีรอยขีดเป็นสีน้ำตาล ไข่มีลักษณะรูปกระสวยโค้ง คล้ายกล้วยหอม มีสีขาวขุ่น ตัวอ่อนมี 5 ระยะ ระยะตัวอ่อน 16-17 วัน ตัวเต็มวัยเพศเมียชนิดปีกยาวมีขนาด 4-4.5 มิลลิเมตร วางไข่ประมาณ 100 ฟอง เพศผู้มีขนาด 3.5-4 มิลลิเมตร เพศเมียชนิดปีกสั้นวางไข่ประมาณ 300 ฟอง ตัวเต็มวัยมีชีวิตประมาณ 2 สัปดาห์ ในหนึ่งฤดูปลูกข้าวเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลสามารถเพิ่มปริมาณได้ 2-3 อายุขัย (Generation) (สำนักงานวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว, 2564) การป้องกันสามารถเลือกสายพันธุ์ข้าวที่ต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล หรือ ใช้การระบายน้ำออกจากแปลงนาเพื่อลดการระบาดและหากค้นพบเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้รวดเร็วเท่าไรก็สามารถป้องกันและกำจัดได้เร็วเท่านั้น การตรวจจับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลสามารถทำได้หลายวิธีเช่น มองด้วยตาเปล่า ใช้กับดักแสงไฟสำหรับการล่อแมลง กับดักกาบเหนียว การใช้สารป้องกันการระบาด การใช้ศัตรูทางธรรมชาติ (ตัวมวนเขียวจุดไข่ เป็นตัวห้ำ, แมงมุมสุนัขป่า หรือแมงมุมหมาป่า, ตัวเต่าลาย) หรือการใช้อุปกรณ์ตรวจจับแมลงร่วมกับเทคโนโลยี IOT ช่วยตรวจปริมาณเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่ระบาดในนาข้าวได้

ระบบสมองกลฝังตัว หมายถึง ระบบคอมพิวเตอร์ที่ถูกออกแบบให้ทำงานเฉพาะหน้าที่ใดหน้าที่หนึ่งภายในอุปกรณ์หรือระบบขนาดใหญ่ โดยประกอบด้วยฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่ทำงานร่วมกันเพื่อควบคุม ตรวจสอบ หรือประมวลผลการทำงานของอุปกรณ์นั้นๆ เช่น เครื่องใช้ไฟฟ้า รถยนต์ เครื่องมือแพทย์ หรือระบบอัตโนมัติในภาคอุตสาหกรรม ระบบสมองกลฝังตัวมักใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์หรือไมโครโปรเซสเซอร์ เป็นหน่วยประมวลผลหลัก และทำงานภายใต้ทรัพยากรที่จำกัด เช่น หน่วยความจำ พลังงาน และความเร็วในการประมวลผล นอกจากนี้ยังมักต้องทำงานแบบ Real-time เพื่อควบคุมหรือโต้ตอบกับสภาพแวดล้อมทางกายภาพผ่านอุปกรณ์อินพุตและเอาต์พุต เช่น เซนเซอร์และแอคชูเอเตอร์ (Gillis and Lutkevich, 2024) โดยความสามารถของระบบสมองกลฝังตัวสามารถเพิ่มความสามารถในการตรวจสอบสิ่งที่มีขนาดเล็ก เช่น เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลด้วยอุปกรณ์เซนเซอร์และมีความรวดเร็วในการตรวจจับและรายงานผลปริมาณการตรวจพบหลังผ่านการประมวลผลแล้วด้านการตรวจสอบจำนวนปริมาณเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในแปลงนาของเกษตรกรที่เขตอำเภอเมืองจังหวัดเพชรบูรณ์ ปริมาณการตรวจพบจะอยู่ในระดับปานกลางและยังใช้วิธีการ ตรวจสอบจากการดูด้วยตาบริเวณต้นข้าว ใช้ตาข่ายกวาดที่ต้นข้าว เพื่อเก็บตัวอย่างของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

สำหรับงานวิจัยการพัฒนาชุดตรวจจับเปลือกกระโดดสีน้ำตาลพบว่ามีการวิจัยที่เกี่ยวกับการพัฒนาชุดตรวจจับเปลือกกระโดดสีน้ำตาล เช่น 1) การตรวจจับเปลือกกระโดดสีน้ำตาล (Nilaparvata Lugens Stål) โดยใช้เทคโนโลยีการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) (He et al., 2020) งานวิจัยนำเสนอ ขั้นตอนวิธีการตรวจจับแบบสองชั้น (Two-layer Detection Algorithm) โดยใช้เทคโนโลยี Deep Learning ในการตรวจจับเปลือกกระโดดสีน้ำตาล ขั้นตอนวิธีที่ใช้ทั้งสองชั้นคือ Faster R-CNN (Regions with Convolutional Neural Network Features) เพื่อให้สามารถใช้ทรัพยากรการประมวลผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงมีการเลือกใช้เครือข่ายการสกัดคุณลักษณะ (Feature Extraction Network) ที่แตกต่างกันในแต่ละชั้น นอกจากนี้ยังมีการปรับปรุงโครงสร้างของเครือข่ายตรวจจับในชั้นที่สอง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของผลลัพธ์การตรวจจับ ผลการตรวจจับของขั้นตอนวิธีแบบสองชั้นถูกนำไปเปรียบเทียบกับขั้นตอนวิธีตรวจจับแบบชั้นเดียว รวมถึงเปรียบเทียบกับ YOLO v3 ซึ่งเป็นเครือข่ายตรวจจับวัตถุแบบ Deep Learning เช่นกัน ผลการทดลองพบว่า ขั้นตอนวิธีแบบสองชั้นให้ผลการตรวจจับที่ดีกว่าขั้นตอนวิธีแบบชั้นเดียวอย่างมีนัยสำคัญ ในการทดสอบกับจำนวนเปลือกกระโดดสีน้ำตาลที่แตกต่างกัน ขั้นตอนวิธีที่นำเสนอมี ค่า Recall เฉลี่ย 81.92% และค่า Accuracy เฉลี่ย 94.64% ในขณะที่ YOLO v3 มีค่า Recall เฉลี่ย 57.12% และ Accuracy เฉลี่ย 97.36% สำหรับการทดลองกับเปลือกกระโดดสีน้ำตาลในช่วงอายุที่แตกต่างกัน ขั้นตอนวิธีที่นำเสนอมี Recall เฉลี่ย 87.67% และ Accuracy เฉลี่ย 92.92% ขณะที่ YOLO v3 มี Recall เฉลี่ย 49.60% และ Accuracy เฉลี่ย 96.48%. 2) การจำแนกชนิดเปลือกกระโดดด้วยโครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึกแบบ CNN โดยใช้ชุดข้อมูลภาพความหนาแน่นสูง (Ibrahim et al., 2023) งานวิจัยนี้พัฒนาระบบ Machine Vision สำหรับจำแนกชนิดเปลือกกระโดด โดยใช้เทคนิค Deep Convolutional Neural Network (CNN) จากชุดข้อมูลภาพความหนาแน่นสูงจำนวน 7,328 ภาพที่เก็บจากกับดักแสง ผลการทดลองพบว่า โมเดล ResNet-50 ให้ประสิทธิภาพดีที่สุด โดยมีค่า Accuracy 97.28% แสดงให้เห็นว่าเทคนิค Deep Learning สามารถใช้ในการจำแนกชนิดแมลงศัตรูพืชในนาข้าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ 3) การระบุชนิดและนับจำนวนเปลือกกระโดดสีน้ำตาลในนาข้าวโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ (Shah et al., 2019) เสนอเทคนิคการประมวลผลภาพร่วมกับปัญญาประดิษฐ์ เพื่อเป็นทางเลือกในการระบุชนิดและนับจำนวนแมลงศัตรูพืช กระบวนการตรวจจับที่เสนอประกอบด้วย 4 ขั้นตอนต่อเนื่อง ได้แก่ การรับภาพ (Image Acquisition) การแบ่งส่วนภาพ (Image Segmentation) การสกัดคุณลักษณะ (Feature Extraction) และการตรวจจับ (Detection) โดยใช้ตัวจำแนกแบบ k-nearest neighbour (kNN) และพัฒนาโปรแกรมด้วย MATLAB ผลการจำลองด้วยภาพแมลงจำนวน 10 ภาพ พบว่าวิธี kNN ให้ประสิทธิภาพดีกว่า Decision Tree ภาพที่ได้นำไปประมวลผลนับจำนวนเปลือกกระโดด

จากสภาพปัญหาการเข้าทำลายต้นข้าวนาปีและข้าวนาปรังของเปลือกกระโดดสีน้ำตาลที่จะทำให้เกิดผลผลิตข้าวต่อปีมีปริมาณน้อยลง โดยกระบวนการที่จะแก้ไขเบื้องต้นได้แก่การเลือกสายพันธุ์ข้าวที่ต้านทานหรือเข้าฆ่าแมลงในการกำจัดเปลือกกระโดดสีน้ำตาล หากเกษตรกรตรวจพบเปลือกกระโดดสีน้ำตาลเร็วเท่าไรเกษตรกรจะสามารถป้องกันได้เร็วเท่านั้น อย่างไรก็ตาม งานวิจัยส่วนใหญ่ยังเน้นการประมวลผลภาพในห้องปฏิบัติการ หรือใช้กับดักแสงไฟแบบดั้งเดิม ยังขาดงานวิจัยที่พัฒนาระบบตรวจจับแบบฝังตัวที่สามารถใช้งานจริงในแปลงนาและ

รายงานผลแบบเรียลไทม์ งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนาระบบต้นแบบที่สามารถใช้งานภาคสนามได้จริงและด้วยข้อดีของระบบสมองกลฝังตัวที่สามารถออกแบบชุดตรวจจับเพลิงกระโดดสีน้ำตาล ด้วยการใช้อุปกรณ์โมดูลกล้องเชื่อมต่อกับ Node MCU (ESP8266) นำภาพที่ได้จากการถ่ายไปเข้ากระบวนการประมวลผลภาพเปรียบเทียบกับตัวเพลิงกระโดดสีน้ำตาลและให้แสดงผลจำนวนที่ตรวจพบการระบาด รายงานผลการระบาดของเพลิงกระโดดสีน้ำตาลด้วยความรวดเร็ว เพื่อให้เกษตรกรรับมือได้อย่างทันเวลาและยังส่งผลต่อผลผลิตข้าวที่จะได้ในแต่ละรอบการผลิต ส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้นในอนาคตและระบบต้นแบบสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือเฝ้าระวังการระบาดของเพลิงกระโดดสีน้ำตาลในแปลงนาระดับชุมชนได้

วิธีดำเนินการวิจัย

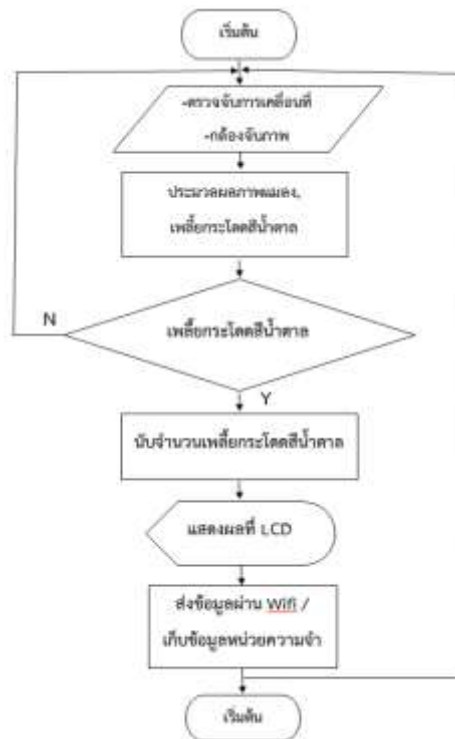
วิธีดำเนินการวิจัยเรื่อง การพัฒนาชุดตรวจจับเพลิงกระโดดสีน้ำตาลด้วยระบบสมองกลฝังตัว อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการดำเนินการวิจัยเป็นขั้นตอนดังนี้

1. รวบรวมข้อมูลสภาพปัญหาการระบาดของแมลงเพลิงกระโดดสีน้ำตาลที่มีผลต่อการผลิตข้าวของเกษตรกรในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ ทั้ง 17 ตำบลโดยการเดินทางไปยังเขตบริเวณแต่ละตำบลและทำการสอบถามข้อมูลจากเกษตรกรในพื้นที่และสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมจากหน่วยงาน สำนักงานเกษตรอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ หลังจากได้สอบถามข้อมูลจากเกษตรกรทั้ง 17 ตำบล ผลสรุปพื้นที่ที่มีการระบาดของเพลิงกระโดดสีน้ำตาลที่มีจำนวนการระบาดน้อยได้แก่ตำบล 1. ตำบลในเมือง 2. ตำบลตะเภา 3. ตำบลบ้านโคก 4. ตำบลป่าเลา 5. ตำบลนาจั่ว 6. ตำบลบ้านโคก 7. ตำบลชนไพร 8. ตำบลนาป่า 9. ตำบลวังชมพู 10. ตำบลน้ำร้อน และ 11. ตำบลห้วยสะแก ส่วนตำบลที่พบเพลิงกระโดดสีน้ำตาลมีเพียง 6 ตำบล ได้แก่ 1. ตำบลสะเตียง 2. ตำบลท่าพล 3. ตำบลดงมูลเหล็ก 4. ตำบลนายม 5. ตำบลห้วยใหญ่ และ 6. ตำบลระวิง ผู้วิจัยจึงได้เลือกทั้ง 6 ตำบลเป็นกลุ่มตัวอย่างสำหรับทดลองติดตั้งชุดตรวจจับเพลิงกระโดดสีน้ำตาลด้วยระบบสมองกลฝังตัว เพื่อการเก็บข้อมูลจำนวนเพลิงกระโดดสีน้ำตาล

2. นำข้อมูลผลการสำรวจแมลงศัตรูพืช (ศัตรูข้าว) จากสำนักงานเกษตรอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ (สำนักงานเกษตรอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์, 2567) ดังตารางที่ 2 และข้อมูลที่ได้จากการลงพื้นที่พบเกษตรกรและข้อมูลที่ได้รับจากเกษตรกรอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ มาตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล เพื่อนำข้อมูลไปรวมกำหนดพื้นที่และกำหนดจุดการติดตั้งชุดตรวจจับเพลิงกระโดดสีน้ำตาลด้วยระบบสมองกลฝังตัว

3. ออกแบบและสร้างชุดตรวจจับเพลิงกระโดดสีน้ำตาลด้วยระบบสมองกลฝังตัว แบ่งส่วนประกอบออกเป็น ส่วนระบบสมองกลฝังตัว ส่วนระบบตรวจจับการเคลื่อนไหวของแมลง เพลิงกระโดดสีน้ำตาล ส่วนกล้องบันทึกภาพเพลิงกระโดดสีน้ำตาลภายในแปลงนา ส่วนแสดงผลหน้าจอ LCD และส่วนพลังงานไฟฟ้าสำหรับอุปกรณ์และวงจรในชุดตรวจจับเพลิงกระโดดสีน้ำตาล

การพัฒนาชุดตรวจจับเพลิงกระโดดสีน้ำตาลด้วยระบบสมองกลฝังตัวตามผังการทำงานในภาพที่ 1 ประกอบไปด้วย

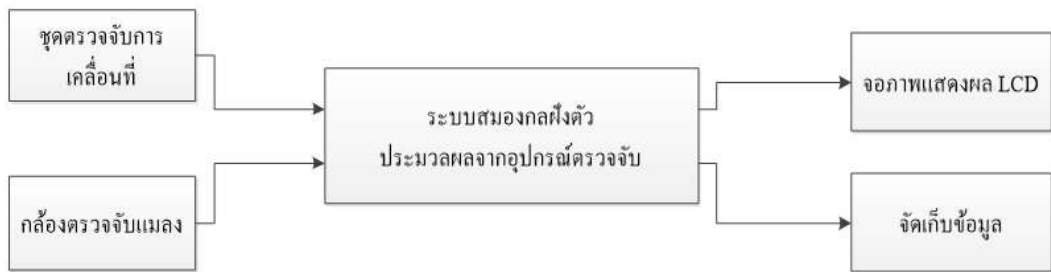


ภาพที่ 1 ผังการทำงานชุดตรวจจับเพื่อยกระดับน้ำด้วยระบบสมองกลฝังตัว

จากภาพที่ 1 การทำงานชุดตรวจจับเพื่อยกระดับน้ำด้วยระบบสมองกลฝังตัว เริ่มจากใช้อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนที่ (Ultrasonic HC-SR04) เมื่อมีการเคลื่อนที่ในระยะเวลาที่กำหนดในโปรแกรม กล้องจะทำการบันทึกภาพแมลงที่ได้ และทำการประมวลผลภาพที่ได้โดยเปรียบเทียบกับภาพเดิมของเพื่อยกระดับน้ำตามต้นแบบที่กำหนดไว้ หลังจากนั้นจะทำการนับจำนวนเพื่อยกระดับน้ำ และแสดงผลไปยังจอภาพ LCD พร้อมทั้งส่งข้อมูลผ่านตัวส่งสัญญาณ Wifi ที่รับสัญญาณจากระบบอินเทอร์เน็ตจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ต่อไปยังส่วนการเก็บข้อมูลในหน่วยความจำ เมื่อเสร็จสิ้นระบบจะตรวจจับต่อไป แต่หากไม่ใช่เพื่อยกระดับน้ำชุดตรวจจับจะทำการตรวจจับแมลงใหม่อีกครั้ง

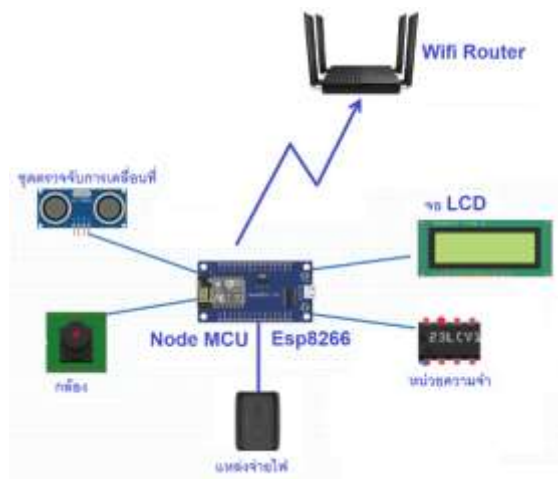
ส่วนการการออกแบบ การสร้างและการประเมินประสิทธิภาพชุดตรวจจับเพื่อยกระดับน้ำด้วยระบบสมองกลฝังตัว แบ่งได้ดังนี้

3.1 ออกแบบชุดตรวจจับเพื่อยกระดับน้ำด้วยระบบสมองกลฝังตัว จากที่ได้ศึกษาข้อมูลพื้นฐานการระบาดของเพื่อยกระดับน้ำในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ ตามโคะแกรม ประกอบด้วยชุดตรวจจับการเคลื่อนที่ (Ultrasonic HC-SR04) กล้องตรวจจับแมลง (Camera) ระบบสมองกลฝังตัว (Node MCU ESP8266) สำหรับการประมวลผลจากอุปกรณ์ตรวจจับ จอภาพแสดงผล LCD (LED I2C ขนาด 16 ตัวอักษร x 2 บรรทัด) และหน่วยความจำสำหรับจัดเก็บข้อมูล ดังภาพที่ 2



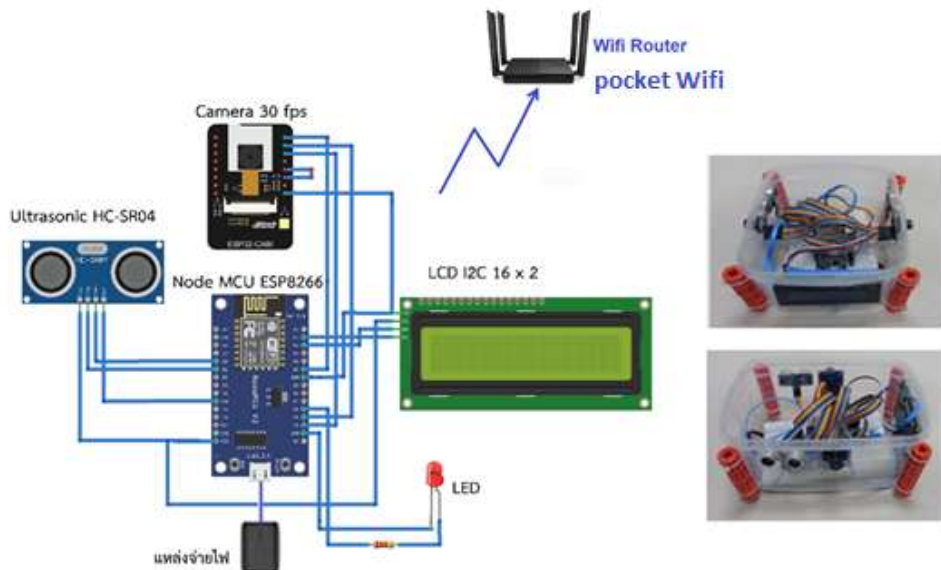
ภาพที่ 2 การออกแบบชุดตรวจจับสนามเคลื่อนที่และระดับน้ำด้วยระบบสมองกลฝังตัว

3.2 จากภาพที่ 2 ได้ออกแบบชุดตรวจจับสนามเคลื่อนที่และระดับน้ำประกอบด้วย ระบบสมองกลฝังตัวประมวลผลจากอุปกรณ์ตรวจจับสนาม ชุดตัวจับสนามเคลื่อนที่ กล่องตรวจจับสนามแมลง จอแสดงผลและส่วนการจัดเก็บข้อมูล จากข้อมูลที่ได้ลงพื้นที่เพื่อสอบถามข้อมูลพื้นฐานจากเกษตรกรและได้นำข้อมูลการออกแบบชุดตรวจจับสนามเคลื่อนที่และระดับน้ำตาล แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ส่วนประกอบชุดตรวจจับสนามเคลื่อนที่และระดับน้ำด้วยระบบสมองกลฝังตัว

จากภาพที่ 3 หลังจากได้นำส่วนประกอบของชุดตรวจจับสนามเคลื่อนที่และระดับน้ำตาลด้วยระบบสมองกลฝังตัว ประกอบไปด้วย 1. ชุดตรวจจับสนามเคลื่อนที่ด้วยชุด Ultrasonic 2. กล่องตรวจจับสนามแมลง 3. ระบบสมองกลฝังตัว Node MCU ESP 8266 สำหรับการประมวลผลจากอุปกรณ์ตรวจจับสนาม 4. จอภาพแสดงผล LCD 5. หน่วยความจำสำหรับจัดเก็บข้อมูล 6. แหล่งจ่ายไฟ Power Bank สำหรับการป้อนพลังงานให้กับอุปกรณ์ทุกส่วนและ 7. ตัวรับส่งสัญญาณอินเทอร์เน็ตจากชุดอุปกรณ์ Pocket Wi-Fi โดยใช้วงจรการเชื่อมต่อ Node MCU (ESP8266) กับอุปกรณ์ Ultrasonic, Camera, จอภาพแสดงผล LCD แสดงดังภาพที่ 3 และกำหนดคุณสมบัติอุปกรณ์ดังตารางที่ 1



ภาพที่ 4 วงจรชุดตรวจจับเพลิงกระโดดสีน้ำตาลด้วยระบบสมองกลฝังตัว

ตารางที่ 1 คุณสมบัติอุปกรณ์ชุดตรวจจับเพลิงกระโดดสีน้ำตาลด้วยระบบสมองกลฝังตัว

รายการอุปกรณ์	คุณสมบัติ
Node MCU ESP8266	ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ 32-bit Tensilica L106 ความเร็ว 80-160 MHz ₂ , รองรับ Wi-Fi มาตรฐาน 802.11 b/g/n ความถี่ 2.4 GHz ₂ และสามารถทำงานได้ทั้งในโหมด Station, SoftAP หรือ SoftAP+Station ,หน่วยความจำ SRAM 64 KB และ Flash Memory 4 MB, พอร์ต GPIO (General Purpose Input/Output) ที่สามารถใช้ควบคุมอุปกรณ์ภายนอกได้หลายแบบ เช่น PWM SPI I2C UART ADC
Camera Module (OV7670)	เทคโนโลยีเซ็นเซอร์ CMOS, ความละเอียดสูงสุด VGA (640 x 480 pixels), ขนาดเซ็นเซอร์ 1/6 นิ้ว อัตราเฟรมสูงสุด 30 เฟรมต่อวินาที (FPS) ที่ความละเอียด VGA, การเชื่อมต่อ SCCB (Serial Camera Control Bus) อินเทอร์เฟซ I2C
Ultrasonic HC-SR04	ช่วงการวัดระยะทาง 2-400 cm. (บางโมดูลอาจจะไปได้ถึง 450 cm.), ความแม่นยำ ±3 cm., มุมการวัด < 15°, อินเทอร์เฟซพินดิจิทัล (Trigger และ Echo)

ตารางที่ 1 (ต่อ)

รายการอุปกรณ์	คุณสมบัติ
LCD I2C 16x2	จอ LCD (Liquid Crystal Display) ขนาด 16x2 แสดงผล 16 ตัวอักษร ใน 2 บรรทัด การเชื่อมต่อแบบ I2C (Inter-Integrated Circuit) ทำให้ใช้สายเชื่อมต่อ น้อยลง ใช้ 4 สาย VCC, GND, SDA และ SCL ชิปควบคุม I2C ใช้ชิป PCF8574 ซึ่งทำหน้าที่เป็น I/O Expander เพื่อแปลงสัญญาณ I2C ให้เป็นสัญญาณที่ใช้ควบคุม LCD ได้
Pocket Wi-Fi	พ็อคเก็ตไวไฟ/ โมบายไวไฟพกพา สำหรับเอาไปใช้งานที่ทุ่งนา (เหมาะกับใส่ ซิมมือถือ 4G/5G แล้วแชร์ Wi-Fi ให้โทรศัพท์/โน้ตบุ๊ก)

เมื่อสร้างชุดตรวจจับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลด้วยระบบสมองกลฝังตัวเสร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยได้กำหนดการ ทดสอบประสิทธิภาพชุดตรวจจับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลด้วยการทดสอบการตรวจจับภาพ (Shah et al., 2019) ด้วยกล้องและทำการประเมินความน่าจะเป็นของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจำนวน 4 ระดับได้แก่การวัดจำนวน เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจำนวน 1 ตัว 2 ตัว 3 ตัว และ 4 ตัว และกำหนดการทดสอบทั้งหมด 10 ครั้ง และบันทึก ผลการทดสอบประสิทธิภาพดังตารางที่ 3



(ก)



(ข)

ภาพที่ 5 การวัดประสิทธิภาพชุดตรวจจับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลด้วยระบบสมองกลฝังตัว

(ก) ภาพเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล 2 ตัว (ข) ภาพหลังการใช้ชุดตรวจจับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจับภาพได้

จากภาพเมื่อกล้องจับภาพได้จะใช้ขั้นตอนวิธี Optical Flow (Lucas-Kanade Method) ตรวจสอบ ภาพแมลงนำมาเปรียบเทียบกับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลซึ่งเป็นข้อมูลที่มีอยู่และทำการนับจำนวนเพลี้ยกระโดดสี น้ำตาลอีกครั้งโดยกำหนดขั้นตอนการฝึกจำลอง (Model Training) ตามขั้นตอนคือ 1.ป้อน Training data เข้า โมเดล 2.ปรับ Hyperparameter และใช้เทคนิค Grid search / Random search สำหรับการตรวจเพื่อ กำหนดทดสอบแบบจำลองการจับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

4. การทดสอบชุดตรวจจับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลด้วยระบบสมองฝังตัว ในพื้นที่ปลูกข้าวในเขตอำเภอเมือง ช่วงฤดูการปลูกข้าว เดือน มิถุนายน-พฤศจิกายน (ตามเขตแต่ละพื้นที่ 6 ตำบล) ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 การติดตั้งชุดตรวจจับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลด้วยระบบสมองฝังตัวในแปลงนา ทั้ง 6 ตำบล

การทดสอบแบบจำลอง (Model Evaluation) แบบ Classification ได้กำหนดการทดสอบดังนี้ ตาราง Confusion Matrix , สัดส่วนความถูกต้องของโมเดล Accuracy , ความเที่ยงตรงของการทำนายคลาส Positive (Precision), ความสามารถในการจับ Positive จริง (Recall) และค่ากลางแสดงความสมดุล F1-score ด้วยสูตรการคำนวณดังนี้

1. Confusion Matrix

	Predicted Positive (โมเดลทำนายเป็นเพลี้ย)	Predicted Negative (โมเดลทำนายไม่เป็นเพลี้ย)
Actual Positive (เป็นเพลี้ย)	TP	FN
Actual Negative (ไม่เป็นเพลี้ย)	FP	TN

ความหมายแต่ละค่า

TP (True Positive) = ทำนายว่าเป็นเพลี้ย และจริง ๆ เป็นเพลี้ย

TN (True Negative) = ทำนายว่าไม่เป็นเพลี้ย และจริง ๆ ไม่เป็น

FP (False Positive) = ทำนายว่าเป็นเพลี้ย แต่จริง ๆ ไม่เป็น

FN (False Negative) = ทำนายว่าไม่เป็นเพลี้ย แต่จริง ๆ เป็น

2. Accuracy สัดส่วนความถูกต้องของโมเดล

$$\text{สูตร Accuracy} = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN}$$

3. Precision ค่าความเที่ยงตรง

$$\text{สูตร Precision} = \frac{TP}{TP+FP}$$

4. Recall ความไว

$$\text{สูตร Recall} = \frac{TP}{TP+FN}$$

5. F1-score

$$\text{สูตร} \quad F1 = 2 \times \frac{\text{Precision} \times \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}}$$

ผลการวิจัย

จากการฝึกจำลอง (Model Training) ตามขั้นตอนคือ 1. ป้อน Training data เข้าโมเดล 2. ปรับ Hyperparameter และใช้เทคนิค Grid search / Random search สำหรับการตรวจเพื่อกำหนดทดสอบแบบจำลองการจับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล โดยกำหนดภาพสำหรับการทดลองจำนวนทั้งหมด 300 ภาพ โดยเป็นภาพเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจำนวน 100 ภาพและภาพแมลงอื่นๆ 200 ภาพ แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 Confusion Matrix

	Predicted Positive	Predicted Negative
	(โมเดลทำนายเป็นเพลี้ย)	(โมเดลทำนายไม่เป็นเพลี้ย)
Actual Positive (เป็นเพลี้ย)	TP = 80	FN = 20
Actual Negative (ไม่เป็นเพลี้ย)	FP = 30	TN = 170

ตารางที่ 3 ผลการฝึกจำลอง (Model Training)

Image	Accuracy	Precision	Recall	F1-score
300	0.83	0.73	0.80	0.76

จากตารางที่ 3 ผลการฝึกจำลอง (Model) สัดส่วนความถูกต้องของโมเดล Accuracy ร้อยละ 83 (0.83), ความเที่ยงตรงของการทำนายคลาส Positive (Precision) ร้อยละ 73 (0.73), ความสามารถในการจับ Positive จริง (Recall) ร้อยละ 80 (0.80) และค่ากลางแสดงความสมดุล F1-score ร้อยละ 76 (0.76)

ผลการสำรวจข้อมูลจากเกษตรกรในเขตพื้นที่ 17 ตำบล ในอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์และข้อมูลปี 2563-2566 รายงานปี 2566/67 จากสำนักงานเกษตรอำเภอเมืองเพชรบูรณ์ ข้อมูลศัตรูข้าว (แมลงศัตรูข้าว โรคข้าว วัชพืชนาข้าวและสัตว์ศัตรูข้าว) ปริมาณระดับการระบาดอยู่ในระดับปานกลางแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการสำรวจข้อมูลศัตรูข้าว (แมลงศัตรูข้าว)

ประเภท	ชนิด	ระดับการระบาด		
		น้อย	ปานกลาง	มาก
แมลงศัตรูข้าว	เพลี้ยจักจั่นปีกลายหยัก	/		
	หนอนห่อใบข้าว	/		
	หนอนกอ	/		
	เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล		/	

ที่มา (สำนักงานเกษตรอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์, 2567)

ผลการลงพื้นที่จริงใน 6 ตำบลที่ได้เลือกเป็นกลุ่มตัวอย่าง การวัดประสิทธิภาพชุดตรวจจับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลด้วยระบบสมองกลฝังตัว โดยผู้วิจัยได้ทำการทดลองซ้ำจำนวน 10 รอบและได้บันทึกผลการทดลองชุดตรวจจับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลด้วยระบบสมองกลฝังตัว แสดงในตารางที่ 5 โดยกำหนดกลุ่มตัวอย่างสำหรับการทดสอบประสิทธิภาพจำนวน 1-4 ตัวต่อรอบข้อจำกัดเนื่องจากไม่ได้ออกแบบให้กล่องเคลื่อนที่ได้ ติดตั้งแบบคงที่ ทำให้ภาพที่กล้องจับภาพ จะไม่สามารถแยกความแตกต่างเมื่อมีการทับซ้อนของภาพเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

ตารางที่ 5 ผลการวัดประสิทธิภาพชุดตรวจจับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลด้วยระบบสมองกลฝังตัว

รอบที่	การวัดประสิทธิภาพชุดตรวจจับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (จำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลต่อรอบ)				ร้อยละ (%)	นับด้วยตามนุษย์ (จำนวน)
	1 ตัว	2 ตัว	3 ตัว	4 ตัว		
1	/	/	/		75	4 ตัว
2	/	/		/	75	4 ตัว
3	/	/			50	4 ตัว
4	/	/	/		75	4 ตัว
5	/	/		/	75	4 ตัว
6	/	/	/		75	4 ตัว
7	/	/			50	4 ตัว
8	/	/		/	75	4 ตัว
9	/	/	/		75	4 ตัว
10	/	/		/	75	4 ตัว
เฉลี่ย					70.00	

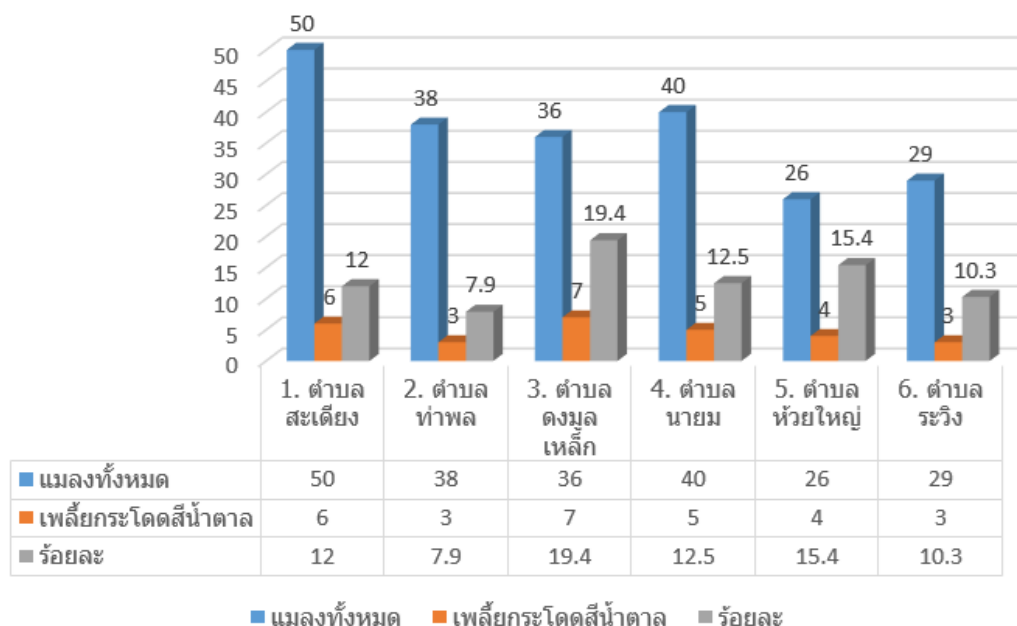
จากตารางที่ 5 ผลการวัดประสิทธิภาพชุดตรวจจับเพ็ลยกระโดดสีน้ำตาลด้วยระบบสมองกลฝังตัวแบ่งการทดลองเป็น 10 ครั้งแต่ละรอบจำนวนเพ็ลยกระโดดสีน้ำตาลมีทั้งหมด 4 ตัว โดยแบ่งเป็นการทดสอบตามลำดับและมีการวางตำแหน่งเพ็ลยกระโดดสีน้ำตาลที่แตกต่างกันแต่ละรอบ ผลสรุปชุดตรวจจับเพ็ลยกระโดดสีน้ำตาลด้วยระบบสมองกลฝังตัว สามารถตรวจจับเพ็ลยกระโดดสีน้ำตาลจำนวน 1-2 ตัว แยกแยะได้ทั้งหมด 100% แต่หากตรวจจับเพ็ลยกระโดดสีน้ำตาลในปริมาณจำนวน 2 ตัวขึ้นไป จะไม่สามารถตรวจสอบได้ทั้งหมด ค่าเฉลี่ยประมาณ 70% หากมีการระบาดของเพ็ลยกระโดดสีน้ำตาลในปริมาณที่มาก ชุดตรวจจับเพ็ลยกระโดดสีน้ำตาลจะตรวจได้ในปริมาณจำนวนเล็กน้อยเท่านั้น โดยการติดตั้งชุดตรวจจับเพ็ลยกระโดดสีน้ำตาล ผู้วิจัยใช้วิธีการติดตั้งบริเวณแปลงนาของเกษตรกรในช่วงระยะเวลาการปลูกข้าวของเกษตรกร ไม่ได้จำกัดพื้นที่ที่จะตรวจตามสภาพจริงเมื่อมีแมลงต่างๆ และเพ็ลยกระโดดสีน้ำตาลผ่านชุดตรวจจับได้ ผลการตรวจจับเพ็ลยกระโดดสีน้ำตาลด้วยระบบสมองกลฝังตัว อำเภอเมืองจังหวัดเพชรบูรณ์ แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการตรวจจับเพ็ลยกระโดดสีน้ำตาลจากพื้นที่ 6 ตำบล

ตำบลที่ติดตั้งชุดตรวจจับเพ็ลยกระโดดสีน้ำตาล	จำนวนแมลงทั้งหมด (ตัว)	เพ็ลยกระโดดสีน้ำตาล (ตัว)	ร้อยละ (%)	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) เทียบแมลงทั้งหมด	S.D.
1. ตำบลสะเดียง	50	6	12.0	5.0	2.36
2. ตำบลท่าพล	38	3	7.9	3.8	1.48
3. ตำบลดงมูลเหล็ก	36	7	19.4	3.6	1.96
4. ตำบลนายนม	40	5	12.5	4.0	2.16
5. ตำบลห้วยใหญ่	26	4	15.4	2.6	0.97
6. ตำบลระวิง	29	3	10.3	2.9	1.37
รวม	219	28			
เฉลี่ย	36.50	4.67	12.93		

จากตารางที่ 6 ผลการติดตั้งตรวจจับเพ็ลยกระโดดสีน้ำตาลที่แปลงนาใน 6 ตำบลที่เลือกเป็นกลุ่มตัวอย่าง ตั้งแต่ช่วงกลางฤดูฝนเมื่อต้นข้าวเริ่มเจริญเติบโตซึ่งเป็นช่วงที่เพ็ลยกระโดดสีน้ำตาลเริ่มระบาด (จากข้อมูลที่ได้รับจากเกษตรกร) โดยกำหนดการติดตั้งและทดสอบชุดตรวจจับเพ็ลยกระโดดสีน้ำตาลช่วงเดือนมิถุนายน-พฤศจิกายน พ.ศ. 2567 ให้ครบทั้ง 6 ตำบล จากตารางที่ 6 ใช้เครื่องมือตรวจจับเพ็ลยกระโดดสีน้ำตาล โดยตรวจจับแมลงได้ทั้งหมดได้ 219 ตัวเฉลี่ย 36.5 ตัวต่อตำบลและพบเพ็ลยกระโดดสีน้ำตาลจำนวน 28 ตัว เฉลี่ย 4.67 ตัวต่อตำบล โดยเทียบผลการพบเพ็ลยกระโดดสีน้ำตาลเทียบกับแมลงทั้งหมด แยกได้เป็นตำบลสะเดียง จำนวน 6 ตัว คิดเป็นร้อยละ 12.0 ตำบลท่าพล จำนวน 3 ตัว คิดเป็นร้อยละ 7.9 ตำบลดงมูลเหล็ก จำนวน 7 ตัว คิดเป็นร้อยละ 19.4 ตำบลนายนม จำนวน 5 ตัว คิดเป็นร้อยละ 12.5 ตำบลห้วยใหญ่

จำนวน 4 ตัว คิดเป็นร้อยละ 15.4 และตำบละวัง จำนวน 3 ตัว คิดเป็นร้อยละ 10.3 โดยจำนวนครั้งที่พบเพลี้ยกระโดดแต่ละตำบลมีความแตกต่างกันมากและมีจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจำนวนค่อนข้างน้อย



ภาพที่ 7 การเปรียบเทียบผลการตรวจจับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล 6 ตำบล

อภิปรายผล

จากการออกแบบและพัฒนาชุดตรวจจับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลด้วยระบบสมองกลฝังตัว การออกแบบจะนำข้อมูลที่ได้จากเกษตรกรมาร่วมในการเลือกส่วนประกอบวงจรชุดตรวจจับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลด้วยระบบสมองกลฝังตัว พัฒนาจากระบบเดิมที่ใช้การดักแมลงด้วยหลอดไฟฟ้า (วันทนา ศรีรัตนศักดิ์ และคณะ, 2551) แต่ที่ได้สอบถามเกษตรกรยังไม่พบการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในปริมาณที่มากจนควบคุมไม่ได้ (สำนักงานเกษตรอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์, 2567) ส่วนวัดประสิทธิภาพชุดตรวจจับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลด้วยระบบสมองกลฝังตัว การทดลองของผู้วิจัยกำหนดจุดการติดตั้งและเลือกตำแหน่งพื้นที่การติดตั้งชุดตรวจจับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลด้วยระบบสมองกลฝังตัว ลงในแปลงนาของเกษตรกรในบางพื้นที่เกษตรกรไม่ได้ให้ความร่วมมือและปริมาณเพลี้ยกระโดดไม่ได้ระบาดมาก หากมีพื้นที่เพาะปลูกข้าวที่สามารถติดต่อประสานเพื่อทดลองในเวลาที่ยาวนานขึ้นหรือมีแปลงนาทดลองการตรวจจับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่ใช้การตรวจจากภาพที่มีความละเอียดสูง (Ibrahim et al., 2023) และมีปริมาณภาพที่มากจะทำให้การตรวจจับเพลี้ยกระโดดมีความถูกต้องแม่นยำขึ้นและการวัดประสิทธิภาพชุดตรวจจับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลด้วยระบบสมองกลฝังตัว จะใกล้เคียงความเป็นจริงมากขึ้น การตรวจสอบรูปร่างของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลด้วยการใช้ภาพจากกล้องผ่านขั้นตอนวิธี

ตรวจสอบภาพ หากจำนวนเพิกษะโดดสีน้ำตาล 1-2 ตัวตรวจสอบได้ ส่วนเพิกษะโดดสีน้ำตาลมากกว่า 2 ตัวขึ้นไปเกิดจากการกำหนดขั้นตอนวิธียังไม่ครอบคลุมและแยกความแตกต่างภาพได้เต็มประสิทธิภาพ (He et al., 2020) อีกสาเหตุที่พบคือภาพถ่ายที่ไม่เสถียร ภาพทับซ้อน แสงสว่างที่ได้จากภาพ ที่จะทำให้ขั้นตอนวิธีสำหรับการตัดสินใจจำนวนเพิกษะโดดสีน้ำตาล (Shah et al., 2019) และสามารถนำผลที่ได้จากการทดสอบมาพยากรณ์ปริมาณเพิกษะโดดสีน้ำตาลในเขตอำเภอเมืองจังหวัดเพชรบูรณ์ได้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยคำแนะนำต่างๆ จากคณาจารย์ในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ผู้ทรงคุณวุฒิและความร่วมมือช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ คำปรึกษา รวมถึงข้อเสนอแนะต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณอาจารย์สาขาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และเจ้าหน้าที่ประจำคณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และความช่วยเหลือและขอขอบพระคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- วันทนา ศรีรัตนศักดิ์ ชัยรัตน์ จันทร์หนู และชวนชม ตีร์ศมี. (2551). การคาดการณ์การระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในจังหวัดชัยนาทโดยใช้กับดักแสงไฟ. *วารสารวิชาการข้าว*, 2(2), 52-60.
<https://li03.tci-thaijo.org/index.php/TRRJ/article/view/55/72>
- สำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบูรณ์. (2563). ข้อมูลพื้นฐานด้านการเกษตรจังหวัดเพชรบูรณ์. สืบค้นเมื่อ 20 มีนาคม 2565, จาก <https://phetchabun.doae.go.th/province/?p=195>
- สำนักงานเกษตรอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์. (2567). ข้อมูลปริมาณผลผลิตข้าวและศัตรูข้าว ปีการผลิต 2566/2567. สำนักงานเกษตรอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์.
- สำนักงานจังหวัดเพชรบูรณ์. (2565). ประวัติจังหวัดเพชรบูรณ์. สืบค้นเมื่อ 1 พฤษภาคม 2565, จาก https://www.phetchabun.go.th/main/content_history.php#contact.
- สำนักงานวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. (2564). องค์ความรู้เรื่องข้าว ศัตรูข้าวและการป้องกันกำจัด: เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (*brown planthopper, BPH*). สืบค้นเมื่อ 4 กรกฎาคม 2565, จาก <http://webold.ricethailand.go.th/rkb/disease%20and%20insect/index.php-file=content.php&id=46.htm>
- Gillis, A. S., and Lutkevich, B. (2024). What is an embedded system? *TechTarget*. Retrieved June 17, 2025, from <https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/embedded-system>
- Ibrahim, M. F., Khairunniza-Bejo, S., Hanafi, M., Jahari, M., Saad, F. S. A., and Bookeri, M. A. M. (2023). Deep CNN-Based Planthopper Classification Using a High-Density Image Dataset. *Agriculture*, 13(6), 1155. <https://doi.org/10.3390/agriculture13061155>
- He, Y., Zhou, Z., Tian, L., Liu, Y., and Luo, X. (2020). Brown rice Planthopper detection based on deep learning. *Precision Agriculture*, 21(6), 1385-1402. <https://doi.org/10.1007/s11119-020-09726-2>.
- Shah, N. A. N., Osman, M. K., Othman, N. A., Ahmad, F., and Ahmad, A. R. (2019). Identification and Counting of Brown Planthopper in Paddy Field using Image Processing Techniques. *Procedia Computer Science*, 163, 580-590. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.12.140>.



การพัฒนาตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน 3 ชั้น ร่วมกับโซล่าคอลเลคเตอร์เพื่อ
เพิ่มสมรรถนะด้านความร้อน

Development of a Three-Layer Hybrid Solar Dryer with a Solar Collector for
Thermal Performance Improvement

รุ่งโรจน์ สวงวัฒนา*

Rungroj Sanguanwattana

เสาวลักษณ์ ยอดวิญญูวงศ์**

Saowaluk Yotwinyuwong

เทพ เกื้อทวีกุล**

Thep Kueathaweekun

ภาคิน มณีโชติ**

Pakin Maneechot

อัษฎางค์ บุญศรี**

Ussadang Boonsri

อิทธิพล เหลลาพรหม**

Ittipon Laoprom

วรวิทย์ บุตรดี**

Worawut Buddee

อานนท์ วงษ์มณี**

Arnon Wongmanee

จิรวัดน์ บุญจันทร์**

Jirawat Boonchan

Received : June 14, 2026

Revised : July 31, 2026

Accepted : August 24, 2026

*นักวิชาการศึกษา สำนักงานคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

Academic staff, Office's Faculty of Industrial Technology, Kamphaeng Phet Rajabhat University

(Corresponding Author) e-mail: rungroj@kpru.ac.th

**อาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมเทคโนโลยี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

Lecturer in the Department of Technology Engineering, Faculty of Industrial Technology,

Kamphaeng Phet Rajabhat University

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบสามชั้นที่ผสมผสานกับตัวเก็บรังสีอาทิตย์ เพื่อเพิ่มสมรรถนะด้านความร้อนและเพิ่มระยะเวลาในการอบแห้ง โดยใช้ น้ำ เป็นตัวกลางถ่ายเทความร้อนจากโซลาร์คอลเลคเตอร์เข้าสู่ตู้อบแห้งผ่านท่อทองแดงที่ติดตั้งอยู่ใต้ถาดตากผลิตภัณฑ์ทั้งสามชั้น ทดลองโดยบันทึกอุณหภูมิและเปรียบเทียบสมรรถนะด้านความร้อนกับตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเดิม ทดลองอบแห้ง คือ กล้วยน้ำว่า จำนวน 10-12 ลูก ถูกควบคุมไว้ที่ 500 กรัมเท่ากัน เป็นวัสดุที่ใช้ทดลองเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่หายไป จำนวน 10 ครั้ง ผลการวิจัยพบว่า ระบบผสมผสานมีสมรรถนะด้านความร้อนเหนือกว่าอย่างชัดเจน โดยสามารถทำอุณหภูมิภายในตู้สูงสุดได้ถึง 80°C ในขณะที่ระบบเดิมทำได้เพียง 70°C การตากในตู้อบแห้งแบบเดิม โดยสามารถอบแห้งกล้วยได้รวดเร็วกว่า ในวันแรก น้ำหนักที่หายไปของกล้วยในตู้อบระบบเดิมทำได้ 14.60% น้ำหนักที่หายไปของกล้วยในตู้อบระบบผสมผสานทำได้ 44.20% ซึ่งช่วยลดความชื้นได้มากกว่า นอกจากนี้ การใช้ น้ำ ในการกักเก็บพลังงานความร้อนยังช่วยรักษาเสถียรภาพของอุณหภูมิ ทำให้ระบบสามารถแผ่ความร้อนอบแห้งได้อย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพนานขึ้นจากระบบเดิมอีกประมาณ 2 ชั่วโมง สรุปได้ว่าการผสมผสานระบบโซลาร์คอลเลคเตอร์ เป็นแนวทางที่คุ้มค่าช่วยเพิ่มระยะเวลาในการอบและมีสมรรถนะเชิงความร้อนที่มากกว่า ซึ่งเหมาะสมสำหรับกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร เช่น กล้วย ไข่ขาว อ้อย เป็นต้น ที่ต้องการสมรรถนะด้านความร้อนในการอบ

คำสำคัญ : ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ / สมรรถนะด้านความร้อน / โซลาร์คอลเลคเตอร์ /
ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน / การกักเก็บพลังงานความร้อน

ABSTRACT

This research aims to develop a three-tier hybrid solar dryer integrated with a solar collector to enhance thermal performance and prolong the drying period. The system employs water as a heat transfer fluid, circulating from the solar collector to the drying chamber via copper pipes installed beneath the product trays on all three tiers. The experimental methodology involved continuous temperature monitoring and comparative thermal performance analysis against a conventional solar dryer. Namwa bananas, precisely controlled at an initial weight of 500 grams (10-12 pieces) per batch, served as the test material to evaluate moisture reduction via weight loss percentage across 10 independent trials. Results indicated that the hybrid system's thermal performance was significantly superior, achieving a peak internal chamber temperature of 80°C, compared to 70°C in the conventional counterpart. Consequently, the hybrid configuration facilitated a more rapid drying process. On the initial day, the hybrid system achieved a weight loss of 44.20%, substantially outperforming the conventional

system's 14.60%, thereby demonstrating a superior moisture removal capacity. Furthermore, the application of water for thermal energy storage stabilized internal temperatures, allowing the system to continuously radiate effective drying heat for approximately two additional hours compared to the conventional baseline. In conclusion, the integration of a solar collector provides a cost-effective mechanism to extend operational drying time and elevate thermal efficiency. This innovation is highly viable for agricultural drying processes demanding robust thermal performance, such as bananas, tea leaves, and bagasse.

Keywords : Solar Dryer / Thermal Performance / Solar Collector / Hybrid Solar Dryer / Thermal Energy Storage

บทนำ

เทคโนโลยีการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์มีบทบาทสำคัญในการเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตร และลดการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยว (ศิริวรรณ อาจบำรุง, 2562; Villagran et al., 2024) อย่างไรก็ตาม ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเดิมพึ่งพาพลังงานเพียงอย่างเดียว ทำให้ขาดเสถียรภาพ เมื่อมีความเข้มแสงต่ำหรือหลังพระอาทิตย์ตก อุณหภูมิภายในตู้จะลดลงทันที อุณหภูมิไม่คงที่และไม่สามารถทำงานได้หลังพระอาทิตย์ตก ส่งผลให้กระบวนการอบแห้งล่าช้าและส่งผลกระทบต่อคุณภาพการอบผลิตภัณฑ์ (รัฐพงษ์ ไบ้เคน และ วิเศษศักดิ์ เสงี่ยมศักดิ์, 2563)

ในระดับชุมชน ปัญหาดังกล่าวมักถูกแก้ไขด้วยการใช้ตู้อบแห้งที่เสริมความร้อนจากแก๊สปิโตรเลียมเหลว (LPG) เพื่อให้กระบวนการอบแห้งดำเนินไปได้อย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว แต่จากการสำรวจบริบทการใช้งานในพื้นที่พบว่า ระบบที่ใช้แก๊ส LPG ก่อให้เกิดปัญหาสำคัญต่อความเชื่อมั่นของผู้ใช้งาน การเผาไหม้ของ LPG มักเกิดสารประกอบไฮโดรคาร์บอนและมีสารเติมแต่งกลิ่น เช่น Ethyl Mercaptan ที่ใส่ไว้เตือนภัยแก๊สรั่ว สารเหล่านี้เมื่อระเหยจะเข้าไปเกาะติดเนื้อของผลผลิตที่มีรูพรุน เช่น ถั่วลิสง หรือผลไม้อบแห้ง เป็นต้น ทำให้รสชาติผิดเพี้ยนและมีกลิ่นแก๊สตกค้าง ทำลายความเชื่อมั่นของผู้บริโภค รวมถึงข้อกังวลด้านความปลอดภัยในการใช้งานและมาตรฐานสุขอนามัยในกระบวนการผลิต ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ชุมชน (ภาคิน มณีโชติ และคณะ, 2564)

ผู้วิจัยจึงได้นำแนวคิดการประยุกต์ใช้ระบบโซลาร์คอลเลคเตอร์ (Solar Collector) มาเป็นแหล่งกำเนิดความร้อนทดแทนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล เมื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของตู้อบแห้งที่พัฒนาขึ้นกับงานวิจัยที่ผ่านมา (ธีรพงศ์ บริรักษ์ และคณะ, 2564) พบว่า ระบบมีจุดเด่นที่แตกต่างจากตู้อบแห้งแบบผสมผสานของธีรพงศ์ บริรักษ์ และคณะ อย่างชัดเจน แม้ว่าการวิจัยดังกล่าวจะแก้ปัญหาคำตอบเนื่องในการอบแห้งด้วยการใช้ฮีตเตอร์ไฟฟ้า 1,800 วัตต์ เป็นแหล่งความร้อนเสริม แต่วิธีการดังกล่าวยังคงสร้างภาระต้นทุนด้านพลังงานไฟฟ้า ในขณะที่นวัตกรรมตู้อบแห้ง 3 ชั้นในวิจัยนี้ เลือกใช้ระบบโซลาร์คอลเลคเตอร์สร้างความร้อนถ่ายเท

สู่น้ำร้อนส่งผ่านท่อทองแดง ซึ่งไม่เพียงแต่ช่วยลดต้นทุนการใช้พลังงานฟอสซิลและไฟฟ้าได้อย่างสมบูรณ์แบบ แต่การใช้น้ำเป็นตัวกลางยังสร้างความเฉื่อยทางความร้อน (Thermal Inertia) ทำให้ระบบสามารถทำอุณหภูมิได้สูงถึง 80°C และรักษาความร้อนภายในตู้อบแห้งเพื่อขยายเวลาการอบแห้งได้ยาวนานกว่าระบบที่ใช้การเป่าลมร้อนเพียงอย่างเดียว

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การออกแบบโครงสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ 3 ชั้น (Structural Design)



ภาพที่ 1 โครงสร้างตู้อบแห้งแบบ 3 ชั้น

จากภาพที่ 1 แสดงโครงสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบ 3 ชั้น ที่ออกแบบมาเพื่อเพิ่มพื้นที่การอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร โดยตัวโครงสร้างถูกออกแบบให้มีการไหลเวียนอากาศตามหลักการพาความร้อนธรรมชาติ ร่วมกับการติดตั้งชุดท่อแดงแลกเปลี่ยนความร้อนภายในแต่ละชั้น เพื่อกระจายความร้อนจากโซล่าคอลเลกเตอร์ได้อย่างทั่วถึง นอกจากนี้ยังมีการติดตั้งระบบควบคุมและช่องระบายอากาศในแต่ละระดับความสูง เพื่อรักษาสมดุลของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้ให้เหมาะสมกับการอบแห้งผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลายและต้องการความแม่นยำทางอุณหภูมิสูง (วิเชียร ดวงสีเสน, 2565)

2. การออกแบบท่อทองแดงเพิ่มประสิทธิภาพความร้อน (Copper Heat Exchanger Design)



ภาพที่ 2 แสดงโครงสร้างท่อทองแดงและการติดตั้งใต้ถาดตากผลิตภัณฑ์แต่ละชั้น

จากภาพที่ 2 การออกแบบชุดท่อทองแดงแลกเปลี่ยนความร้อนภายในตู้อบแห้งได้รับการพิจารณาโดยคำนึงถึงประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer Efficiency) และการกระจายความร้อนที่ทั่วถึงกันทุกชั้น โดยมีรายละเอียดโครงสร้างดังนี้

การติดตั้งแบบขนาน (Parallel Piping Configuration) ชุดท่อทองแดงจำนวน 9 เส้น ถูกติดตั้งในลักษณะขนานกันตลอดแนวความกว้างของตู้ อยู่ใต้ถาดวางผลิตภัณฑ์ เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัส (Surface Area) ระหว่างท่อทองแดงกับอากาศภายในตู้ให้ได้มากที่สุด การจัดวางเช่นนี้ช่วยลดความต้านทานการไหลของอากาศ (Flow Resistance) และทำให้มวลอากาศร้อนสามารถแทรกซึมผ่านผลิตภัณฑ์ที่วางอยู่บนตะแกรงได้อย่างทั่วถึง

หลักการถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer Mechanism) ท่อทองแดงถูกเลือกใช้เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Thermal Conductivity) สูง ซึ่งช่วยให้ความร้อนจากน้ำที่อยู่ภายในโซล่าคอลเลคเตอร์ถูกถ่ายเทออกสู่บรรยากาศภายในตู้ผ่านการพาความร้อน (Convection) และการแผ่รังสีความร้อน (Radiation) จากผิวท่อทองแดงไปสู่ผลิตภัณฑ์ในตู้อบแห้งได้สูงสุด

การเพิ่มสมรรถนะด้านความร้อนการอบแห้งใน 3 ชั้น โดยการเดินท่อทองแดงผ่านใต้ถาดวางผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชั้นในรูปแบบเดียวกัน ช่วยให้แต่ละระดับของผลิตภัณฑ์ได้รับพลังงานความร้อนในระดับที่ใกล้เคียงกัน (Thermal Uniformity) ลดปัญหาความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างชั้น (Temperature Gradient) ซึ่งเป็นอุปสรรคสำคัญในการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้แห้งพร้อมกันทุกชั้น

การติดตั้งชุดท่อทองแดงไว้ใต้ถาดวางผลิตภัณฑ์ช่วยให้ความร้อนลอยตัวขึ้นสู่ด้านบน (Natural Convection) ตามธรรมชาติ เสริมกับการไหลเวียนของอากาศภายในตู้ ทำให้เกิดกระบวนการอบแห้งที่มีสมรรถนะด้านความร้อนสูงกว่าการให้ความร้อนจากจุดเดียวหรือการพึ่งพาพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว

3. หลักการทำงานร่วมกับตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (Solar collector)



ภาพที่ 3 การออกแบบระบบของตู้อบแห้งร่วมกับโซล่าคอลเลคเตอร์

จากภาพที่ 3 อธิบายหลักการทำงานร่วมกับโซล่าคอลเลคเตอร์ ดังนี้

1. เติมน้ำเข้าถังโซล่าคอลเลคเตอร์ ทางช่องเติมน้ำ (หมายเลข 1)
2. น้ำจะไหลออกจากถังเก็บน้ำร้อน (หมายเลข 2) เข้าแผงรับความร้อนจากแสงอาทิตย์ (หมายเลข 3)
3. จากนั้นจะไหลเข้าตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (หมายเลข 4) และไหลผ่านท่อทองแดงใต้ถาดวางผลิตภัณฑ์ชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่างตามลำดับ
3. จากนั้นน้ำจะไหลออกจากตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (หมายเลข 5) ไปตามท่อ (หมายเลข 6) เข้าถังเก็บน้ำ

4. เปิดก๊อกไอล้อมภายในระบบ (หมายเลข 7) เมื่อไอล้อมออกจากระบบหมดแล้วปิดก๊อกน้ำเข้า (หมายเลข 1) และก๊อกไอล้อม (หมายเลข 7) ทั้งหมด

ระบบน้ำทั้งหมดจะเป็นระบบปิดใช้หลักการถ่ายเทความร้อนจากถังเก็บน้ำร้อนของโซล่าคอลเลคเตอร์ ถ่ายเทความร้อนด้วยตัวกลาง คือ น้ำ ไปตามท่อทองแดงถ่ายเทไปยังแต่ละชั้นของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน

4. ขั้นตอนการทดลอง (Experimental Procedures)

การทดลองนี้ถูกออกแบบมาเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะด้านความร้อนระหว่างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ระบบผสมผสาน และตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเดิม มีขั้นตอนดังนี้

4.1 การเตรียมความพร้อม ทำการเตรียมกล้วยน้ำว้าที่มีระดับความสุกและน้ำหนักเริ่มต้นที่เท่ากัน เพื่อใช้เป็นผลิตภัณฑ์ทดลอง จำนวน 10-12 ลูก ถูกควบคุมไว้ที่ 500 กรัมเท่ากัน (กฤษฎางค์ ศุภระมูล และคณะ, 2564; Amer et al., 2010) จากนั้นทำการจัดเรียงกล้วยลงบนตะแกรงในตู้อบแห้งทั้งสองระบบ ใ้มีจำนวนและปริมาณต่อชั้นเท่ากันทุกประการ โดยงานวิจัยนี้ประเมินผลผ่าน "ร้อยละของน้ำหนักที่หายไป" หรือ "เปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ลดลง (% Moisture Reduction)" โดยตั้งสมมติฐานว่าน้ำหนักที่หายไปทั้งหมดคือปริมาณน้ำ (ความชื้น) ที่ระเหยออกจากผลิตภัณฑ์ระหว่างการอบแห้ง

สูตรคำนวณน้ำหนักกล้วยที่หายไปและความชื้นในการวิจัยการอบแห้ง น้ำหนักที่หายไปจะถูกประเมินว่าเป็น "ปริมาณน้ำ (ความชื้น)" ที่ระเหยออกจากผลิตภัณฑ์ ดังสมการต่อไปนี้

สมการที่ 1 การหาน้ำหนักที่หายไป (Weight Loss)

$$\text{น้ำหนักที่หายไป (กรัม)} = W_i - W_t$$

โดยกำหนดให้ W_i (Initial Weight) คือ น้ำหนักของกล้วยก่อนตาก (กรัม)

W_t (Weight at time) คือ น้ำหนักของกล้วยที่ชั่งได้ ณ เวลาใดๆ ระหว่างการอบแห้ง (กรัม)

สมการที่ 2 การหาร้อยละของน้ำหนักที่หายไป หรือ เปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ลดลง (% Moisture

$$\text{Reduction) ร้อยละของน้ำหนักที่หายไป (\%)} = \left(\frac{W_i - W_t}{W_i} \right) \times 100$$

โดยกำหนดให้ W_i (Initial Weight) คือ น้ำหนักของกล้วยก่อนตาก (กรัม)

W_t (Weight at time) คือ น้ำหนักของกล้วยที่ชั่งได้ ณ เวลาใดๆ ระหว่างการอบแห้ง (กรัม)

สมการที่ 3 คำนวณอัตราการอบแห้ง (Drying Rate)

อัตราการอบแห้ง (Drying Rate) คือปริมาณความชื้นหรือน้ำที่ระเหยออกจากวัสดุต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$DR = \frac{W_i - W_f}{\Delta t}$$

โดยกำหนดให้ DR = อัตราการอบแห้ง (เช่น g/min หรือ kg/h)

W_i = น้ำหนักของวัสดุเริ่มต้น (g หรือ kg)

W_f = น้ำหนักของวัสดุที่เวลาใดๆ (g หรือ kg)

Δt = ช่วงระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง (min หรือ h)

4.2 การวัดอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งดำเนินการโดยใช้เครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติแบบหลายช่องสัญญาณ (Data Logger) ยี่ห้อ Graphtec รุ่น GL220 ซึ่งมีระบบประมวลผลความละเอียด 16-bit และใช้เทคโนโลยีแยกช่องสัญญาณแบบอิสระ (All channels isolated) ทำให้ข้อมูลอุณหภูมิที่บันทึกพร้อมกันทั้ง 6 ตำแหน่งมีความถูกต้องสูง ปรากฏจากการรบกวนข้ามช่องสัญญาณ โดยมีระดับความคลาดเคลื่อนตามคู่มือผู้ผลิตอยู่ที่ $\pm(0.05\% \text{ of reading} + 1.0\text{ }^{\circ}\text{C})$ สำหรับการใช้งานใช้สายวัดเทอร์โมคัปเปิล ชนิด K ซึ่งมีมาตรฐานและเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์สมรรถนะเชิงความร้อนซึ่งถือเป็นความแม่นยำระดับเครื่องมือวัดมาตรฐาน (Instrumentation grade) เป็นที่ยอมรับในงานวิจัยระดับสากล



ภาพที่ 4 แสดงเครื่องมือวัดอุณหภูมิ ยี่ห้อ Graphtec รุ่น GL220

การติดตั้งเครื่องมือวัด ดำเนินการติดตั้งเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ (Temperature Sensor) ไว้แต่ละตำแหน่ง ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงตำแหน่งจุดติดตั้งเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิเพื่อบันทึกผลการทดลอง

ลำดับที่	ชื่อย่อ เพื่อบันทึกค่า	ตำแหน่งจุดติดตั้งเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)
1	CH1	ชั้นบนสุดของตู้อบแห้งแบบผสมผสาน
2	CH2	ชั้นตรงกลางของตู้อบแห้งแบบผสมผสาน
3	CH3	ชั้นล่างสุดของตู้อบแห้งแบบผสมผสาน
4	CH4	ท่อทองแดงใต้ถาดตากผลิตภัณฑ์ของตู้อบแห้งแบบผสมผสาน
5	CH5	ภายในตู้อบแห้งแบบเดิม
6	CH6	อุณหภูมิภายนอก

การบันทึกข้อมูลอุณหภูมิ เริ่มต้นบันทึกข้อมูลอุณหภูมิภายในตู้อบทุกๆ 1 ชั่วโมง ในช่วงเวลาตั้งแต่ 08.00 น. จนถึง 20.00 น. ของทุกวันที่มีการทดลอง เพื่อให้ครอบคลุมช่วงที่มีความเข้มแสงอาทิตย์สูงสุด

การทดสอบค่าความเฉื่อยความร้อน (Thermal Inertia) หลังช่วงเวลา 17.00 น. หรือภายหลังจากพระอาทิตย์ตกดิน ให้ดำเนินการบันทึกอุณหภูมิภายในตู้อบต่อเนื่องอีกจนถึงเวลา 20.00 น. เพื่อศึกษาความสามารถของการถ่ายเทความร้อนน้ำและตัวกลางกักเก็บความร้อนในการรักษาอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งแบบผสมผสาน



ภาพที่ 5 แสดงตำแหน่งจุดติดตั้งจริงเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิเพื่อบันทึกผลการทดลอง

4.3 การประเมินค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ (Solar Radiation) ในระหว่างการทดลอง ดำเนินการโดยใช้เครื่องวัดพลังงานแสงอาทิตย์แบบบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ มีระบบบันทึกข้อมูลลง SD Card พร้อมประทับวันที่และเวลา (Built-in Clock and Calendar) อย่างเที่ยงตรง โดยสามารถตั้งความถี่ในการบันทึก (Sampling time) ได้ตั้งแต่ 1 ถึง 3,600 วินาที ทำให้ได้ชุดข้อมูลที่ต่อเนื่องและปราศจากความผิดพลาด จากการจดบันทึกด้วยมือ (Human Error)

เครื่องวัดพลังงานแสงอาทิตย์แบบบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ ยี่ห้อ Lutron รุ่น SPM-1116SD ตัวเซ็นเซอร์ (ดังแสดงในภาพที่ 6) มีช่วงการตอบสนองเชิงสเปกตรัมที่ 400 ถึง 1,100 นาโนเมตร พร้อมระบบชดเชยค่ามุมตกกระทบของแสง (Cosine Correction) เพื่อลดความคลาดเคลื่อนจากการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ เครื่องมีวัดนี้มีความแม่นยำระดับ $\pm 10 \text{ W/m}^2$ (หรือ $\pm 5\%$ ของค่าที่อ่านได้) ควบคุมการทำงานด้วยวงจรไมโครโปรเซสเซอร์ LSI และสามารถบันทึกข้อมูลความเข้มแสงแบบเรียลไทม์ลงในหน่วยความจำ (SD Card) ตามรอบเวลาที่กำหนด ซึ่งช่วยยืนยันความถูกต้องและเสถียรภาพของชุดข้อมูลสภาพแวดล้อมที่นำมาใช้วิเคราะห์สมรรถนะเชิงความร้อนของตู้อบแห้งได้อย่างน่าเชื่อถือ



ภาพที่ 6 แสดงเครื่องมือวัดความเข้มแสง ยี่ห้อ Lutron รุ่น SPM-1116SD

4.4 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติการศึกษาครั้งนี้ใช้แผนการทดลองแบบเปรียบเทียบ (Comparative Design) ประกอบด้วย 4 สภาวะการทดลองหลัก ได้แก่ 1) การใช้ตู้อบแห้งแบบดั้งเดิม ภายใต้สภาพอากาศที่ท้องฟ้าแจ่มใส 2) การใช้ตู้อบแห้งแบบดั้งเดิม สภาพอากาศแปรปรวน 3) การใช้ตู้อบแห้งแบบผสมผสาน ภายใต้สภาพอากาศที่ท้องฟ้าแจ่มใส และ 4) การใช้ตู้อบแห้งแบบผสมผสาน สภาพอากาศแปรปรวน (มีเมฆปกคลุม/ฝนตก) เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความเชื่อมั่นทางสถิติ ผู้วิจัยได้กำหนดให้มีการทดลองซ้ำในแต่ละสภาวะจำนวน 10 ครั้ง ($n=10$) รวมจำนวนวันที่มีการเก็บข้อมูลสมบูรณ์ทั้งสิ้น 40 ครั้ง ข้อมูลอุณหภูมิและความเข้มรังสีอาทิตย์ที่บันทึกได้ในแต่ละชั่วโมง (08.00 - 20.00 น.) จะถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) โดยรายงานผลในรูปแบบของค่าเฉลี่ย (Mean) เพื่อแสดงแนวโน้มสมรรถนะเชิงความร้อน และใช้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ในการประเมินเสถียรภาพของการกระจายความร้อนในแต่ละชั้นของตู้อบแห้ง โดยการนำเสนอผลผ่านตารางและกราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิ

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ข้อมูลอุณหภูมิที่บันทึกได้ในแต่ละจุดเวลา (CH1 ถึง CH6) จะถูกนำมาประมวลผลทางสถิติเพื่อรายงานผลในรูปแบบของ ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean $\pm$ SD) ดังนี้

1.1 ค่าเฉลี่ย (Mean: $\bar{X}$)

ใช้เป็นตัวแทนของอุณหภูมิในแต่ละช่วงเวลา เพื่อนำไปสร้างกราฟเส้นแนวโน้มการกระจายความร้อน (Temperature Profile)

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

1.2 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD) ใช้เป็นตัวชี้วัด เสถียรภาพความร้อน (Thermal Stability) ของตู้อบแห้ง หากค่า SD มีค่าน้อย แสดงว่าระบบมีความสามารถในการรักษาอุณหภูมิให้คงที่ได้ดีในทุกๆ รอบการทดลอง

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

2. สถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน

2.1 เปรียบเทียบสมรรถนะด้านอุณหภูมิระหว่างตู้อบแห้งแบบผสมผสานที่พัฒนาขึ้นกับตู้อบแห้งแบบเดิม ทั้งในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใสและวันที่สภาพอากาศแปรปรวน ใช้สถิติ Mann-Whitney U Test เลือกใช้สถิติ Mann-Whitney U Test เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะด้านอุณหภูมิระหว่างตู้อบแห้งแบบผสมผสานที่พัฒนาขึ้นกับตู้อบแห้งแบบเดิม เนื่องจากข้อมูลอุณหภูมิของตู้อบทั้งสองแบบเป็นข้อมูลจาก กลุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน และข้อมูลมีจำนวนตัวอย่างน้อยหรือมีการแจกแจงไม่เป็นปกติ จึงไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติ Independent Samples t-test ทั้งนี้ Mann-Whitney U Test เป็นสถิติไม่อิงพารามิเตอร์ที่ใช้เปรียบเทียบอันดับหรือการกระจายของข้อมูลระหว่างสองกลุ่มอิสระ โดยไม่กำหนดให้ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งในการวิเคราะห์ควรแยกทดสอบตามสภาพอากาศ ดังนี้

1. เปรียบเทียบอุณหภูมิของตู้อบแห้งแบบผสมผสานกับตู้อบแห้งแบบเดิมในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส
2. เปรียบเทียบอุณหภูมิของตู้อบแห้งแบบผสมผสานกับตู้อบแห้งแบบเดิมในวันที่สภาพอากาศแปรปรวน

สมมติฐานทางสถิติ ได้แก่

H_0 : สมรรถนะด้านอุณหภูมิของตู้อบแห้งทั้งสองแบบไม่แตกต่างกัน

H_1 : สมรรถนะด้านอุณหภูมิของตู้อบแห้งทั้งสองแบบแตกต่างกัน

ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาการพัฒนากระบวนการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน 3 ชั้น ร่วมกับตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (Solar Collector) ดังนี้

ตารางที่ 2 แสดงอุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$) ผลการทดลองซ้ำในแต่ละสภาวะจำนวน 10 ครั้ง ($n=10$)

ผล ครั้งที่	ตู้อบ แห้ง แบบ เดิม วันที่ ท้องฟ้า แจ่มใส ($^{\circ}\text{C}$)	ตู้อบแห้ง แบบเดิม วันที่ฝน ตกและมี เมฆปก คลุม	ตู้อบแห้ง แบบ ผสมผสาน ชั้นบนสุด วันที่ท้องฟ้า แจ่มใส	ตู้อบแห้ง แบบผสม ผสานชั้น บนสุด วันที่ฝน ตกและมี เมฆปก คลุม	ตู้อบ แห้ง แบบ ผสม ผสาน ชั้น กลาง วันที่ ท้องฟ้า แจ่มใส	ตู้อบ แห้ง แบบ ผสม ผสาน ชั้น กลาง วันที่ฝน ตกและ มีเมฆ ปกคลุม	ตู้อบ แห้ง แบบ ผสม ผสาน ชั้น ล่างสุด วันที่ฝน ตกและมี เมฆปก คลุม	ตู้อบแห้ง แบบผสม ผสานชั้น ล่างสุด วันที่ฝน ตกและมี เมฆปก คลุม
1	70	61	79	72	77	68	76	62

ตารางที่ 2 (ต่อ)

(n=10)

ผล ครั้งที่	ตู้อบ แห้ง แบบ เดิม วันที่ ท้องฟ้า แจ่มใส (°C)	ตู้อบแห้ง แบบเดิม วันที่ฝน ตกและมี เมฆปก คลุม	ตู้อบแห้ง แบบ ผสมผสาน ชั้นบนสุด วันที่ท้องฟ้า แจ่มใส	ตู้อบแห้ง แบบผสม ผสานชั้น บนสุด วันที่ฝน ตกและมี เมฆปก คลุม	ตู้อบ แห้ง แบบ ผสม ผสาน ชั้น กลาง วันที่ ท้องฟ้า แจ่มใส	ตู้อบ แห้ง แบบ ผสม ผสาน ชั้น กลาง วันที่ฝน ตกและ มีเมฆ ปกคลุม	ตู้อบ แห้ง แบบ ผสม ผสาน ชั้น ล่างสุด วันที่ ท้องฟ้า แจ่มใส	ตู้อบแห้ง แบบผสม ผสานชั้น ล่างสุด วันที่ฝน ตกและมี เมฆปก คลุม
2	71	60	80	71	76	69	76	61
3	70	61	81	72	77	69	77	62
4	70	61	80	72	78	68	76	62
5	70	60	80	72	77	69	75	62
6	69	61	81	71	77	69	76	62
7	71	60	81	70	76	69	76	62
8	70	61	80	72	78	70	76	60
9	70	60	80	72	77	69	77	62
10	70	61	81	71	77	68	76	62
$\bar{X}$	70	61	80	72	77	69	76	62
S.D.	0.57	0.52	0.68	0.70	0.66	0.63	0.56	0.67

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลการทดลองซ้ำในแต่ละสภาวะจำนวน 10 ครั้ง ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุด คือ ตู้อบแห้งแบบผสมผสานชั้นบนสุดวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส ($\bar{X}$ = 80, S.D. = 0.68) ช่วงเวลาในการเก็บผลการทดลอง 8 พ.ค. 69 ถึง 10 มิ.ย. 69

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะด้านอุณหภูมิระหว่างตู้อบแห้งแบบผสมผสานที่พัฒนาขึ้นกับตู้อบแห้งแบบเดิม ทั้งในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใสและวันที่สภาพอากาศแปรปรวน

2.1 ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะด้านอุณหภูมิระหว่างตู้อบแห้งแบบเดิมกับตู้อบแห้งแบบผสมผสานที่พัฒนาขึ้น ในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส

ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบสมรรถนะด้านอุณหภูมิระหว่างตู้อบแห้งแบบเดิมกับตู้อบแห้งแบบผสมผสานที่พัฒนาขึ้น ในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส

ตู้อบแห้ง	N (จำนวนครั้ง)	Median	Mean Rank	Mann-Whitney U	Z	P-value
แบบเดิม	10	70.00	5.50	.000	-3.910	.000
แบบผสมผสาน	10	80.00	15.50			

จากตารางที่ 3 พบว่า ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะด้านอุณหภูมิระหว่างตู้อบแห้งแบบเดิมกับตู้อบแห้งแบบผสมผสานที่พัฒนาขึ้นในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U Test พบว่า ตู้อบแห้งแบบผสมผสานมีค่ามัธยฐานของอุณหภูมิสูงกว่า (Median = 80.00) ตู้อบแห้งแบบเดิม (Median = 70.00) และมีค่าอันดับเฉลี่ยสูงกว่า (Mean Rank = 15.50 และ 5.50 ตามลำดับ) โดยความแตกต่างดังกล่าวมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($U = 0.000$, $Z = -3.910$, $p < .001$) แสดงให้เห็นว่าตู้อบแห้งแบบผสมผสานมีประสิทธิภาพในการเพิ่มอุณหภูมิภายในระบบอบแห้งได้ดีกว่าตู้อบแห้งแบบเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2.2 ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะด้านอุณหภูมิระหว่างตู้อบแห้งแบบเดิมกับตู้อบแห้งแบบผสมผสานที่พัฒนาขึ้น ในวันที่สภาพอากาศแปรปรวน

ตารางที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบสมรรถนะด้านอุณหภูมิระหว่างตู้อบแห้งแบบเดิมกับตู้อบแห้งแบบผสมผสานที่พัฒนาขึ้น ในวันที่สภาพอากาศแปรปรวน

ตู้อบแห้ง	N (จำนวนครั้ง)	Median	Mean Rank	Mann-Whitney U	Z	P-value
แบบเดิม	10	61.00	5.50	.000	-3.905	.000
แบบผสมผสาน	10	72.00	15.50			

จากตารางที่ 4 พบว่า ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะด้านอุณหภูมิระหว่างตู้อบแห้งแบบเดิมกับตู้อบแห้งแบบผสมผสานที่พัฒนาขึ้นในวันที่สภาพอากาศแปรปรวน โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U Test พบว่า ตู้อบแห้งแบบผสมผสานมีค่ามัธยฐานของอุณหภูมิสูงกว่า (Median = 72.00) ตู้อบแห้งแบบเดิม (Median = 61.00) และมีค่าอันดับเฉลี่ยสูงกว่า (Mean Rank = 15.50 และ 5.50 ตามลำดับ) โดยความแตกต่างดังกล่าวมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($U = 0.000$, $Z = -3.910$, $p < .001$) แสดงให้เห็นว่าตู้อบแห้งแบบผสมผสานมีประสิทธิภาพในการเพิ่มอุณหภูมิภายในระบบอบแห้งได้ดีกว่าตู้อบแห้งแบบเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยผลการทดลองระหว่างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเดิมและแบบผสมผสาน (n=10)

ลำดับ ที่	รูปแบบการตากแห้ง	ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบ ($\bar{X}$)				
		ค่าความเข้ม แสงอาทิตย์ (W/m^2)	อุณหภูมิ ภายนอกตู้ ($^{\circ}C$)	อุณหภูมิ ภายในตู้ ชั้นบนสุด ($^{\circ}C$)	อุณหภูมิ ภายในตู้ ชั้นกลาง ($^{\circ}C$)	อุณหภูมิ ภายในตู้ ชั้นล่างสุด ($^{\circ}C$)
1	ตูแบบเดิมในวันที่ ท้องฟ้าแจ่มใส	1048	37	70	-	-
2	ตูแบบเดิมในวันที่ฝน ตกและมีเมฆปกคลุม	436	30	61	-	-
3	ตูแบบทำงานร่วมกับ โซลาร์คอลเลคเตอร์ใน วันที่ท้องฟ้าแจ่มใส	1048	37	80	77	76
4	ตูแบบทำงานร่วมกับ โซลาร์คอลเลคเตอร์ใน วันที่ฝนตกและมีเมฆ ปกคลุม	436	30	72	69	62

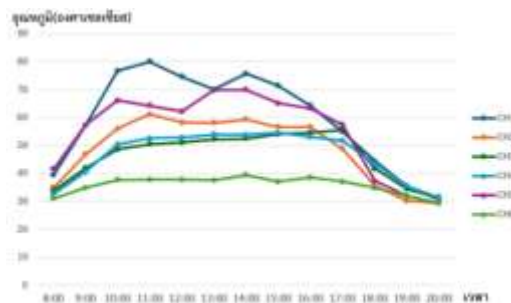
จากตารางที่ 5 วิเคราะห์ผลการทดลองจากตารางบันทึกผลแสดงให้เห็นถึงสมรรถนะด้านความร้อนของตูอบแห้งแบบผสมผสานได้อย่างชัดเจน โดยสามารถสรุปประเด็นการวิเคราะห์ได้ดังนี้

1. สมรรถนะในสถานะที่มีความเข้มแสงสูง ในสถานะที่ท้องฟ้าแจ่มใส ระบบที่พัฒนาทำงานร่วมกับโซลาร์คอลเลคเตอร์ (ลำดับที่ 3) สามารถทำอุณหภูมิในตู้ชั้นบนสุดได้สูงถึง $80^{\circ}C$ ซึ่งสูงกว่าตูอบแห้งแบบเดิม (ลำดับที่ 1) ที่ทำได้เพียง $70^{\circ}C$ การกระจายความร้อน ระบบผสมผสานไม่เพียงแต่ทำอุณหภูมิได้สูงกว่าแต่ยังสามารถกระจายความร้อนไปยังชั้นกลาง ($77^{\circ}C$) และชั้นล่างสุด ($76^{\circ}C$) ได้อย่างทั่วถึง ซึ่งถือเป็นการออกแบบท่อแดงแลกเปลี่ยนความร้อนทั้ง 3 ชั้น ที่สามารถถ่ายเทอุณหภูมิให้สมรรถนะด้านความร้อนใกล้เคียงกันในทุกชั้น

2. การตอบสนองต่อสภาวะอากาศแปรปรวน ตู้อบแห้งแบบผสมผสาน แม้ในวันที่ฟ้าครึ้มหรือมีฝนตก ซึ่งความเข้มแสงลดลงอย่างมาก ระบบที่ทำงานร่วมกับโซลาร์คอลเลคเตอร์ (ลำดับที่ 4) ยังคงรักษาอุณหภูมิในตู้ชั้นบนสุดได้ที่ $72^{\circ}C$ ซึ่งสูงกว่า ตู้อบแห้งแบบเดิมในวันที่ฟ้าแจ่มใสเสียอีก (ซึ่งทำได้เพียง $70^{\circ}C$ ตามลำดับที่ 1) ผลลัพธ์ ประเด็นนี้สะท้อนว่า โซลาร์คอลเลคเตอร์มีส่วนช่วยเพิ่มสมรรถนะด้านความร้อนจาก

แสงแดดได้อย่างดีเยี่ยม ทำให้กระบวนการอบแห้งสามารถดำเนินต่อไปได้แม้ในสภาวะที่ระบบแบบเดิมอาจไม่สามารถทำงานได้เต็มที่

3. สรรณะด้านอุณหภูมิ จากตารางแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิในตู้อบแบบผสมผสานมีความเสถียรและทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศได้ดีกว่าระบบเดิมอย่างเห็นได้ชัดความคุ้มค่า การที่ระบบผสมผสานสามารถทำอุณหภูมิในชั้นล่างสุดได้ถึง 62°C แม้ในวันที่ฟ้าครึ้ม เป็นเครื่องยืนยันว่า การใช้โซลาร์คอลเลคเตอร์เป็นตัวกลางกักเก็บและถ่ายเทความร้อนด้วยตัวกลางคือน้ำ ส่งผ่านท่อทองแดง เป็นทางออกเชิงเทคนิคที่ช่วยให้การอบแห้งมีมาตรฐาน (Consistency) และความเชื่อถือได้ (Reliability) สูงกว่าระบบแบบเดิม



ภาพที่ 7 แสดงกราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิระหว่างตู้อบแห้งแบบเดิมและแบบผสมผสาน

จากภาพที่ 7 แสดงการบันทึกผลการทดลองการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตู้อบแห้งระหว่างระบบผสมผสาน และระบบแบบเดิม ตั้งแต่เวลา 8.00 น. ถึง 20.00 น. โดยกราฟแต่ละเส้น คือ อุณหภูมิเซ็นเซอร์ของแต่ละช่องอธิบายดังนี้

กราฟเส้นสีน้ำเงิน (CH1) หมายถึง ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานชั้นบนสุด

กราฟเส้นสีส้ม (CH2) หมายถึง ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานชั้นตรงกลาง

กราฟเส้นสีเขียวเข้ม (CH3) หมายถึง ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานชั้นล่างสุด

กราฟเส้นสีฟ้า (CH4) หมายถึง อุณหภูมิท่อแดงในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน

กราฟเส้นสีม่วง (CH5) หมายถึง ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเดิม

กราฟเส้นสีเขียวย่อ (CH6) หมายถึง อุณหภูมิอากาศภายนอก

สามารถสรุปประเด็นสำคัญได้ดังนี้

ช่วงเวลาที่มีความเข้มแสงอาทิตย์สูง 09.00-15.00 น. กราฟเส้นสีน้ำเงิน (CH1) ซึ่งแสดงอุณหภูมิของระบบผสมผสาน และกราฟเส้นสีม่วง (CH5) ซึ่งแสดงอุณหภูมิของระบบเดิม พบว่า กราฟเส้นสีน้ำเงิน (CH1) มีระดับอุณหภูมิสูงกว่าระบบเดิมอย่างเห็นได้ชัด กราฟเส้นสีน้ำเงิน (CH1) อุณหภูมิสูงสุดสามารถพุ่งสูงขึ้นถึง 80°C ในช่วงเวลาประมาณ 11.00 น. ซึ่งยืนยันถึงการเพิ่มสมรรถนะด้านความร้อนของโซลาร์คอลเลคเตอร์

เสถียรภาพและการกระจายความร้อนระบบผสมผสาน (CH1, CH2, CH3) แสดงแนวโน้มอุณหภูมิที่สูงและค่อนข้างคงที่ในช่วงเที่ยงวัน ซึ่งสะท้อนถึงประสิทธิภาพการทำงานของระบบแลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดตั้งไว้ภายในตู้ ในขณะที่ตู้อบแห้งระบบเดิม (CH5) มีระดับอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอย่างชัดเจน โดยมีอุณหภูมิสูงสุดเพียง

70 °C เท่านั้น ช่วงเวลาหลังพระอาทิตย์ตก 18.00 - 20.00 น. อุณหภูมิของทุกเส้นของกราฟมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องเพราะขาดแหล่งพลังงานแสงอาทิตย์ อย่างไรก็ตาม กราฟแสดงให้เห็นว่าระบบผสมผสานยังคงรักษาอุณหภูมิได้สูงกว่าระบบเดิมในช่วงแรกหลังพระอาทิตย์ตก ซึ่งเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ถึงคุณสมบัติการกักเก็บพลังงานความร้อน (Thermal storage) ของโซลาคอลเลคเตอร์ที่ทางผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนาให้ทำงานร่วมกัน

ตารางที่ 6 แสดงผลการทดลองน้ำหนักกล้วยที่หายไปและความชื้นในการวิจัยการอบแห้ง

วันที่	รูปแบบการตาก	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	น้ำหนักที่หายไป (กรัม)	% น้ำหนักที่หายไป	รูปแบบการตาก	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	น้ำหนักที่หายไป (กรัม)	% น้ำหนักที่หายไป
1	แบบเดิม	500	73	14.60	แบบผสมผสาน (ชั้นบน)	500	121	24.20
2		427	95	22.25		379	82	21.64
3		332	52	15.66		297	53	17.85
4		280	35	12.50		244	23	9.43
5		245	23	9.39		221	12	5.43
6		222	11	4.95		209	8	3.83
7		211	6	2.84		201	6	2.99

จากตารางที่ 6 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างการตากกล้วย โดยเริ่มต้นที่น้ำหนัก 500 กรัม เท่ากัน พบว่า การตากในตู้อแห้งแบบผสมผสานชั้นบน มีประสิทธิภาพดีกว่า การตากในตู้อแห้งแบบเดิม โดยสามารถอบแห้งกล้วยได้รวดเร็วกว่า โดยเฉพาะในวันแรก และช่วยลดความชื้นได้มากกว่า และจะค่อยๆ ลดลงน้อยลงในวันท้ายๆ (วันที่ 5-7) เนื่องจากความชื้นในตัวกล้วยเหลือน้อยแล้ว

ตารางที่ 7 แสดงอัตราการระเหยน้ำมวลรวมรายวัน (Drying Rate)

วันที่	อัตราการอบแห้ง แบบเดิม (กรัม/วัน)	อัตราการอบแห้ง แบบผสมผสาน (กรัม/วัน)
1	73	121
2	95	82
3	52	53
4	35	23
5	23	12
6	11	8
7	6	6

จากตารางที่ 7 การประเมินอัตราการระเหยน้ำมวลรวมเฉลี่ยตลอดทั้งกระบวนการ (7 วัน) สามารถคำนวณได้โดยนำน้ำหนักที่หายไปทั้งหมดหารด้วยระยะเวลา รวม ดังนี้

แบบเดิม

$$\text{น้ำหนักที่ระเหยไปทั้งหมด} = 73+95+52+35+23+11+6 = 295 \text{ กรัม}$$

$$\text{อัตราการระเหยน้ำเฉลี่ย} = 295 \div 7 = 42.14 \text{ กรัม/วัน}$$

แบบผสมผสาน (ชั้นบน)

$$\text{น้ำหนักที่ระเหยไปทั้งหมด} = 121+82+53+23+12+8+6 = 305 \text{ กรัม}$$

$$\text{อัตราการระเหยน้ำเฉลี่ย} = 305 \div 7 = 43.57 \text{ กรัม/วัน}$$

จากการผลอัตราการระเหยน้ำ พบว่า ระบบแบบผสมผสานมีอัตราการระเหยน้ำมวลรวมเฉลี่ยที่สูงกว่า โดยเฉพาะในวันแรก มีอัตราการระเหยสูงถึง 121 กรัม/วัน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการดึงความชื้นออกจากกล้วยในช่วงต้นของกระบวนการ



ภาพที่ 8 แสดงผลิตภัณฑ์กล้วยตากที่ได้จากการอบแห้งแบบผสมผสาน

อภิปรายผล

จากการทดลองพบว่า ระบบอบแห้งแบบผสมผสานมีสมรรถนะเชิงความร้อนสูงกว่าระบบแบบเดิมอย่างมีนัยสำคัญ โดยสามารถรักษาระดับอุณหภูมิภายในตู้อบสูงสุดที่ 80°C ซึ่งเป็นผลโดยตรงจากการถ่ายเทพลังงานความร้อนจากโซลาร์คอลเลคเตอร์ผ่านท่อแลกเปลี่ยนความร้อนภายในตู้ ส่งผลให้มีการสะสมความร้อนคงค้าง (Thermal storage) ที่มีประสิทธิภาพมากกว่าระบบเดิม ซึ่งสามารถขยายความในเชิงเทคนิคได้ดังนี้

1. สมรรถนะด้านร้อน

ระบบที่พัฒนาขึ้นไม่ได้พึ่งพาเพียงการพาความร้อนจากอากาศภายนอกแบบเดิมเท่านั้น ความได้เปรียบของระบบที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ใช้น้ำเป็นตัวกลาง เพื่อกักเก็บความร้อนที่สะสมไว้ งานวิจัยนี้จึงประยุกต์ใช้น้ำ ซึ่งน้ำมีความจุความร้อนจำเพาะสูงมาก (ประมาณ $4.18 \text{ kJ/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$ สูงกว่าอากาศถึง 4 เท่า) ทำให้มวลน้ำสามารถดูดซับและ "กักเก็บ (Storage)" พลังงานความร้อนจากโซลาร์คอลเลคเตอร์ได้มหาศาล จากนั้นจึงถูกปั๊มให้หมุนเวียนไปตามเครือข่าย "ท่อทองแดง" ที่เดินคู่ขนานไว้ใต้ถาดผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชั้น แต่ยังไม่ได้นำซึ่งมีค่าความจุความร้อนจำเพาะ (Specific Heat Capacity) สูงกว่าอากาศมาก เป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนจากโซลาร์คอลเลคเตอร์เข้าสู่ตู้ผ่านท่อทองแดง ทำให้สามารถควบคุมและกระจายอุณหภูมิภายในแต่ละชั้นได้

สมรรถนะด้านความร้อนเพิ่มขึ้น ส่งผลให้การถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุอบแห้งเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าระบบพึ่งพาการพาความร้อนจากแสงแดดโดยตรงเพียงอย่างเดียว (Subramaniam et al., 2022) ในขณะที่งานวิจัยของ (Afzal et al., 2023) ต้องพึ่งพาการไหลของ ลมร้อน ซึ่งควบคุมได้ยากและสูญเสียความร้อนได้ง่าย นวัตกรรมในงานวิจัยนี้ได้เปลี่ยนมาใช้ "น้ำและท่อทองแดง" เป็นเส้นทางหลักในการกระจายความร้อน ซึ่งไม่เพียงแต่เพิ่มความจุความร้อนของระบบ แต่ยังช่วยให้สามารถบังคับทิศทางและปริมาณความร้อนให้ส่งตรงผ่านท่อทองแดงถึงวัสดุอบแห้งในทุกชั้นได้ตามต้องการ

2. ความสามารถในการกักเก็บพลังงานเชิงความร้อน (Thermal Inertia and Storage)

การใช้โซลาร์คอลเลกเตอร์ร่วมกับน้ำทำให้ระบบมีความเฉื่อยความร้อน (Thermal Inertia) ที่สูงกว่าระบบเดิมอย่างเห็นได้ชัด ในช่วงเวลาที่แสงแดดลดลงหรือหลังพระอาทิตย์ตกดิน ปริมาณความร้อนที่สะสมอยู่ในมวลน้ำภายในระบบบดยังคงทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายพลังงานสำรอง ส่งผลให้ตู้อบสามารถรักษาอุณหภูมิการอบแห้งให้อยู่ในระดับที่ส่งผลต่อการระเหยน้ำได้นานขึ้นอีก 2 ชั่วโมง (18.00-20.00 น.) ซึ่งเป็นกลไกสำคัญในการเพิ่มผลผลิต (Productivity) และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความร้อนต่อเนื่อง สอดคล้องกับผลการศึกษาของ (Rulazi et al., 2023)

3. การรักษาสถียรภาพและคุณภาพผลิตภัณฑ์ (Thermal Stability and Product Quality)

การที่ระบบสามารถทำอุณหภูมิสูงสุดได้ถึง 80°C และมีความต่อเนื่องของอุณหภูมิที่คงที่ ช่วยลดปัญหาความแปรปรวนของอุณหภูมิ (Temperature Fluctuation) ซึ่งเป็นอุปสรรคสำคัญในการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เมื่อเปรียบเทียบกับระบบเดิมที่อุณหภูมิจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อขาดแสงแดด การควบคุมอุณหภูมิที่เสถียรนี้ไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มอัตราการอบแห้ง (Drying Rate) แต่ยังช่วยยกระดับความเชื่อมั่นด้านความสะอาดและความปลอดภัยของผู้ใช้งาน เนื่องจากกระบวนการผลิตมีความต่อเนื่องและไม่จำเป็นต้องพึ่งพาการเผาไหม้จากเชื้อเพลิงฟอสซิลที่อาจก่อให้เกิดการปนเปื้อน

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาและเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน 3 ชั้นที่ทำงานร่วมกับโซลาร์คอลเลกเตอร์ และตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเดิม พบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นใหม่มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนและอัตราการอบแห้งที่เหนือกว่าอย่างชัดเจน โดยสรุปสาระสำคัญได้ดังนี้

1. สมรรถนะด้านความร้อนสูงสุด ในวันที่สภาพอากาศและท้องฟ้าแจ่มใส ตู้อบแห้งแบบผสมผสานสามารถทำอุณหภูมิภายในตู้ชั้นบนสุดได้สูงสุดถึง 80°C ในขณะที่ตู้อบแห้งแบบเดิมทำได้เพียง 70°C

2. การกระจายอุณหภูมิที่สม่ำเสมอ การออกแบบเครือข่ายท่อทองแดงติดตั้งไว้ใต้ถาดตากผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชั้น ช่วยให้ความร้อนถูกถ่ายเทได้อย่างทั่วถึง โดยอุณหภูมิเฉลี่ยของชั้นบนสุด ชั้นกลาง และชั้นล่างสุด มีค่าใกล้เคียงกันที่ 80°C, 77°C และ 76°C ตามลำดับ

3. ความทนทานต่อสภาพอากาศแปรปรวน ในวันที่ฝนตกหรือมีเมฆปกคลุม ระบบผสมผสานยังสามารถรักษาอุณหภูมิในชั้นบนสุดไว้ได้ที่ 72°C ซึ่งเป็นระดับความร้อนที่สูงกว่าอุณหภูมิสูงสุดของตู้อบแห้งแบบเดิมในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใสเสียอีก

4. การกักเก็บความร้อนและการขยายเวลาอบแห้ง การใช้น้ำซึ่งมีค่าความจุความร้อนจำเพาะสูงเป็นตัวกลางในการรับพลังงานจากโซล่าคอลเลคเตอร์ สร้างความเฉื่อยทางความร้อน (Thermal Inertia) ที่ยอดเยี่ยม ทำให้ระบบสามารถกระจายความร้อนเพื่ออบแห้งผลิตภัณฑ์ได้อย่างต่อเนื่องนานขึ้นอีกประมาณ 2 ชั่วโมง (ช่วง 18.00-20.00 น.) หลังจากพระอาทิตย์ตกดิน

5. อัตราการอบแห้ง (Drying Rate) การทดลองอบแห้งกล้วยยืนยันว่าระบบผสมผสานมีอัตราการระเหยน้ำมวลรวมเฉลี่ยสูงกว่า โดยในวันแรกสามารถระเหยน้ำได้สูงถึง 121 กรัม/วัน เมื่อเทียบกับระบบเดิมที่ทำได้เพียง 73 กรัม/วัน ทำให้กระบวนการอบแห้งดำเนินไปได้อย่างรวดเร็ว

6. ทางสถิติ การทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติ Mann-Whitney U Test ยืนยันว่า ความสามารถในการเพิ่มอุณหภูมิของตู้อบแห้งแบบผสมผสาน แตกต่างและสูงกว่าระบบเดิม ที่ระดับ .05 ($p < .001$) ทั้งในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใสและวันที่สภาพอากาศแปรปรวน

โดยสรุป การผสมผสานโซล่าคอลเลคเตอร์ร่วมกับระบบหมุนเวียนน้ำผ่านท่อทองแดง เป็นเทคโนโลยีที่คุ้มค่าและมีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาความไม่คงที่ของอุณหภูมิ ช่วยรักษาระดับความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเพิ่มระยะเวลาในการอบแห้ง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความรู้ความสามารถและการสนับสนุนจากศูนย์การเรียนรู้พลังงานอัจฉริยะ และธุรกิจนวัตกรรมชุมชน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ที่ได้ให้การสนับสนุนสถานที่ และเครื่องมือในการทำวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างสูง

เอกสารอ้างอิง

- กฤษฎางค์ สุกระมล, สัญลักษณ์ กิ่งทอง, จรูญ แก่นจันทร์, สถาปัตย์ ชะนากลาง, และมนัญญา คำวชิระพิทักษ์. (2564). การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบตากแห้งโดยตรงสำหรับอบแห้งกล้วยน้ำว้าใช้ในระดับชุมชน. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา*, 9(1), 33-43. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/fit-ssru/article/view/248682/168580>
- ธีรพงศ์ บริรักษ์, พงษ์สวัสดิ์ คชภูมิ, วรลักษณ์ เสถียรรังสฤษฎ์, และณรงค์ ภู่ออยู่. (2564). ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย*, 15(1), 180-195. <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/EAUHJSci/article/view/247285/168474>
- ภาคิน มณีโชติ, ภูวดินทร์ ปรีเปรม, ศุภโชค วงษ์เวียง, คัทลียา ปัญญาอุด, วาสนา มณีโชติ, และเทพ เกื้อทวีกุล. (2564). การเพิ่มประสิทธิภาพและผลผลิตการอบข้าวแต๋นด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์พลังงานร่วมสำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านโนนใน. *วารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน*, 6(1), 53-60. https://reca.or.th/wp-content/uploads/2023/04/J-REC%E2%80%8B_Vol1_2566_06.pdf
- รัฐพงษ์ ปักเคน, และวิชิตศักดิ์ เสี่ยงศักดิ์. (2563). ตู้อบกล้วยพลังงานแสงอาทิตย์. *วารสารวิชาการการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ*, 6(1), 48-57. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/project-journal/article/view/240075/164046>
- วิเชียร ดวงสีเสน. (2565). การพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนปลูกเมล่อน. *สังกัด : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 9(1), 39-50. <https://li02.tci-thaijo.org/index.php/gts/article/view/1924/1283>
- ศิริวรรณ อาจบำรุง. (2562). ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง [รายงานวิจัย]. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- Afzal, A., Iqbal, T., Ikram, K., Anjum, M. N., Umair, M., Azam, M., Akram, S., Hussain, F., Ameen ul Zaman, M., Ali, A., and Majeed, F. (2023). Development of a hybrid mixed-mode solar dryer for product drying. *Heliyon*, 9(3), Article e14144. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14144>
- Amer, B. M. A., Hossain, M. A., and Gottschalk, K. (2010). Design and performance evaluation of a new hybrid solar dryer for banana. *Energy Conversion and Management*, 51(4), 813-820. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2009.11.016>
- Villagran, E., Espitia, J. J., Velázquez, F. A., and Rodriguez, J. (2024). Solar dryers: Technical insights and bibliometric trends in energy technologies. *AgriEngineering*, 6(4), 4041-4063. <https://doi.org/10.3390/agriengineering6040228>

Rulazi, E. L., Marwa, J., Kichonge, B., and Kivevele, T. (2023). Development and performance evaluation of a novel solar dryer integrated with thermal energy storage system for drying of agricultural products. *ACS Omega*, 8(45), 43304-43317.

<https://doi.org/10.1021/acsomega.3c07314>

Subramaniam, B. S. K., Sugumaran, A. K., and Athikesavan, M. M. (2022). Performance analysis of a solar dryer integrated with thermal energy storage using PCM-Al₂O₃ nanofluids. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(33), 50617-50631.

<https://doi.org/10.1007/s11356-022-19170-6>



การตำรับไมโครนีดเดิลที่มีส่วนผสมของสารสกัดแก่นฝาง

Formulation of Microneedle Patches Containing Sappan Wood

(*Caesalpinia sappan* L.) Extract

ปณิตา โรยรอด*

Panita Royrod

นริการนต์ เกตศักดิ์*

Nareekarn Ketsak

ณรงค์ฤทธิ์ หล้าพันธ์**

Narongrit Lahpan

Received : June 10, 2026

Revised : August 13, 2026

Accepted : August 24, 2026

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและประเมินคุณสมบัติของแผ่นแปะไมโครนีดเดิลชนิดละลายได้ที่มีส่วนผสมของสารสกัดแก่นฝางแดง (*Caesalpinia sappan* L.) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการนำส่งสารสำคัญในการรักษาผิวหนังโดยการโดยสกัดด้วยวิธีหมักและทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ จากนั้นพัฒนาตำรับไมโครนีดเดิลและประเมินลักษณะทางกายภาพ ผลการศึกษาพบว่า สารสกัดมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (IC_{50} เท่ากับ $11.05 \mu\text{g/mL}$) และยับยั้งเชื้อ *Cutibacterium acnes* ($MIC = 48.80 \mu\text{g/mL}$, $MBC = 390.62 \mu\text{g/mL}$) โดยมีความปลอดภัยต่อเซลล์ HaCaT ที่ความเข้มข้นไม่เกิน $125 \mu\text{g/mL}$ ตำรับไมโครนีดเดิลมีลักษณะเป็นทรงกรวย สูงเฉลี่ย 556.40 ± 28.36 ไมโครเมตร และสามารถละลายได้หมดภายใน 4 นาที สรุปได้ว่าแผ่นแปะไมโครนีดเดิลที่พัฒนาขึ้นมีศักยภาพในการนำส่งสารสกัดแก่นฝางแดงเข้าสู่ผิวหนังได้อย่างมีประสิทธิภาพ ปลอดภัย และมีฤทธิ์ทางชีวภาพที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาเป็นนวัตกรรมเวชสำอางรักษาผิว

*นักศึกษาลัทธิวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

Bachelor of Science program students, Department of Cosmetic Science, Faculty of Science and Technology, Phranakorn Rajabhat University

**อาจารย์ประจำหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

Lecturer of Bachelor of Science program, Department of Cosmetic Science, Faculty of Science and Technology, Phranakorn Rajabhat University(Corresponding Author)

e-mail: narongrit.l@pnru.ac.th

คำสำคัญ : แก่นฝางแดง / แผ่นแปะไมโครนีดเดิล / นวัตกรรมเวชสำอาง / สิว / *Cutibacterium acnes*

ABSTRACT

The objective of this research was to develop and evaluate dissolving microneedles (DMNs) containing *Caesalpinia sappan* L. extract to enhance delivery efficiency for acne treatment. The extract was prepared via maceration and tested for biological activities. Subsequently, DMNs were formulated and evaluated for their physical properties. The results showed that the extract exhibited potent antioxidant activity ($IC_{50} = 11.05 \mu\text{g/mL}$) and antibacterial activity against *Cutibacterium acnes* ($MIC = 48.80 \mu\text{g/mL}$, $MBC = 390.62 \mu\text{g/mL}$). The extract demonstrated safety toward HaCaT cells at concentrations $\leq 125 \mu\text{g/mL}$. The formulation featured conical needles with an average height of $556.40 \pm 28.36 \mu\text{m}$ and achieved complete dissolution within 4 minutes. In conclusion, the developed DMNs demonstrated potential for the effective transdermal delivery of Sappan wood extract, with acceptable safety and appropriate biological activities for development as an innovative anti-acne cosmetic product.

Keywords : *Caesalpinia sappan* L. / Dissolving Microneedles / Innovative Cosmeceutical / Acne / *Cutibacterium acnes*

บทนำ

สิว (Acne vulgaris) เป็นโรคผิวหนังเรื้อรังที่พบบ่อยและส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของประชากรทั่วโลก โดยมีสาเหตุหลักมาจากปัจจัยทางพยาธิสรีรวิทยาที่ซับซ้อน ได้แก่ การผลิตน้ำมัน (Sebum) มากผิดปกติ การอุดตันของรูขุมขน (Hyperkeratinization) กระบวนการอักเสบ และการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *Cutibacterium acnes* (*C. acnes*) หรือชื่อเดิมคือ *Propionibacterium acnes* ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมบวกที่อาศัยอยู่ในต่อมไขมัน (Zouboulis et al., 2014; Dréno et al., 2018) ในปัจจุบันการรักษาสิวนิยมใช้ยาปฏิชีวนะและสารเคมีสังเคราะห์ เช่น คลินดามัยซิน (Clindamycin) หรือเบนโซอิลเพอร์ออกไซด์ (Benzoyl peroxide) ซึ่งแม้จะมีประสิทธิภาพดี แต่การใช้ติดต่อกันเป็นเวลานานมักก่อให้เกิดผลข้างเคียงที่ไม่พึงประสงค์ เช่น อาการผิวแห้ง ลอก ระคายเคือง และปัญหาเชื้อดื้อยาที่ทวีความรุนแรงขึ้น ด้วยเหตุนี้ คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการใช้สารสกัดจากธรรมชาติที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อก่อสิวและมีความปลอดภัยมาทดแทน จากศึกษาผลงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าแก่นฝางแดง เป็นสมุนไพรที่มีความน่าสนใจในการนำมาใช้เป็นสารออกฤทธิ์ แต่ยังไม่มีการศึกษาทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับฤทธิ์และความปลอดภัย อีกทั้ง การนำส่งสารสำคัญของสารสกัดเป็นความท้าทายในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ดูแลผิวให้มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น เพราะ สารธรรมชาติโดยส่วนมากมีโครงสร้างขนาดใหญ่ จึงทำให้การออกแบบระบบนำส่งสารเข้ามามีบทบาทในการส่งเสริมให้สารสกัดในผลิตภัณฑ์

นำส่งไปยังบริเวณชั้นผิวที่เป็นเป้าหมายของการดูแลผิว ซึ่งในปัจจุบันแผ่นแปะไมโครนิดเดิลชนิดละลายเป็นหนึ่งในระบบนำส่งที่ได้รับความนิยมในการศึกษา เช่นเดียวกับงานวิจัยนี้ ที่ต้องการพิสูจน์ประสิทธิภาพของสารสกัดแก่นฝางในรูปแบบแผ่นแปะไมโครนิดเดิลชนิดละลาย

แก่นฝางแดง (*Caesalpinia sappan* L.) เป็นสมุนไพรที่มีประวัติการใช้ประโยชน์มาอย่างยาวนานในตำรับยาแผนไทย องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของแก่นฝางคือสารกลุ่มไอโซฟลาโวนอยด์ (Homoisoflavonoids) โดยเฉพาะสารบราซิลิน (Brazilin) ซึ่งจากการศึกษาวิจัยพบว่า มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาที่โดดเด่นหลากหลายประการ ได้แก่ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) ช่วยชะลอความเสื่อมของเซลล์ ฤทธิ์ต้านการอักเสบ (Anti-inflammatory) และที่สำคัญคือฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคผิวหนัง ทั้ง *Staphylococcus aureus* และ *C. acnes* ซึ่งเป็นต้นเหตุสำคัญของการเกิดสิวในมนุษย์ (Nirmal and Panichayupakaranant, 2015) ทำให้แก่นฝางเป็นสมุนไพรที่มีศักยภาพสูงในการพัฒนาเป็นเวชสำอางรักษาสิว

การนำสารสกัดสมุนไพรมาใช้ในรูปแบบผลิตภัณฑ์ทาผิวหน้าทั่วใบหน้า เช่น ครีมหรือเจล มักประสบปัญหาสำคัญคือ ข้อจำกัดในการดูดซึม เนื่องจากผิวหนังชั้นนอกสุด (Stratum Corneum) ทำหน้าที่เป็นเกราะป้องกันทางธรรมชาติที่แข็งแรง สกัดกั้นไม่ให้สารโมเลกุลใหญ่หรือสารที่มีความคงตัวต่ำซึมผ่านเข้าสู่ชั้นผิวหน้าได้ (Prausnitz, 2017) ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการรักษาไม่ดีเท่าที่ควร เพื่อเอาชนะข้อจำกัดดังกล่าว เทคโนโลยีระบบนำส่งยาผ่านผิวหนังด้วยเข็มขนาดไมโคร หรือ ไมโครนิดเดิล (Microneedles) จึงเป็นนวัตกรรมที่เข้ามามีบทบาทสำคัญ ที่ผ่านมามีการศึกษามากมายเกี่ยวกับที่นำสารสกัดสมุนไพรมาประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยีไมโครนิดเดิลชนิดละลายได้ (Dissolving Microneedles) เช่น การนำส่งสารสำคัญในชั้นผิวหนังอย่างสารเคอร์คูมิน (Abdelghany et al., 2019) หรือ กรดเอเชียติก (Asiatic acid) ในสารสกัดใบบัวบก (Ryall et al., 2022) ซึ่งผลการศึกษาล้วนไปในทิศทางเดียวกันว่า ไมโครนิดเดิลสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการซึมผ่านของสารสกัดเข้าสู่ชั้นผิวหน้าได้ และให้ผลการรักษาที่รวดเร็วกว่าตำรับทาผิวหน้าแบบดั้งเดิม นอกจากนี้ ไมโครนิดเดิลแบบละลายยังมีคุณสมบัติที่เป็นประโยชน์ในการใช้งาน คือ ไม่กระตุ้นปลายประสาทรับรู้เจ็บ (Pain-free) และยังช่วยเพิ่มความคงตัวของสารสกัดสมุนไพรได้ (Donnelly et al., 2010) อย่างไรก็ตาม จนถึงปัจจุบันยังไม่เคยมีรายงานการศึกษาและพัฒนาแผ่นแปะไมโครนิดเดิลที่บรรจุ สารสกัดแก่นฝางแดง เพื่อใช้ในการรักษาสิวมาก่อน

ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญในการพัฒนาและตั้งตำรับแผ่นแปะไมโครนิดเดิลชนิดละลายได้ที่มีส่วนผสมของสารสกัดแก่นฝางแดง เพื่อผสมผสานคุณค่าของสมุนไพรไทยเข้ากับเทคโนโลยีการนำส่งยายุคใหม่ โดยมุ่งเน้นเพิ่มประสิทธิภาพในการนำส่งสารบราซิลินเข้าสู่ผิวหน้า ลดข้อจำกัดด้านการซึมผ่าน และเพิ่มความสะดวกในการใช้งาน ซึ่งจะเป็นแนวทางใหม่ในการพัฒนานวัตกรรมเวชสำอางรักษาสิวจากสมุนไพรไทยที่มีประสิทธิภาพและความปลอดภัยสูงสุดเชิงพาณิชย์ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมสารสกัดแก่นฝางแดง (Nirmal et al., 2015)

นำผงแก่นฝางแดง มาสกัดด้วยวิธีการหมัก (Maceration) โดยใช้ตัวทำละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยใช้อัตราส่วนระหว่างพืชต่อตัวทำละลาย (Solid-to-liquid ratio) เท่ากับ 1:10 บรรจุส่วนผสมลง

ในภาชนะแก้วและปิดฝาสนิทเพื่อป้องกันการระเหย จากนั้นหมักทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง โดยแบ่งระยะเวลาการหมักออกเป็น 3 ช่วงเวลา ได้แก่ 12 ชั่วโมง, 24 ชั่วโมง และ 7 วัน เมื่อครบกำหนด นำสารสกัดมากรองผ่านชุดกรองสุญญากาศ (Vacuum filtration) โดยใช้กระดาษกรองเบอร์ 1 (Whatman No.1) เพื่อแยกกากสมุนไพรออกจากนั้นนำสารละลายส่วนใส (Supernatant) ที่ได้ ไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุนสุญญากาศ (Rotary evaporator) โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 40-50 องศาเซลเซียส ภายใต้ระบบสุญญากาศ จนกระทั่งไม่มีตัวทำละลายหลงเหลืออยู่ จะได้สารสกัดหยาบ (Crude extract) ที่มีลักษณะข้นหนืด นำสารสกัดเข้มข้นที่ได้บรรจุลงในขวดแก้วสีขาทึบแสง ปิดฝาสนิท และเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป

2. การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (DPPH Assay) (Batubara et al., 2009)

ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH scavenging assay โดยเตรียมสารละลาย DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) ความเข้มข้น 0.1 mM ในเมทานอล นำมาผสมกับสารสกัดแก่นฝางแดงที่ความเข้มข้นต่างๆ (เตรียมโดยวิธี Two-fold serial dilution) บ่มในที่มืด ณ อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Microplate reader โดยมีกรดแอสคอร์บิก (L-Ascorbic acid) เป็นสารมาตรฐานเปรียบเทียบ คำนวณร้อยละการยับยั้งและค่าความเข้มข้นที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (IC_{50})

3. การทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียก่อสิว (Batubara et al., 2010)

ทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *C. acnes* สายพันธุ์ DMST 14916 ด้วยวิธี Broth microdilution method ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Brain Heart Infusion (BHI) broth ภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน (Anaerobic condition) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48-72 ชั่วโมง เพื่อหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งเชื้อ (Minimum Inhibitory Concentration: MIC) และค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อ (Minimum Bactericidal Concentration: MBC) โดยใช้ยาคลินดามัยซินเป็นสารมาตรฐานเปรียบเทียบ

4. การทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ (Hartiadi and Sahamastuti, 2020)

ทดสอบความปลอดภัยของสารสกัดต่อเซลล์ผิวหนังมนุษย์เพาะเลี้ยง (HaCaT cells) ด้วยวิธี MTT assay โดยใช้เซลล์ในถาดเพาะเชื้อ 96 หลุม (96-well plate) ที่ความหนาแน่น 1×10^5 เซลล์/มิลลิลิตร บ่มร่วมกับสารสกัดแก่นฝางแดงที่ความเข้มข้นต่างๆ (7.826 - 125 $\mu\text{g/mL}$) โดยควบคุมปริมาณ DMSO ไม่เกินร้อยละ 0.75 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นวัดการรอดชีวิตของเซลล์จากการเกิดผลึกฟอร์มazan และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 570 นาโนเมตร คำนวณร้อยละการรอดชีวิตของเซลล์ (% Cell Viability) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

5. การเตรียมแผ่นแปะไมโครนิดเดิล (Saepang et al., 2024)

ขึ้นรูปแผ่นแปะไมโครนิดเดิลด้วยวิธีการหล่อแบบ โดยเทสารละลายพอลิเมอร์ (พอลิไวนิลแอลกอฮอล์, คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส, กลีเซอริน ร้อยละ 2.0, 0.5 และ 4.0 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ) ผสม สารสกัดแก่นฝางแดง ร้อยละ 0.0125 โดยน้ำหนัก โดยมีส่วนผสมของน้ำกลั่นเป็นตัวทำละลายของตำรับ ให้ความร้อน

ส่วนผสมทั้งหมดจนผสมเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นเทลงในแม่พิมพ์ซิลิโคน นำไปปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) ที่ความเร็ว 4,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที เพื่อไล่ฟองอากาศและให้สารละลายเติมเต็มปลายเข็ม จากนั้นนำไปอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อแห้งสนิทจึงลอกแผ่นแปะออกจากแม่พิมพ์

6. การทดสอบเวลาในการละลาย (Oh et al., 2022)

ทดสอบเวลาในการละลายของแผ่นแปะไมโครนิตเดิลโดยดัดแปลงวิธีจาก Oh et al. (2022) โดยตวงน้ำกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตร ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำแผ่นแปะไมโครนิตเดิล มาตัดให้ได้ขนาด 1×1 เซนติเมตร ใส่ลงในบีกเกอร์พร้อมกับเริ่มจับเวลา สังเกตการละลายของแผ่นแปะจนกระทั่งแผ่นแปะละลายเป็นเนื้อเดียวกับน้ำอย่างสมบูรณ์ บันทึกเวลาที่ใช้ในการละลาย ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ย

7. การศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยา (Saepang et al., 2024)

ศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาภายนอก ความสมบูรณ์ และการเรียงตัวของเข็มไมโครนิตเดิล ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (Stereo Microscope) รุ่น SMZ745T ยี่ห้อ Nikon บันทึกภาพแบบดิจิทัลและวัดขนาดความสูง และความกว้างฐาน ของเข็มด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ภาพ โดยทำการสุ่มวัดจำนวน 10 เข็มต่อชิ้นงาน นำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อประเมินความสม่ำเสมอของกระบวนการผลิต โดยคำนวณค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

8. การศึกษาการปลดปล่อยสารสำคัญ

ศึกษาการปลดปล่อยสารสำคัญจากแผ่นแปะไมโครนิตเดิลโดยใช้เครื่อง Franz diffusion cell ผ่านเมมเบรนชนิด Dialysis membrane โดยใช้สารละลาย Phosphate Buffer Saline (PBS) pH 7.4 เป็นสารละลายรับ (Receptor fluid) ควบคุมอุณหภูมิที่ 37 องศาเซลเซียส และกวนสารตลอดเวลา โดยเปรียบเทียบกับกลุ่มทดสอบ (แผ่นแปะไมโครนิตเดิล) กับกลุ่มควบคุม (เจลสารสกัดแก่นฝางแดงที่มีปริมาณสารสำคัญเท่ากัน) ทำการเก็บตัวอย่างสารละลายจากส่วนรับปริมาตร 3 มิลลิลิตร ณ เวลา 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 ชั่วโมง พร้อมเติมสารละลายใหม่กลับคืนในปริมาตรที่เท่ากัน นำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญด้วยเครื่อง UV-Visible Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 280 นาโนเมตร (Warinhomhau et al., 2018) เพื่อคำนวณปริมาณการปลดปล่อยสารสะสม (Cumulative Release) ในแต่ละช่วงเวลา

ผลการวิจัย

1. ปริมาณแก่นฝางแดงจากการสกัด

จากการเตรียมสารสกัดแก่นฝางแดงด้วยวิธีการหมัก (Maceration) ในเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 ที่ระยะเวลา 12 ชั่วโมง และ 7 วัน พบว่าสารสกัดที่ได้มีลักษณะทางกายภาพเป็นสารขุ่นหนืดสีน้ำตาลเข้มในทุกสภาวะ โดยมีร้อยละของผลิตภัณฑ์ (% Yield) ดังแสดงใน ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ร้อยละของผลิตภัณฑ์ (% Yield) ของสารสกัดแก่นฝางแดงที่ระยะเวลาการหมักต่างๆ

ระยะเวลาสกัด	ปริมาณสารสกัดที่ได้ (กรัม)	ร้อยละผลผลิต
12 ชั่วโมง	42.56	11.46
24 ชั่วโมง	40.28	10.85
7 วัน	37.37	10.06

2. ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

จากการทดสอบ DPPH พบว่าสารสกัดมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้น (ร้อยละ 37.64-84.23) โดยมีค่าการยับยั้งร้อยละ 50 (IC_{50}) เท่ากับ 11.05 $\mu\text{g/mL}$ ซึ่งแสดงประสิทธิภาพสูงกว่าสารมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก ($IC_{50} = 72.45 \mu\text{g/mL}$) ในสภาวะการทดลองนี้

3. ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียก่อสิว

จากการทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อ *C. acnes* (DMST 14916) พบว่าสารสกัดแก่นฝางแดงมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อได้ดี โดยมีค่าความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดของสารที่สามารถยับยั้งแบคทีเรีย (Minimal Inhibitory Concentration; MIC) และค่าความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดของสารที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (Minimal Bactericidal Concentration; MBC) ดังแสดงใน ตารางที่ 2 แม้ประสิทธิภาพจะต่ำกว่ายามาตรฐานคลินดาไมซิน แต่ยังถือว่ามีความสำคัญในการนำมาประยุกต์ใช้เพื่อยับยั้งเชื้อสิว

ตารางที่ 2 ค่าความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดของสารที่สามารถยับยั้งแบคทีเรีย และค่าความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดของสารที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดแก่นฝางและคลินดาไมซิน ต่อเชื้อ *C. acnes* (DMST 14916)

สารทดสอบ	ค่าความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดของสารที่สามารถยับยั้งแบคทีเรีย ($\mu\text{g/mL}$)	ค่าความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดของสารที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย ($\mu\text{g/mL}$)
สารสกัดแก่นฝาง	48.80	390.62
คลินดาไมซิน	6.10	6.10

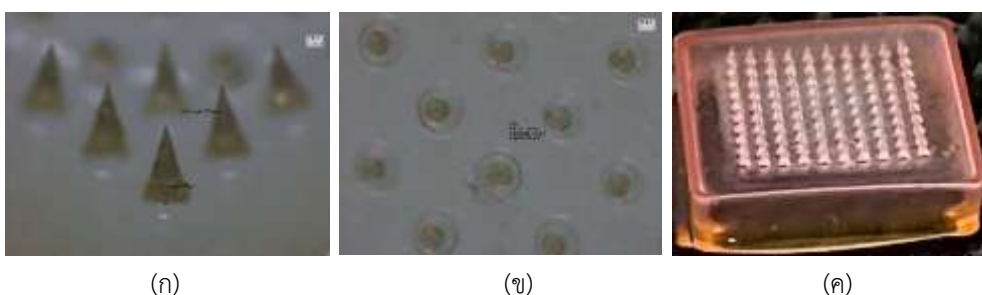
4. ผลการวิเคราะห์ความเป็นพิษต่อเซลล์ของสารสกัดแก่นฝางแดง

จากการประเมินความปลอดภัยของสารสกัดแก่นฝางแดงต่อเซลล์ผิวหนังมนุษย์ (HaCaT cells) ด้วยวิธี MTT assay หลังจากบ่มร่วมกับสารสกัดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าสารสกัดมีความเป็นพิษต่อเซลล์ต่ำ โดยที่ระดับความเข้มข้นสูงสุดในการทดสอบ (125 $\mu\text{g/mL}$) โดยร้อยละการรอดชีวิตของเซลล์ (% Cell Viability) เท่ากับ 71.11 ± 0.21 อย่างไรก็ตาม ในการทดลองครั้งนี้ไม่สามารถคำนวณหาความเข้มข้นที่ยับยั้งเซลล์ที่ร้อยละ 50 (IC_{50}) ได้ จึงสรุปผลการทดลองในครั้งนี้ว่า IC_{50} มีค่ามากกว่า 125 $\mu\text{g/mL}$ ซึ่งบ่งชี้ว่าสารสกัดแก่นฝางแดงมีความปลอดภัยต่อเซลล์ ตามการจำแนกระดับความเป็นพิษในงานวิจัยของ

Chalermthiralert et al. (2026) ที่กล่าวว่า เมื่อสารสกัดธรรมชาติที่ทดสอบความเป็นพิษในเซลล์มีค่า IC_{50} มีค่ามากกว่า 25 $\mu\text{g/mL}$ เป็นสารสกัดที่ไม่มีความเป็นพิษต่อเซลล์

5. ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของแผ่นแปะไมโครนิตเดิล

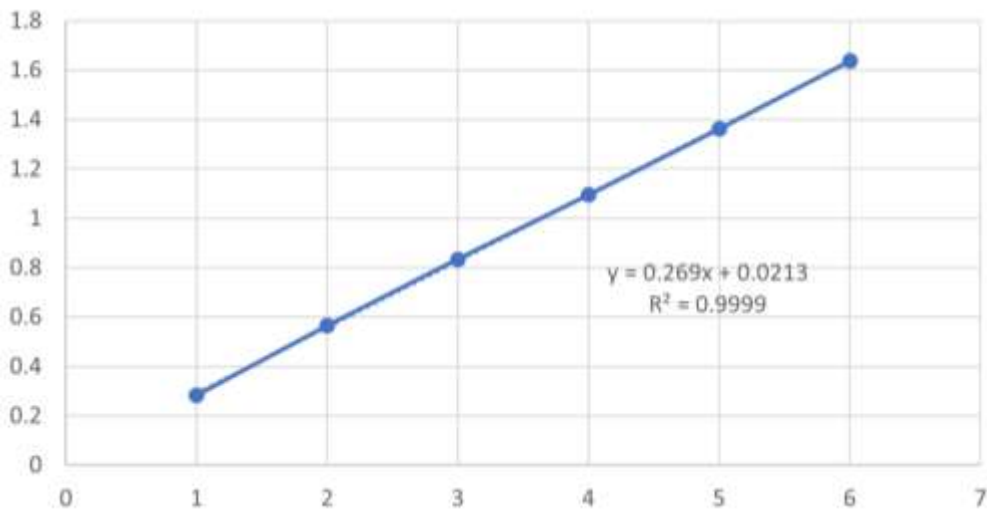
ผลการตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง พบว่า แผ่นแปะไมโครนิตเดิลมีลักษณะทางกายภาพที่ดี ซึ่งมีรูปร่างทรงกรวยปลายแหลมคม เรียงตัวเป็นระเบียบและมีโครงสร้างสมบูรณ์ ไม่พบร่องรอยการแตกร้าวหรือฟองอากาศ แสดงถึงประสิทธิภาพของสารละลายพอลิเมอร์ในการไหลเติมเต็มแม่พิมพ์จากการวัดขนาดเข็ม ($n=10$) พบว่ามีความสูงเฉลี่ย 556.40 ± 28.36 ไมโครเมตร ความกว้างฐานเฉลี่ย 344.80 ± 8.16 ไมโครเมตร และมีเส้นรอบวงเฉลี่ย $1,038.90 \pm 24.24$ ไมโครเมตร โดยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ที่ต่ำ บ่งชี้ว่ากระบวนการผลิตมีความแม่นยำสูง และมีความสม่ำเสมอ นอกจากนี้ เข็มยังมีสัดส่วนความสูงต่อฐานประมาณ 1.61 ซึ่งเป็นสัดส่วนเชิงกลที่เหมาะสม ช่วยให้เข็มมีความแข็งแรงและสามารถแทงทะลุผ่านชั้นซีโคลเพื่อนำส่งสารสำคัญเข้าสู่ผิวหนังได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังภาพที่ 1



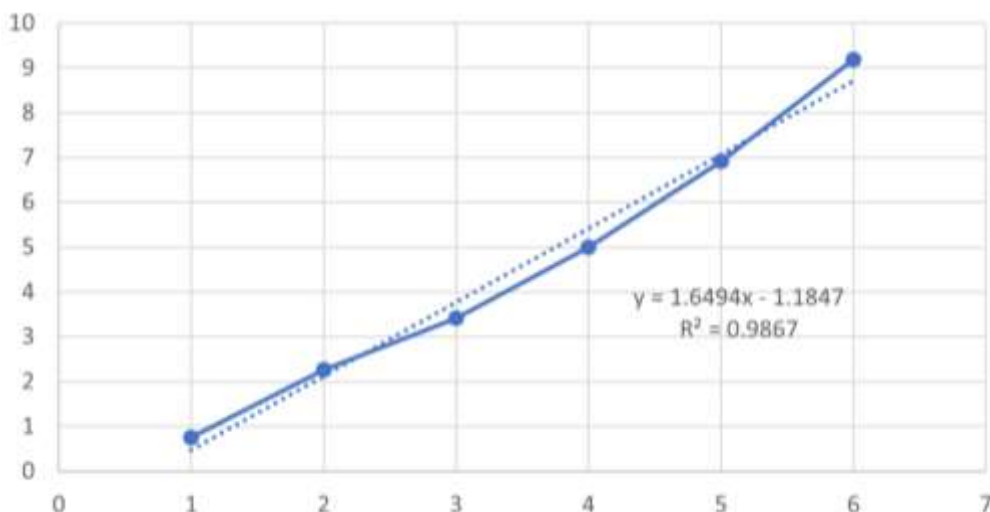
ภาพที่ 1 ลักษณะสัณฐานวิทยาของเข็มไมโครนิตเดิลบรรจุสารสกัดแก่นฝางแดงภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (ก) มุมมองด้านข้าง (ข) มุมมองด้านบน และ (ค) แผ่นแปะไมโครนิตเดิลที่มีสารสกัดแก่นฝางแดง

6. ผลการศึกษาการซึมผ่านและการปลดปล่อยสาร

จากการศึกษาการซึมผ่านด้วยเครื่อง Franz diffusion cell พบว่าพฤติกรรมการปลดปล่อยสารของทั้งสองตำรับมีความสัมพันธ์แบบเส้นตรง (Zero-order kinetics) ดังแสดงใน ภาพที่ 2 และ 3 โดยตำรับเจลมีอัตราการซึมผ่าน (Flux) ที่สูงกว่าแผ่นแปะไมโครนิตเดิล (1.6494 เทียบกับ $0.2690 \mu\text{g/cm}^2/\text{h}$) ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการนำส่งสารในปริมาณที่มากกว่าในช่วงเวลาเดียวกัน อย่างไรก็ตาม แผ่นแปะไมโครนิตเดิลแสดงค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ที่สูงมากถึง 0.9999 ซึ่งสูงกว่าตำรับเจล ($R^2 = 0.9867$) ผลการทดลองนี้บ่งชี้ว่าแผ่นแปะไมโครนิตเดิลมีคุณสมบัติเด่นในการ ควบคุมการปลดปล่อยสารให้คงที่และสม่ำเสมอ ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของระบบนำส่งสารสำคัญผ่านผิวหนังที่มีความแม่นยำสูง



ภาพที่ 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารสำคัญสะสมที่ปลดปล่อยกับเวลาของไมโครนิตเดิล



ภาพที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารสำคัญสะสมที่ซึมผ่านผิวหนังกับเวลาของตำรับเจล

อภิปรายผล

จากการศึกษาวิจัยพบว่าสารสกัดแก่นฝางแดงที่เตรียมด้วยวิธีหมักในเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *C. acnes* ที่เป็นสาเหตุหลักของการเกิดสิว เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ศึกษา พบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ($IC_{50} = 11.05 \mu\text{g/mL}$) และฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย มีความสอดคล้องและส่งเสริมกลไกการรักษาสิรร่วมกัน (Synergistic action) กลไกการเกิดสิวนั้นมักตามมาด้วยภาวะความเครียดออกซิเดชัน (Oxidative stress) จากกระบวนการอักเสบ (Popa et al., 2023) การที่สารสกัดมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงจะช่วยปกป้องเซลล์ผิวหนังจากการถูกทำลายและลดความรุนแรงของการอักเสบลง

ในขณะเดียวกัน สารกลุ่มไฮโดรโพลีฟลาโวนอยด์ (โดยเฉพาะบราซิลิน) ก็จะถูกออกฤทธิ์เชิงกลไกในการทำลายผนังเซลล์ของแบคทีเรีย *C. acnes* ไปพร้อมกัน (Nirmal et al., 2015) ทำให้การรักษาด้วยสารสกัดแก่นฝางแดงมีประสิทธิภาพแบบองค์รวม อีกทั้งผลการทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ผิวหนัง (HaCaT cells) ยังยืนยันความปลอดภัยของสารสกัดในช่วงความเข้มข้นที่ศึกษา ซึ่งเหมาะสมสำหรับการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ใช้ภายนอก

ในด้านการพัฒนาตำรับ เมื่อนำสารสกัดมาขึ้นรูปเป็นแผ่นแปะไมโครนิดเดิล พบว่าสามารถผลิตแผ่นที่มีความคม แข็งแรง และมีรูพรุนสมบูรณ์ ซึ่งช่วยแก้ปัญหาความเหนียวเหนอะหนะของผลิตภัณฑ์รักษาผิวแบบเดิม โดยจากการศึกษาการปลดปล่อยสารผ่านผิวหนังจำลองเปรียบเทียบกับตำรับเจล พบว่าตำรับเจลมีอัตราการซึมผ่าน (Flux) ที่สูงกว่าแผ่นแปะไมโครนิดเดิล (1.6494 เทียบกับ $0.2690 \mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{h}$) ปรากฏการณ์นี้สามารถอธิบายได้ด้วย ผลของความชุ่มชื้นของเจลที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งทำให้ผิวหนังชั้น stratum corneum เกิดการบวมตัวและเปิดช่องว่างระหว่างเซลล์ ส่งผลให้สารซึมผ่านได้รวดเร็วตามทฤษฎีของ Prausnitz and Langer (2008) ซึ่งอัตราการปลดปล่อยที่ต่ำกว่าของไมโครนิดเดิล สะท้อนถึงการปลดปล่อยสารสำคัญอย่างช้าๆ ส่งผลให้ลดจำนวนการใช้ผลิตภัณฑ์ในแต่ละวันให้น้อยลง กล่าวคือ ไม่จำเป็นต้องทาหรือแต้มผิวด้วยเจลบ่อย เมื่อใช้ไมโครนิดเดิลทดแทน อีกทั้ง การที่สารค่อยๆ ปลดปล่อยสามารถลดการระคายเคืองผิวจากการรับสารในความเข้มข้นที่น้อยกว่า อย่างไรก็ตาม การทดลองนี้เป็นการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ที่เป็นการใช้ Dialysis membrane ศึกษาการปลดปล่อยเบื้องต้น หากต้องการพิสูจน์ผลลัพธ์ที่แท้จริงในมนุษย์ ควรมีการทดสอบการใช้ผลิตภัณฑ์ไมโครนิดเดิลจริงในอาสาสมัครผู้มีปัญหาผิว ซึ่งจะเป็นการทดสอบในผิวหนังจริง ซึ่งอาจมีปัจจัยอื่นๆ ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น หนาของผิวหนังที่แตกต่างกันในแต่ละบุคคล จากนั้นนำผิวหนัง เป็นต้น นอกจากนี้ การทดสอบความคงตัวในระยะยาว และ ความเข้มข้นของสารสกัดที่นำมาทดสอบเปรียบเทียบความเข้มข้นต่างๆ ต่อประสิทธิภาพและความคงตัวเป็นสิ่งที่ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมจากการศึกษานี้ เพื่อความสมบูรณ์ของข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ก่อนนำไปต่อยอดเชิงพาณิชย์สำหรับผู้ผลิตเครื่องสำอางที่ต้องการนวัตกรรม หรือ ผู้ผลิตเวชสำอางสมุนไพร

อย่างไรก็ตาม แผ่นแปะไมโครนิดเดิลจะมีอัตราการซึมผ่าน (Flux) ที่ช้ากว่าเจล แต่กลับแสดงพฤติกรรมปลดปล่อยยาแบบควบคุม (Controlled Release) ที่มีความคงที่กว่า โดยมีค่าความเป็นเส้นตรงสูง ($R^2 = 0.9999$) ผลลัพธ์นี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Abdelghany et al. (2019) และงานวิจัยเชิงเปรียบเทียบระบบนำส่งอื่นของ Kumar et al. (2024) พบว่า โครงสร้างพอลิเมอร์เมทริกซ์ของไมโครนิดเดิลจะทำหน้าที่กักเก็บและหน่วงการปลดปล่อยตัวยา (Sustained Release) โดยการเลือกใช้พอลิเมอร์เพื่อการตั้งตำรับไมโครนิดเดิลสามารถออกแบบคุณสมบัติทางกายภาพได้โดยการใช้พอลิเมอร์ต่างชนิด ต่างความเข้มข้น ดังเช่นการศึกษาของ Bonfante et al. (2020) ที่มีการศึกษาพอลิเมอร์ 3 ชนิด (คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส, แอลจินต และกรดไฮยาลูโรนิก) และ ตำรับด้วยพอลิเมอร์นั้น ด้วยความเข้มข้นร้อยละ 1, 3 และ 5 โดยนำหนักในการปลดปล่อยสารสำคัญ เมื่อเปรียบไมโครนิดเดิลกับตำรับเจล สารสำคัญมักถูกปลดปล่อยออกไปในทันที (Burst effect) กลไกการค่อยๆ ปลดปล่อยนี้มีข้อดีอย่างยิ่งในการรักษาระดับสารออกฤทธิ์ให้คงที่ต่อเนื่องบริเวณผิว และลดความเสี่ยงของการระคายเคืองผิวหนังจากการได้รับสารในความเข้มข้นที่สูงเกินไป

คราวเดียว ดังนั้น นวัตกรรมแผ่นแปะไมโครนิตเดิลสารสกัดแก่นฝางแดงจึงเป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ การปลดปล่อยสารสำคัญของแผ่นแปะไมโครนิตเดิลขึ้นอยู่กับชนิดสารที่เป็นสารออกฤทธิ์ ดังผลการทดลองในงานวิจัยของ Abdelghany et al. (2019) ที่มีการเปรียบเทียบการนำส่งของแผ่นแปะไมโครนิตเดิลที่มีเคอร์คูมิน รูปแบบแขวนตะกอนนาโน เปรียบเทียบกับ ผงเคอร์คูมิน พบว่าร้อยละการปลดปล่อยของเคอร์คูมินในแผ่นแปะไมโครนิตเดิลมีร้อยละการปลดปล่อยที่สูงกว่า ดังนั้น นวัตกรรมแผ่นแปะไมโครนิตเดิลสารสกัดแก่นฝางแดงจึงเป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพ ช่วยนำส่งสารสำคัญเข้าสู่เป้าหมายได้โดยตรงและเพิ่มความสะดวกในการใช้งาน แก่ผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ได้ดียิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร สำหรับการสนับสนุนเครื่อง Franz diffusion cell พร้อมเครื่องเก็บตัวอย่างอัตโนมัติ และขอขอบพระคุณ บริษัท เมดิทอป จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์จัดส่งผู้เชี่ยวชาญมาฝึกสอนการใช้งานเครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้

References

- Abdelghany, S., Tekko, I. A., Vora, L., Larrañeta, E., Permana, A. D., and Donnelly, R. F. (2019). Nanosuspension-Based Dissolving Microneedle Arrays for Intradermal Delivery of Curcumin. *Pharmaceutics*, 11(7), 308. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics11070308>
- Batubara, I., Mitsunaga, T., and Ohashi, H. (2009). Screening antiacne potency of Indonesian medicinal plants: Antibacterial, lipase inhibition, and antioxidant activities. *Journal of Wood Science*, 55(3), 230-235. <https://doi.org/10.1007/s10086-008-1021-1>
- Batubara, I., Mitsunaga, T., and Ohashi, H. (2010). Brazilin from *Caesalpinia sappan* wood as an antiacne agent. *Journal of Wood Science*, 56(1), 77-81. <https://doi.org/10.1007/s10086-009-1046-0>
- Bonfante, G., Lee, H., Bao, L., Park, J., Takama, N., and Kim, B. (2020). Comparison of polymers to enhance mechanical properties of microneedles for bio-medical applications. *Micro and Nano Systems Letters*, 8(1), 13.
- Chalermthiralert, S., Sukjoi, W., Thonglem, S., and Lahpun, N. (2026). Formulation of Broad-Spectrum Ultraviolet Protection and Reef-Friendly Sunscreen Containing Perilla Seed Extract. *Cosmetics*, 13(3), 126. <https://doi.org/10.3390/cosmetics13030126>
- Donnelly, R. F., Singh, T. R. R., and Woolfson, A. D. (2010). Microneedle-based drug delivery systems: Microfabrication, drug delivery, and safety. *Drug Delivery*, 17(4), 187-207. <https://doi.org/10.3109/10717541003667798>
- Dréno, B., Pécastaings, S., Corvec, S., Veraldi, S., Khammari, A., and Roques, C. (2018). *Cutibacterium acnes* (*Propionibacterium acnes*) and acne vulgaris: A brief look at the latest updates. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, 32, 5-14. <https://doi.org/10.1111/jdv.15043>
- Hartiadi, L. Y., and Sahamastuti, A. A. T. (2020). Protective effect of *Caesalpinia sappan* L. extract against H₂O₂-induced oxidative stress on HaCaT and its formulation as antioxidant cream. *Journal of Research in Pharmacy*, 24(4), 508-517. <https://doi.org/10.35333/jrp.2020.199>
- Kumar, M., Pannu, S., Singh, S., Mahmood, S., and Bhatia, A. (2024). A Comparison Study Using Microneedle, Transdermal Gel, and Tape Strip-Based Delivery of Caffeine Infused with Chemical Enhancers: Characterizations and Ex-vivo Study. *Pharmaceutical Chemistry Journal*, 58(4), 568-577.

- Nirmal, N. P., and Panichayupakaranant, P. (2015). Antioxidant, antibacterial, and anti-inflammatory activities of standardized brazilin-rich *Caesalpinia sappan* extract. *Pharmaceutical Biology*, 53(9), 1339-1343. <https://doi.org/10.3109/13880209.2014.982295>
- Nirmal, N. P., Rajput, M. S., Prasad, R. G., and Ahmad, M. (2015). Brazilin from *Caesalpinia sappan* heartwood and its pharmacological activities: A review. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 8(6), 421-430. <https://doi.org/10.1016/j.apjtm.2015.05.014>
- Oh, N. G., Hwang, S. Y., and Na, Y. H. (2022). Fabrication of a PVA-based hydrogel microneedle patch. *ACS Omega*, 7(29), 25179-25185. <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c01993>
- Popa, G. L., Mitran, C. I., Mitran, M. I., Tampa, M., Matei, C., Popa, M. I., and Georgescu, S. R. (2023). Markers of Oxidative Stress in Patients with Acne: A Literature Review. *Life*, 13(7), 1433. <https://doi.org/10.3390/life13071433>
- Prausnitz, M. R., and Langer, R. (2008). Transdermal drug delivery. *Nature Biotechnology*, 26(11), 1261-1268. <https://doi.org/10.1038/nbt.1504>
- Prausnitz, M. R. (2017). Engineering microneedle patches for vaccination and drug delivery to skin. *Annual review of chemical and biomolecular engineering*, 8, 177-200. <https://doi.org/10.1146/annurev-chembioeng-060816-101514>
- Ryall, C., Chen, S., Duarah, S., and Wen, J. (2022). Chitosan-based microneedle arrays for dermal delivery of *Centella asiatica*. *International journal of pharmaceutics*, 627, 122221.
- Saepang, K., Imon, N., Plangsorn, S., Khuanrupsuan, T., Buranrat, B., Pitaksuteepong, T., and Boontha, S. (2024). Enhanced transdermal delivery of rhein *in vitro* using a dissolving microneedle patch. *Natural and Life Sciences Communications*, 4. <https://doi.org/10.12982/NLSC.2024.051>
- Warinhomhaun, S., Sritularak, B., and Charnvanich, D. (2018). A simple high-performance liquid chromatographic method for quantitative analysis of brazilin in *Caesalpinia sappan* L. extracts. *The Thai Journal of Pharmaceutical Sciences*, 42(4), 208-213. <http://www.tjps.pharm.chula.ac.th/ojs/index.php/tjps/article/view/747> [In Thai].
- Zouboulis, C. C., Jourdan, E., and Picardo, M. (2014). Acne is an inflammatory disease and alterations of sebum composition initiate acne lesions. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, 28(5), 527-532. <https://doi.org/10.1111/jdv.12298>



คำแนะนำสำหรับผู้ส่งบทความ

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรมีวัตถุประสงค์เพื่อตีพิมพ์ผลงานวิจัย ผลงานสร้างสรรค์ และผลงานวิชาการ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่ ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา คณิตศาสตร์ วิทยาการคอมพิวเตอร์ วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วิทยาศาสตร์การอาหาร เทคโนโลยีการเกษตร วิทยาศาสตร์ประยุกต์และเทคโนโลยี สาธารณสุข เทคโนโลยีอุตสาหกรรม และอุตสาหกรรมศึกษา เผยแพร่แก่นักวิชาการและบุคคลทั่วไป ปีละ 2 ฉบับ บทความที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารจะต้องผ่านการตรวจพิจารณาจากกองบรรณาธิการ และผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน/บทความ โดยใช้การ Peer-review เป็นแบบ double blinded หากมีความเห็นว่าจะต้องมีการปรับแก้ไขทางกองบรรณาธิการจะส่งคืนเพื่อแก้ไขและขอสงวนสิทธิ์การพิจารณาไม่ลงพิมพ์เมื่อไม่ผ่านการพิจารณา (ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิที่ตรวจพิจารณาบทความจะไม่อยู่ในสังกัดเดียวกันกับผู้แต่ง) สำหรับการเรียกเก็บค่าธรรมเนียมการตีพิมพ์บทความ จำนวน 4,500 บาท/เรื่อง ทางวารสารจะเรียกเก็บค่าธรรมเนียมในขั้นตอน Peer Review ผู้ที่มีความประสงค์จะส่งบทความเพื่อรับการพิจารณาตีพิมพ์ให้ปฏิบัติตามข้อแนะนำ ดังต่อไปนี้

การส่งต้นฉบับและการพิมพ์บทความ

หลักเกณฑ์การส่งต้นฉบับและการพิมพ์บทความ

1. ต้นฉบับต้องพิมพ์ตามรูปแบบและข้อแนะนำในการเขียนบทความของวารสารนี้เท่านั้น
2. ต้นฉบับที่ส่งมาให้พิจารณาจะตีพิมพ์จะต้องไม่เคยตีพิมพ์ในวารสารฉบับอื่นมาก่อน และจะต้องไม่ส่งตีพิมพ์ซ้ำซ้อนในวารสารหลายฉบับในเวลาเดียวกัน
3. การตีพิมพ์บทความลงในวารสาร จะเรียงตามลำดับก่อนหลังตามวันที่ได้รับเรื่อง
4. กองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์ในการพิจารณาและตีพิมพ์บทความทุกเรื่องรวมทั้งการปรับปรุงบทความบางส่วนตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิที่เป็นผู้อ่านบทความ
5. กรณีเป็นบทความวิจัยหรือบทความวิชาการของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร กองบรรณาธิการจะคัดเลือกบทความที่นักศึกษาส่งซึ่งอาจไม่ได้ตีพิมพ์ทุกบทความ
6. บทความที่ตีพิมพ์ลงในวารสาร ถือว่าเป็นผลงานทางวิชาการหรืองานวิจัยของคณะผู้เขียนไม่ใช่ความคิดเห็นของกองบรรณาธิการ ผู้เขียนและคณะต้องรับผิดชอบตอบบทความของตน
7. บทความที่ได้ผ่านการพิจารณาแล้ว ทางกองบรรณาธิการจะแจ้งผลการพิจารณาให้ทราบเป็นลายลักษณ์อักษร

การส่งต้นฉบับ

ส่งต้นฉบับเอกสารพร้อมไฟล์ข้อมูลมาที่ http://research.kpru.ac.th/old/journal_science/ และสามารถสอบถามรายละเอียดได้ที่ สถาบันวิจัยและพัฒนา อาคาร 1 ชั้น 2 มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ตำบลนครชุม อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร 62000 โทรศัพท์ 0 5572 1879, 0 5572 2500 ต่อ 1760 หรือนายทวิช ปิ่นวิเศษ โทรศัพท์ 08 4593 9223



วารสาร “สักทอง: วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี” สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
The Golden Teak: Science and Technology Journal Research and Development Institute, KPRU

รูปแบบการพิมพ์บทความ

1. ให้พิมพ์ลงบนกระดาษ ตั้งค่ากระดาษเป็น B5 (JIS) โดยจำนวนหน้าของเนื้อหาและเอกสารอ้างอิง รวมทั้งสิ้นไม่เกิน 10 หน้า ใช้ตัวอักษร TH Sarabun PSK และแต่ละหน้าไม่เกิน 30 บรรทัด

2. ข้อปฏิบัติการพิมพ์แต่ละหัวข้อ/ส่วนประกอบ มีดังนี้

ที่	หัวข้อ/ส่วนประกอบ	คำอธิบาย
1	ชื่อบทความ	ระบุชื่อบทความทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ขนาดตัวอักษร 16 พอยท์ ตัวหนา ว่างกึ่งกลางหน้ากระดาษ
2	ชื่อผู้เขียนบทความ	ระบุชื่อผู้วิจัย, ผู้ร่วมวิจัย (ถ้ามี), อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์, กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ทุกคนทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ใช้ขนาดตัวอักษร 14 พอยท์ ตัวหนา ว่างกึ่งกลางหน้ากระดาษ
3	สังกัดผู้เขียนบทความ	ระบุวุฒิการศึกษา ชื่อสถาบันการศึกษา ตำแหน่งทางวิชาการ หน่วยงานที่สังกัดทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ใช้ขนาดตัวอักษร 12 พอยท์ ว่างที่เชิงอรรถท้ายหน้า
4	บทคัดย่อ (Abstract)	บทคัดย่อมีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ เนื้อหาของบทคัดย่อไม่เกิน 10 บรรทัดและภาษาอังกฤษ ไม่เกิน 300 คำ เป็นการเขียนข้อสรุปหลักของผลการวิจัยทั้งหมดแบบสรุป กระชับ และได้ใจความ ประกอบด้วย วัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีดำเนินการวิจัย ผลการวิจัย ใช้ขนาดตัวอักษร 14 พอยท์
5	คำสำคัญ (Keywords)	ระบุคำสำคัญ 2-5 คำทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ว่างท้ายบทคัดย่อ ใช้ขนาดตัวอักษร 14 พอยท์
6	เนื้อหา (Content)	ทุกหัวข้อ ใช้ขนาดตัวอักษร 14 พอยท์ ตัวหนา วางไว้ชิดขอบซ้าย ส่วนรายละเอียด ใช้ขนาดตัวอักษร 14 พอยท์ ประกอบด้วย 1. บทนำ (Introduction) เขียนแสดงที่มาและความสำคัญของปัญหา แนวคิดและทฤษฎี วัตถุประสงค์ ไม่ควรคัดลอกข้อความเนื้อหาของเอกสารอื่นมาอ้างอิงทั้งข้อความ และไม่ควรรีใช้เอกสารอ้างอิงที่เกิน 10 ปี 2. วิธีดำเนินการวิจัย (Objectives) อธิบายเกี่ยวกับประชากรและกลุ่มตัวอย่างหรือแหล่งข้อมูล เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลโดยเขียนให้กระชับและชัดเจน



(ต่อ)

ที่	หัวข้อ/ส่วนประกอบ	คำอธิบาย						
	เนื้อหา (Content) (ต่อ)	3. ผลการวิจัย (Conclusion) รายงานผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ ควรมีตารางและภาพประกอบได้ ใช้คำที่เข้าใจง่าย และชัดเจน ไม่ซ้ำซ้อน ภาพเป็นไฟล์ .JPEG 4. อภิปรายผล (Discussion) วิเคราะห์ผลการวิจัยเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามหลักวิชาการ อาจมีข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในอนาคตและแนวทางการนำไปใช้ประโยชน์ 5. บทสรุป สรุปประเด็นที่พบและประเด็นการศึกษาและหากเป็นบทความวิชาการจะมี 3 หัวข้อ คือ บทนำ เนื้อหา และการอ้างอิงแหล่งสารสนเทศ และสรุป						
7	กิตติกรรมประกาศ	ควรมีเพื่อแสดงคำขอบคุณ สำหรับแหล่งทุนสนับสนุนหรือผู้ช่วยเหลืองานวิจัยและเตรียมเอกสาร						
8	รูปภาพ ตาราง และสมการ (ถ้ามี)	รูปภาพ คำอธิบายรูปภาพให้พิมพ์ไว้ใต้รูปภาพและอยู่กึ่งกลางคอลัมน์หรือกึ่งหน้ากระดาษ หากรูปภาพแบ่งเป็น 2 ส่วน ให้มีการระบุคำอธิบายของแต่ละส่วน โดยใช้ตัวอักษรในการวงเล็บเรียงลำดับ เช่น (ก) (ข) หรือ (A) (B) ตัวอย่างรูปภาพ  ภาพที่ 1  (ก)  (ข) ภาพที่ 2 ตาราง ตารางที่แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลใช้ตารางแบบเส้นคู่เปิด-ปิดตาราง ดังตัวอย่าง ตารางที่ 1 <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>A</th><th>B</th><th>C</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> </tbody> </table>	A	B	C	1	2	3
A	B	C						
1	2	3						



(ต่อ)

ที่	หัวข้อ/ส่วนประกอบ	คำอธิบาย
		การระบุหมายเลขลำดับรูปภาพและตารางในบทความควรระบุเป็นภาพที่ และตารางที่ เช่น ภาพที่ 1 และตารางที่ 1 สมการ การเขียนสมการให้เขียนไว้กลางคอลัมน์ เว้นบรรทัดบนและล่างอย่างละ 1 บรรทัดและมีการระบุลำดับของสมการโดยใช้ตัวเลขที่พิมพ์อยู่ในวงเล็บ เช่น (1) (2) ตำแหน่งของหมายเลขสมการจะต้องอยู่ชิดด้านขวาของคอลัมน์ ดังตัวอย่าง $A + B = C \quad (1)$
9	การอ้างอิงในเนื้อหา	ลงรายการ (ชื่อผู้แต่ง, ปี) ตามรูปแบบที่กำหนดไว้ในวารสารนี้ (ยึดรูปแบบ APA 7 th edition)
10	เอกสารอ้างอิง (References)	การอ้างอิงในเนื้อหาทุกรายการต้องนำไปใส่ไว้ในเอกสารอ้างอิงท้ายบทความในรูปแบบการลงรายการบรรณานุกรมที่กำหนดไว้ในวารสารนี้ (ยึดรูปแบบ APA 7 th edition)

รูปแบบการเขียนอ้างอิงของวารสาร “สัททอง”

การเขียนเอกสารอ้างอิง (References) ใช้ตามแบบ American Psychological Association (APA, 7th edition) เอกสารอ้างอิงท้ายบทความ (References) ทุกรายการต้องมีการอ้างอิงหรือกล่าวถึงอยู่ในเนื้อหาของบทความ (In-Text Citation) ผู้พิมพ์ต้องตรวจสอบข้อมูลของเอกสารที่นำมาอ้างอิงนั้นจะต้องปรากฏอยู่ทั้ง 2 แห่ง และมีความถูกต้องตรงกันทั้งการสะกดชื่อผู้แต่ง และเลขปีที่พิมพ์ (ไม่แนะนำให้นำข้อมูลการอ้างอิงไปใส่ไว้ใน Google Translate เพราะอาจจะทำให้การสะกดชื่อผู้แต่งผิด) (นิพนธ์ ราชวุฒิ, 2568) สามารถเขียนได้ตามรูปแบบต่างๆ ดังนี้



วารสาร “สักทอง: วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี” สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

The Golden Teak: Science and Technology Journal Research and Development Institute, KPRU

การอ้างอิงแทรกในเนื้อหา (วารสารมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, ม.ป.ป.)

การอ้างอิงแทรกในเนื้อหา มี 2 รูปแบบ คือ หน้าข้อความ และ หลังข้อความ ดังนี้

ผู้เขียน 1 คน

รูปแบบการอ้างอิงแทรกในเนื้อหาอยู่หน้าข้อความ

ภาษาไทย

ชื่อ นามสกุล (ปีที่พิมพ์)

ตัวอย่าง

ทวิช ปิ่นวิเศษ (2568) กล่าวว่า.....

สอดคล้องกับงานวิจัยของ ทวิช ปิ่นวิเศษ (2568) ว่า.....

ภาษาอังกฤษ

Last Name (Year)

ตัวอย่าง

Pinwiset (2025) Said that.....

consistent in studies by Pinwiset (2025) that.....

รูปแบบการอ้างอิงแทรกในเนื้อหาอยู่หลังข้อความ

ภาษาไทย

(ชื่อ นามสกุล, ปีที่พิมพ์)

ตัวอย่าง

มีสัดส่วนประชากรผู้สูงอายุร้อยละ 30 (ทวิช ปิ่นวิเศษ, 2568) ของประเทศ

ภาษาอังกฤษ

(Last Name, Year)

ตัวอย่าง

Central America to the southern USA (Pinwiset, 2025).

ผู้เขียน 2 คน

รูปแบบการอ้างอิงแทรกในเนื้อหาอยู่หน้าข้อความ

ภาษาไทย

ชื่อ นามสกุล1 และ ชื่อ นามสกุล2 (ปีที่พิมพ์)

ตัวอย่าง

ทวิช ปิ่นวิเศษ และสมหญิง สมชา (2568) กล่าวว่า.....

สอดคล้องกับงานวิจัยของ ทวิช ปิ่นวิเศษ และสมหญิง สมชา (2568) ว่า.....



วารสาร “สักทอง: วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี” สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
The Golden Teak: Science and Technology Journal Research and Development Institute, KPRU

ภาษาอังกฤษ

Last Name1 and Last Name2 (Year)

ตัวอย่าง

Pinwiset and Somcha (2025) Said that.....

consistent in studies by Pinwiset and Somcha (2025) that.....

รูปแบบการอ้างอิงแทรกในเนื้อหาอยู่หลังข้อความ

ภาษาไทย

(ชื่อ นามสกุล1 และ ชื่อ นามสกุล2, ปีที่พิมพ์)

ตัวอย่าง

มีสัดส่วนประชากรผู้สูงอายุร้อยละ 30 (ทวิช ปิ่นวิเศษ และสมณัฐ สมชา, 2568)

ภาษาอังกฤษ

(Last Name1 and Last Name2, Year)

ตัวอย่าง

Central America to the southern USA (Pinwiset and Somcha, 2025).

ผู้เขียน 3 คนขึ้นไป

รูปแบบการอ้างอิงแทรกในเนื้อหาอยู่หน้าข้อความ

ภาษาไทย

ชื่อ นามสกุล และคณะ (ปีที่พิมพ์)

ตัวอย่าง

ทวิช ปิ่นวิเศษ และคณะ (2568) กล่าวว่า.....

สอดคล้องกับงานวิจัยของ ทวิช ปิ่นวิเศษ และคณะ (2568) ว่า.....

ภาษาอังกฤษ

Last Name et al., (Year)

ตัวอย่าง

Pinwiset et al. (2025) said that.....

consistent in studies by Pinwiset et al. (2025) that.....

รูปแบบการอ้างอิงแทรกในเนื้อหาอยู่หลังข้อความ

ภาษาไทย

(ชื่อ นามสกุล และคณะ, ปีที่พิมพ์)

ตัวอย่าง

มีสัดส่วนประชากรผู้สูงอายุร้อยละ 30 (ทวิช ปิ่นวิเศษ และคณะ, 2568)



วารสาร “สักทอง: วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี” สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
The Golden Teak: Science and Technology Journal Research and Development Institute, KPRU

ภาษาอังกฤษ

(Last Name et al, Year)

ตัวอย่าง

Central America to the southern USA (Pinwiset et al., 2025).

การอ้างอิง (References)

ผู้เขียน 1 คน

ชื่อ นามสกุล. (ปีที่พิมพ์). *ชื่อเรื่อง* (พิมพ์ครั้งที่ถ้ามี). สำนักพิมพ์.

Author, A. A. (Year). *Title of the book* (2nd ed.). Publisher. [In Thai]

ผู้เขียน 2 คน

ชื่อ นามสกุล1, และ ชื่อ นามสกุล2. (ปีที่พิมพ์). *ชื่อเรื่อง* (พิมพ์ครั้งที่ถ้ามี). สำนักพิมพ์.

Author, A. A.1, and Author, B. B.2 (Year). *Title of the book* (2nd ed.). Publisher.

[In Thai]

ผู้เขียน 3 คนขึ้นไป (ใส่ชื่อครบทุกคน)

ชื่อ นามสกุล1, ชื่อ นามสกุล2, 3, 4, 5, 6, และชื่อ นามสกุล7. (ปีที่พิมพ์). *ชื่อเรื่อง* (พิมพ์ครั้งที่ถ้ามี). สำนักพิมพ์.

Author, A. A.1, Author, B. B.2, 3, 4, 5, 6., and Author, G. G. (Year). *Title of the book* (2nd ed.). Publisher. [In Thai]

1. หนังสือ (Book) (นิพนธ์ ราชวุฒิ, 2568)

ภาษาไทย

ชื่อ/สกุลผู้แต่ง./ (ปีพิมพ์)./ *ชื่อเรื่อง*./ (พิมพ์ครั้งที่ ถ้ามี)*./ สำนักพิมพ์.

ภาษาอังกฤษ

สกุลผู้แต่ง./ อักษรย่อชื่อต้น./ อักษรย่อชื่อกลาง (ถ้ามี)./ (ปีพิมพ์)./ *ชื่อเรื่อง*./ (พิมพ์ครั้งที่ถ้ามี)*./
ชื่อสำนักพิมพ์.

***กรณีหนังสือจัดพิมพ์ครั้งที่ 1 ไม่ต้องระบุครั้งที่พิมพ์**

ตัวอย่าง

เกษณพงศ์ กิริติกร. (2552). *วิกฤติ กระบวนทัศน์ มโนทัศน์ เพื่อการปฏิรูปการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 2).

สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา.

Kotler, P., and Armstrong, G. (2004). *Principles of marketing* (10th ed). Pearson Prentice Hall.



วารสาร “สัททอง: วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี” สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
The Golden Teak: Science and Technology Journal Research and Development Institute, KPRU

2. หนังสือแปล (รูปแบบเล่ม)

ภาษาไทย

สกุลผู้แต่ง./อักษรย่อชื่อต้น./อักษรย่อชื่อกกลาง (ถ้ามี)./(ปีพิมพ์)./ชื่อหนังสือภาษาต้นฉบับ/[ชื่อหนังสือภาษาไทย]/(ชื่อ/สกุลผู้แปล, ผู้แปล;/พิมพ์ครั้งที่ (ถ้ามี))./ชื่อสำนักพิมพ์.

ภาษาอังกฤษ

สกุลผู้แต่ง./อักษรย่อชื่อต้น./อักษรย่อชื่อกกลาง (ถ้ามี)./(ปีพิมพ์)./ชื่อหนังสือภาษาต้นฉบับ/[ชื่อหนังสือภาษาอังกฤษ]/(ชื่อ/สกุลผู้แปล, ผู้แปล;/พิมพ์ครั้งที่ (ถ้ามี))./ชื่อสำนักพิมพ์.

ตัวอย่าง

วากเนอร์, ที. (2561). *Creating innovators* [คู่มือสร้างนักนวัตกรรมเปลี่ยนโลก] (ดลพร รุจิรวงศ์, ผู้แปล). บุ๊คสเป็ค.

3. บทความวารสาร (รูปแบบเล่ม)

ภาษาไทย

ชื่อ/สกุลผู้แต่ง./ (ปีพิมพ์)./ชื่อบทความ./ชื่อวารสาร./เลขปีที่(เลขฉบับที่)/เลขหน้าเริ่มต้น-สิ้นสุด.

ภาษาอังกฤษ

สกุลผู้แต่ง./อักษรย่อชื่อต้น./อักษรย่อชื่อกกลาง (ถ้ามี)./(ปีพิมพ์)./ชื่อบทความ./ชื่อวารสาร./เลขปีที่(เลขฉบับที่)/เลขหน้าเริ่มต้น-สิ้นสุด.

ตัวอย่าง

บุญจิรา ท่าหลวง, และศิริพร ปัญญาเมธีกุล. (2565). บทสนทนาตลกที่พบในรายการ “แฉ”:

การวิเคราะห์ บทสนทนา. *วารสารศรีนครินทรวิโรฒวิจัยและพัฒนา (สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์)*, 14(28), 44-55.

Thaluang, B., and Panyametheekul, S. (2022). Conversational joking in the thai tv show “chae”: Conversational analysis. *Srinakharinwirot Research and Development (Journal of Humanities and Social Sciences)*, 14(28), 44-55.

4. เอกสารประกอบการประชุม/การประชุมทางวิชาการที่ไม่มี Proceeding (Symposium)

ภาษาไทย

ชื่อ/สกุลผู้แต่ง./ (ปีพิมพ์./วันที่/เดือน)./ชื่อเรื่องที่นำเสนอ./ใน/ชื่อ/สกุล/(ประธาน), ชื่อหัวข้อการประชุม/[การสัมมนา]./ชื่องานที่จัดการประชุม./สถานที่ประชุม.

ภาษาอังกฤษ

สกุลผู้แต่ง./อักษรย่อชื่อต้น./อักษรย่อชื่อกกลาง (ถ้ามี)./(ปีพิมพ์./เดือน./วันที่)./ชื่อเรื่องที่นำเสนอ./In/อักษรชื่อย่อ/สกุล/(Chair), ชื่อหัวข้อการประชุม/[Symposium]./ชื่องานที่จัดการประชุม./สถานที่ประชุม.



วารสาร “สักทอง: วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี” สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
The Golden Teak: Science and Technology Journal Research and Development Institute, KPRU

ตัวอย่าง

พิชิต ตรีวิทยรัตน์. (2556, 23-25 มิถุนายน). นวัตกรรมจัดการเรียนการสอนระบบอิเล็กทรอนิกส์แบบ
จุดเดียว เบ็ดเสร็จ. ใน ศศิธรา พิชัยชาญณรงค์ (ประธาน), *การศึกษาเพื่ออนาคตประเทศไทย*
[การสัมมนา]. การประชุมทางวิชาการการวิจัยทางการศึกษาระดับชาติ ครั้งที่ 15, ณ โรงแรม
เซ็นทาราแกรนด์ และบางกอกคอนเวนชันเซ็นเตอร์ เซ็นทรัลเวิลด์, กรุงเทพฯ: สำนักงาน
เลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ.

De Boer, D., and LaFavor, T. (2018, April 26-29). The art and significance of successfully
identifying resilient individuals: A person-focused approach. In A. M. Schmidt, and
A. Kryvanos (Chairs), *Perspectives on Resilience: Conceptualization,
Measurement, and Enhancement* [Symposium]. Western Psychological
Association 98th Annual Convention, Portland, OR, United States.

5. เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการที่มี Proceedings (รูปแบบเล่มหนังสือ)

ภาษาไทย

ชื่อ/สกุลผู้แต่ง./ (ปีพิมพ์)./ชื่อบทความ./ใน/ชื่อบรรณาธิการ/(บ.ก.)./ชื่อหัวข้อการประชุม./ชื่องานที่
จัดการประชุม/(หน้า./เลขหน้าเริ่มต้น-สิ้นสุด)./ชื่อผู้จัดพิมพ์. (ถ้ามี)/ชื่อฐานข้อมูล.
<https://doi.org/> เลข DOI หรือ URL (ถ้ามี)

ภาษาอังกฤษ

สกุลผู้แต่ง./อักษรย่อชื่อต้น./อักษรย่อชื่อกลาง (ถ้ามี)./ (ปีพิมพ์)./ชื่อบทความ./In/ชื่อบรรณาธิการ/(Ed.
หรือ Eds.)./ชื่อหัวข้อการประชุม./ชื่องานที่จัดการประชุม/(pp./เลขหน้าเริ่มต้น-สิ้นสุด)./ชื่อผู้
จัดพิมพ์. (ถ้ามี)/ชื่อฐานข้อมูล./<https://doi.org/>เลข DOI หรือ URL (ถ้ามี)

(กรณี มีเลข DOI หรือ URL ให้เติมต่อท้ายจากชื่อฐานข้อมูล เช่น ชื่อฐานข้อมูล./<https://doi.org/>เลข DOI)

ตัวอย่าง

รัตนพร จิตรนพรัตน์. (2565). การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อบริหารจัดการวิจัยของฝ่ายบริหารจัดการ
วิจัย สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย. ใน ธนาธิป สุ่มอิม (บ.ก.), *รวมพลังสร้างสรรค์
เครือข่ายการวิจัยและนวัตกรรมอุดมศึกษาไทยเพื่อการสร้างเสริมพลังสังคมสู่รากแก้วของ
แผ่นดิน. การประชุมวิชาการระดับชาติเครือข่ายวิจัยสถาบันอุดมศึกษาทั่วประเทศ ครั้งที่ 15*
(หน้า 341-350). สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

Karapetyan, D., Parkes, A. J., and Stützle T. (2018). Algorithm configuration: Learning
policies for the quick termination of poor performers. In R. Battiti, M. Brunato, I.
Kotsireas, and P. Pardalos (Eds.), *Lecture Notes in Computer Science: (LNTCS,
Volume 11353). Learning and Intelligent Optimization* (pp. 220-224). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-05348-2_20



วารสาร “สักทอง: วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี” สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
The Golden Teak: Science and Technology Journal Research and Development Institute, KPRU

6. วิทยานิพนธ์/ปริญญาานิพนธ์

วิทยานิพนธ์/ปริญญาานิพนธ์ (รูปแบบเล่ม ไม่ได้ตีพิมพ์)

ภาษาไทย

ชื่อ/สกุลผู้แต่ง./ (ปีพิมพ์)/ชื่อวิทยานิพนธ์/[วิทยานิพนธ์ปริญญาคุณวุฒิปริญญาตรี ไม่ได้ตีพิมพ์ หรือ วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท ไม่ได้ตีพิมพ์]/ชื่อมหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

สกุลผู้แต่ง./อักษรย่อชื่อต้น./อักษรย่อชื่อกลาง (ถ้ามี)/ (ปีพิมพ์)/ชื่อวิทยานิพนธ์/[Unpublished doctoral dissertation หรือ Unpublished master's thesis]/ชื่อมหาวิทยาลัย.

ตัวอย่าง

ชัยวัฒน์ พันธุ์วัฒนสกุล. (2558). ปัจจัยทุกระดับที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการศึกษาของนักศึกษา การศึกษานอกระบบในเขตปริมณฑลของกรุงเทพมหานคร [วิทยานิพนธ์ปริญญาคุณวุฒิปริญญาตรี ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

Panwatanasakul, C. (2015). *Multilevel factors affecting the academic achievement of non-formal students graduates in the bangkok vicinity* [Unpublished doctoral dissertation]. Srinakharinwirot University.

วิทยานิพนธ์/ปริญญาานิพนธ์ (จากเว็บไซต์/จากฐานข้อมูลที่ไม่ใช่เชิงพาณิชย์)

ภาษาไทย

ชื่อ/สกุลผู้แต่ง./ (ปีพิมพ์)/ชื่อวิทยานิพนธ์/[วิทยานิพนธ์ปริญญาคุณวุฒิปริญญาตรี หรือ วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ไม่ได้ตีพิมพ์, ชื่อมหาวิทยาลัย]/ชื่อเว็บไซต์./URL

ภาษาอังกฤษ

สกุลผู้แต่ง./อักษรย่อชื่อต้น./อักษรย่อชื่อกลาง (ถ้ามี)/ (ปีพิมพ์)/ชื่อวิทยานิพนธ์/[Doctoral dissertation หรือ Master's thesis, ชื่อมหาวิทยาลัย]/ชื่อเว็บไซต์./URL

ตัวอย่าง

พัฒนจิตา กนกพงษ์เสถียร. (2565). โมเดลสมรรถนะการบริหารคุณภาพของผู้บริหารสถานศึกษาขั้นพื้นฐานในการประกันคุณภาพการศึกษา [วิทยานิพนธ์ปริญญาคุณวุฒิปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ]. iThesis มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. <http://ir-ithesis.swu.ac.th/dspace/handle/123456789/1630>

Kanokphongsathian, P. (2022). *Model of quality management competency for basic school directors in educational quality assurance* [Doctoral dissertation, Srinakharinwirot University]. iThesis Srinakharinwirot University. <http://ir-ithesis.swu.ac.th/dspace/handle/123456789/1630>



วารสาร “สักทอง: วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี” สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
The Golden Teak: Science and Technology Journal Research and Development Institute, KPRU

วิทยานิพนธ์/ปริญญาานิพนธ์ (จากฐานข้อมูลเชิงพาณิชย์)

ภาษาไทย

ชื่อ/สกุลผู้แต่ง./ (ปีพิมพ์)./ชื่อวิทยานิพนธ์/(หมายเลข ProQuest หรือ หมายเลข UMI หรือ หมายเลข สิ่งพิมพ์)/[วิทยานิพนธ์ปริญญาตรีบัณฑิต หรือ วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต, ชื่อ มหาวิทยาลัย]./ชื่อฐานข้อมูล.

ภาษาอังกฤษ

สกุลผู้แต่ง./อักษรย่อชื่อต้น./อักษรย่อชื่อกลาง (ถ้ามี)./(ปีพิมพ์)./ชื่อวิทยานิพนธ์/(ProQuest No. หรือ UMI No. หรือ Publication No.)/[Doctoral dissertation หรือ Master's thesis, ชื่อ มหาวิทยาลัย]./ชื่อฐานข้อมูล.

ตัวอย่าง

Rosin, R. E. (2023). *Propaganda on steroids: A case study on how communication technology "pumped-up" russian black propaganda* (ProQuest No. 30309502). [Doctoral dissertation, American University]. ProQuest Dissertations and Theses Database.

7. หนังสือประเภทพจนานุกรม/สารานุกรม

หนังสือทั้งเล่ม

ภาษาไทย

ชื่อ/สกุลผู้แต่ง./ (ปีพิมพ์)./ชื่อเรื่อง/(พิมพ์ครั้งที่ (ถ้ามี))*./ชื่อสำนักพิมพ์.

ภาษาอังกฤษ

สกุลผู้แต่ง./อักษรย่อชื่อต้น./อักษรย่อชื่อกลาง (ถ้ามี)./(ปีพิมพ์)./ชื่อเรื่อง/(พิมพ์ครั้งที่(ถ้ามี))*./ชื่อสำนักพิมพ์.

ตัวอย่าง

ราชบัณฑิตยสถาน. (2553). *พจนานุกรมคำใหม่ เล่ม ๑ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน* (พิมพ์ครั้งที่ 2). ธนาเพรส.

Blackburn, S. (2016). *The oxford dictionary of philosophy* (3rd ed.). Oxford University Press.

บทในหนังสือ

ภาษาไทย

ชื่อ/สกุลผู้แต่ง./ (ปีพิมพ์)./ชื่อบทหรือชื่อเรื่อง./ใน/ชื่อบรรณาธิการ/(บ.ก.)/ชื่อหนังสือ/(พิมพ์ครั้งที่ (ถ้ามี), หน้า/เลขหน้าเริ่มต้น-สิ้นสุด)./ชื่อสำนักพิมพ์.



วารสาร “สีกทอง: วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี” สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
The Golden Teak: Science and Technology Journal Research and Development Institute, KPRU

ภาษาอังกฤษ

สกุลผู้แต่ง./อักษรย่อชื่อต้น./อักษรย่อชื่อย่อกลาง (ถ้ามี)./(ปีพิมพ์)./ชื่อบทหรือชื่อเรื่อง./In/ชื่อบรรณาธิการ/
(Ed. หรือ Eds.)./ชื่อหนังสือ/(พิมพ์ครั้งที่ (ถ้ามี).)/pp./เลขหน้าเริ่มต้น-สิ้นสุด./ชื่อสำนักพิมพ์.

ตัวอย่าง

เยาวดี วิบูลย์ศรี. (2540). การวิจัยสถาบัน : แนวคิดขั้นพื้นฐาน. ใน ทิศนา ขัมมณี, และสร้อยสน
สกลรักษ์ (บ.ก.), *แบบแผนและเครื่องมือการวิจัยทางการศึกษา* (หน้า 53-68). สำนักพิมพ์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Weinstock, R., Leong, G. B., and Silva, J. A. (2003). Defining forensic psychiatry: Roles and
responsibilities. In R. Rosner (Ed.), *Principles and Practice of Forensic Psychiatry*
(2nd ed., pp. 7-13). CRC Press.

8. บทความหรือความเห็นจากคอลัมน์ในหนังสือพิมพ์

ภาษาไทย

ชื่อ/สกุลผู้แต่ง./ (ปีพิมพ์./วันที่/เดือน)./ชื่อบทความหรือชื่อคอลัมน์./ชื่อหนังสือพิมพ์./เลขหน้าที่พิมพ์
บทความหรือคอลัมน์.

ภาษาอังกฤษ

สกุลผู้แต่ง./อักษรย่อชื่อต้น./อักษรย่อชื่อย่อกลาง (ถ้ามี)./(ปีพิมพ์./เดือน/วันที่)./ชื่อบทความหรือชื่อ
คอลัมน์./ชื่อหนังสือพิมพ์./เลขหน้าที่พิมพ์บทความหรือคอลัมน์.

ตัวอย่าง

นวลจันทร์ จินตนาพันธ์. (2546, 14 กุมภาพันธ์). ปรับหนี้เพิ่มแรงขับเคลื่อน เศรษฐกิจยั่งยืน. *คมชัดลึก*,
หน้า 15.

Hess, A. (2019, January 3). Cats who take direction. *The New York Times*, C1.

9. แหล่งข้อมูลสื่ออิเล็กทรอนิกส์

หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ (ไม่มี DOI, Digital Object Identifier)

ภาษาไทย

ชื่อ/สกุลผู้แต่ง./ (ปีพิมพ์)./ชื่อเรื่อง/(พิมพ์ครั้งที่ (ถ้ามี))./ชื่อสำนักพิมพ์ หรือ ชื่อหน่วยงาน./ชื่อเว็บไซต์./
URL

ภาษาอังกฤษ

สกุลผู้แต่ง./อักษรย่อชื่อต้น./อักษรย่อชื่อย่อกลาง (ถ้ามี)./(ปีพิมพ์)./ชื่อเรื่อง/(พิมพ์ครั้งที่ (ถ้ามี))./
ชื่อสำนักพิมพ์ หรือ ชื่อหน่วยงาน./ชื่อเว็บไซต์./URL



วารสาร “สีกทอง: วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี” สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
The Golden Teak: Science and Technology Journal Research and Development Institute, KPRU

ตัวอย่าง

วิจารณ์ อรุณมานะกุล. (2555). *ทฤษฎีภาษาศาสตร์*. ภาควิชาภาษาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
สำนักหอสมุดกลาง มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. [http://ils.swu.ac.th:8991/
exlibris/aleph/a22_1/apache_media/S5676M7QQ583XGIU35R6V49KY99GB4.pdf](http://ils.swu.ac.th:8991/exlibris/aleph/a22_1/apache_media/S5676M7QQ583XGIU35R6V49KY99GB4.pdf)
Sedgewick, R., and Wayne, K. (2011). *Algorithms* (4th ed.). Addison-Wesley.
<https://algs4.cs.princeton.edu/home>

หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ (มี DOI, Digital Object Identifier)

ภาษาไทย

ชื่อ/สกุลผู้แต่ง./ (ปีพิมพ์)./ชื่อเรื่อง/(พิมพ์ครั้งที่ (ถ้ามี))./ชื่อสำนักพิมพ์ หรือ ชื่อหน่วยงาน./
<https://doi.org/เลข DOI>

ภาษาอังกฤษ

สกุลผู้แต่ง./อักษรย่อชื่อต้น./อักษรย่อชื่อย่อกลาง (ถ้ามี)./ (ปีพิมพ์)./ชื่อเรื่อง/(พิมพ์ครั้งที่ (ถ้ามี))./
ชื่อสำนักพิมพ์ หรือ ชื่อหน่วยงาน./ <https://doi.org/เลข DOI>

ตัวอย่าง

Brown, L. S. (2018). *Feminist therapy* (2nd ed.). American psychological association.
<https://doi.org/10.1037/0000092-000>

บทความวารสารอิเล็กทรอนิกส์ (ไม่มี DOI, Digital Object Identifier)

ภาษาไทย

ชื่อ/สกุลผู้แต่ง./ (ปีพิมพ์)./ชื่อบทความ./ชื่อวารสาร./เลขปีที่(เลขฉบับที่)./เลขหน้าเริ่มต้น-สิ้นสุด (ถ้ามี)./
URL

ภาษาอังกฤษ

สกุลผู้แต่ง./อักษรย่อชื่อต้น./อักษรย่อชื่อย่อกลาง (ถ้ามี)./ (ปีพิมพ์)./ชื่อบทความ./ชื่อวารสาร./เลขปีที่
(เลขฉบับที่)./เลขหน้าเริ่มต้น-สิ้นสุด (ถ้ามี)./URL

ตัวอย่าง

ภัทรนันท์ ไทยะสิน, นัทธีรัตน์ พิระพันธุ์, และรัฐพล ประดับเวทย์. (2565). การพัฒนารูปแบบการ
จัดการเรียนรู้ด้วยการคิดเชิงออกแบบร่วมกับกระบวนการละครประยุกต์เพื่อส่งเสริม
ความสามารถในการสร้างสรรค์นวัตกรรม. *วารสารศรีนครินทรวิโรฒวิจัยและพัฒนา (สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์)*, 14(28), 109-120. [https://so04.tci-thaijo.org/index.php/
swurd/article/view/263022](https://so04.tci-thaijo.org/index.php/swurd/article/view/263022)



วารสาร “สักทอง: วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี” สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
The Golden Teak: Science and Technology Journal Research and Development Institute, KPRU

Waitayasin, P., Pheeraphan, N., and Pradubwate, R. (2022). Development of a learning-management model in collaboration with design thinking and applied drama to enhance innovative creation competency. *Srinakharinwirot Research and Development (Journal of Humanities and Social Sciences)*, 14(28), 109-120. <https://so04.tci-thaijo.org/index.php/swurd/article/view/263022> (in Thai).

บทความวารสารอิเล็กทรอนิกส์ (มี DOI, Digital Object Identifier)

ภาษาไทย

ชื่อ/สกุลผู้แต่ง./ (ปีพิมพ์)./ชื่อบทความ./ชื่อวารสาร./เลขปีที่(เลขฉบับที่)/เลขหน้าเริ่มต้น-สิ้นสุด (ถ้ามี)./
<https://doi.org/เลข DOI>

ภาษาอังกฤษ

สกุลผู้แต่ง./อักษรย่อชื่อต้น./อักษรย่อชื่อกลาง (ถ้ามี)./ (ปีพิมพ์)./ชื่อบทความ./ชื่อวารสาร./เลขปีที่
(เลขฉบับที่)/เลขหน้าเริ่มต้น-สิ้นสุด (ถ้ามี)./<https://doi.org/เลข DOI>

ตัวอย่าง

อักรพล ทองกลาง. (2563). แนวทางและมาตรการการลงโทษทางอาญาตามพระราชบัญญัติว่าด้วย
ความผิดอันเกิดจากการใช้เชื้อ พ.ศ. 2534. *วารสารนิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง*, 3(1),
87-108. <https://doi.org/10.14456/mfulj.2020.3>

Manajit, O., Longyant, S., Sithigorngul, P., and Chaivisuthangkura, P. (2018). Development
of uracil-DNA-glycosylase-supplemented loop-mediated isothermal amplification
coupled with nanogold probe (UDG-LAMP-AuNP) for specific detection of
Pseudomonas aeruginosa. *Molecular Medicine Reports*, 17(4), 5734-5743.
<https://doi.org/10.3892/mmr.2018.8557>

บทความวารสารอิเล็กทรอนิกส์ (มี Article Number หรือ eLocator)

ภาษาไทย

ชื่อ/สกุลผู้แต่ง./ (ปีพิมพ์)./ชื่อบทความ./ชื่อวารสาร./เลขปีที่(เลขฉบับที่)/บทความ/หมายเลขบทความ
หรือ eLocator./<https://doi.org/เลข DOI หรือ URL> (ถ้ามี)

ภาษาอังกฤษ

สกุลผู้แต่ง./อักษรย่อชื่อต้น./อักษรย่อชื่อกลาง (ถ้ามี)./ (ปีพิมพ์)./ชื่อบทความ./ชื่อวารสาร./เลขปีที่
(เลขฉบับที่)/Article/article number หรือ eLocator./<https://doi.org/เลข DOI หรือ URL> (ถ้ามี)



วารสาร “สัททอง: วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี” สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
The Golden Teak: Science and Technology Journal Research and Development Institute, KPRU

ตัวอย่าง

จักรกรฤต ภูขงศ์ประเวศ. (2566). ผลของการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา. *วารสารครุศาสตร์*, 51(1), บทความ EDUCU5101006. <https://doi.org/10.14456/educu.2023.6>

Belal, N. A., and Heath, L. S. (2023). A complete theoretical framework for inferring horizontal gene transfers using partial order sets. *PLOS ONE*, 18(3), Article e0281824. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0281824>

บทความจากหนังสือพิมพ์ออนไลน์

ภาษาไทย

ชื่อ/สกุลผู้แต่ง./ (ปีพิมพ์./วันที่/เดือน)./ชื่อบทความ./ชื่อหนังสือพิมพ์./เลขหน้า (ถ้ามี)./URL

ภาษาอังกฤษ

สกุลผู้แต่ง./อักษรย่อชื่อต้น./อักษรย่อชื่อย่อกลาง (ถ้ามี). (ปีพิมพ์./เดือน/วันที่)./ชื่อบทความ./ชื่อหนังสือพิมพ์./ เลขหน้า (ถ้ามี)./URL

ตัวอย่าง

มนต์ทิพย์ ธารนะสุข. (2566, 26 เมษายน). คอลัมน์ไฮโลต์โลก: จับตาสังคโปร์ตึงตูดเศรษฐกิจลงทุนย้ายถิ่นได้เพิ่ม. *มติชน*. https://www.matichon.co.th/foreign/news_3945607

Guarino, B. (2017, December 4). How will humanity react to alien life? psychologists have some predictions. *The Washington Post*. <https://www.washingtonpost.com/news/speaking-of-science/wp/2017/12/04/how-will-humanity-react-to-alien-life-psychologists-have-some-predictions>

เอกสาร/รายงานข่าวจากเว็บไซต์

ภาษาไทย

ชื่อ/สกุลผู้แต่ง./ (ปีพิมพ์./วันที่/เดือน)./ชื่อเรื่อง./ชื่อเว็บไซต์./URL

ภาษาอังกฤษ

สกุลผู้แต่ง./อักษรย่อชื่อต้น./อักษรย่อชื่อย่อกลาง (ถ้ามี). (ปีพิมพ์./เดือน/วันที่)./ชื่อเรื่อง./ชื่อเว็บไซต์./URL

ตัวอย่าง

ปรีดี บุญชื้อ. (2566, 27 เมษายน). *บทเรียนจากภูฏาน ประเทศกำลังพัฒนาที่มีความสุขมากที่สุดในโลก*. ไทยพับลิก้า. https://thaipublica.org/2023/04/pridi347_gnh

Olarn, K., and Chen H. (2023, April 5). *Smoke from forest fires blankets northern thailand in thick pollution*. CNN. <https://edition.cnn.com/2023/04/05/asia/chiang-mai-air-pollution-thailand-intl-hnk/index.html>



วารสาร “สักทอง: วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี” สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

The Golden Teak: Science and Technology Journal Research and Development Institute, KPRU

*การอ้างอิงข้อมูลเอกสารหรือรายงานข่าวจากเว็บไซต์ที่ไม่ใช่คลังข้อมูล ให้ระบุวัน/เดือน/ปี ที่สืบค้นด้วย
เนื่องจากเว็บไซต์อาจจะมีการเปลี่ยนแปลงหรือหายไป ไม่สามารถสืบค้นข้อมูลเอกสารซ้ำได้ ตามรูปแบบ ดังนี้

ภาษาไทย

ชื่อ/สกุลผู้แต่ง./ (ปีพิมพ์)/ชื่อเรื่อง/ชื่อเว็บไซต์/สืบค้นเมื่อ/วันที่/เดือน/ปี./จาก URL

ภาษาอังกฤษ

สกุลผู้แต่ง./อักษรย่อชื่อต้น/อักษรย่อชื่อกลาง (ถ้ามี)/ (ปีพิมพ์)/ชื่อเรื่อง/ชื่อเว็บไซต์./Retrieved/
เดือน/วันที่/ปี./from URL

ตัวอย่าง

ปรีดี บุญชื้อ. (2566). *บทเรียนจากภูฏาน ประเทศกำลังพัฒนาที่มีความสุขมากที่สุดในโลก*. ไทยพับลิก้า.

สืบค้นเมื่อ 29 เมษายน 2566, จาก https://thaipublica.org/2023/04/pridi347_gnh

Olarin, K., and Chen, H. (2023). *Smoke from forest fires blankets northern thailand in thick pollution*. CNN. Retrieved April 6, 2023, from <https://edition.cnn.com/2023/04/05/asia/chiang-mai-air-pollution-thailand-intl-hnk/index.html>

10. ราชกิจจานุเบกษา

ภาษาไทย

ชื่อกฎหมาย./ (ปีพิมพ์, วันที่/เดือน)/ราชกิจจานุเบกษา./เล่ม/เลขเล่ม/ตอนที่ หรือ ตอนพิเศษ/เลขตอน./
หน้า/เลขหน้าเริ่มต้น-สิ้นสุด. ชื่อเว็บไซต์./URL (ถ้ามี)

ภาษาอังกฤษ

ชื่อกฎหมาย./ (ปีพิมพ์, เดือน/วันที่)/Government Gazette./No./เลขเล่ม/Section/เลขตอน./page/
เลขหน้าเริ่มต้น-สิ้นสุด. ชื่อเว็บไซต์./URL (ถ้ามี)

ตัวอย่าง

ประกาศ ก.พ.อ. เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการพิจารณาแต่งตั้งบุคคลให้ดำรงตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์

รองศาสตราจารย์ และศาสตราจารย์ พ.ศ. 2564. (2565, 7 มกราคม). ราชกิจจานุเบกษา.

เล่ม 139 ตอนพิเศษ 4 ง. หน้า 22-50. ราชกิจจา. <https://ratchakitcha.soc.go.th/documents/17193313.pdf>

พระราชบัญญัติกองทุนเงินให้กู้ยืมเพื่อการศึกษา พ.ศ. 2560. (2560, 27 มกราคม). ราชกิจจานุเบกษา.

เล่ม 134 ตอนที่ 12 ก. หน้า 1-18. ราชกิจจา. <https://ratchakitcha.soc.go.th/documents/2097692.pdf>

Translated Thai Reference

Student loan fund act, B.E. 2560. (2017, January 27). *Government gazette*. No. 134

Section 12 A. page 1-18. Ratchakitcha. <https://ratchakitcha.soc.go.th/documents/2097692.pdf> (in Thai).



วารสาร “สีกทอง: วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี” สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
The Golden Teak: Science and Technology Journal Research and Development Institute, KPRU

หมายเหตุ:

1. ชื่อเรื่อง พิมพ์ตัวเอน ชื่อเรื่องที่เป็นภาษาอังกฤษ อักษรตัวแรกของชื่อเรื่องหลัก ชื่อเรื่องย่อย (ถ้ามี) ซึ่งมักจะพิมพ์ตามหลังเครื่องหมายมหัพภาค (:) และค่านาม ที่เป็นชื่อเฉพาะ ใช้อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ ส่วนคำอื่นๆ ของชื่อเรื่อง ใช้อักษรตัวพิมพ์เล็กทั้งหมด เช่น Computer algorithm: Introduction to design and analysis
2. ถ้าเอกสารอ้างอิงไม่ปรากฏปีพิมพ์ ภาษาไทยใช้อักษรย่อ ม.ป.ป. (ไม่ปรากฏปีพิมพ์) และภาษาอังกฤษใช้อักษรย่อ n.d. (no date)
3. ถ้าเอกสารอ้างอิงไม่ปรากฏชื่อสำนักพิมพ์หรือผู้จัดพิมพ์หรือโรงพิมพ์ ภาษาไทยใช้อักษรย่อ ม.ป.พ. (ไม่ปรากฏสำนักพิมพ์) และภาษาอังกฤษใช้อักษรย่อ n.p. (no place)
4. ถ้าเอกสารอ้างอิงจากเว็บไซต์ที่สืบค้นได้ทั้งจาก DOI และ URL ให้พิจารณาเลือกใช้ DOI หากเอกสารอ้างอิงจากเว็บไซต์ไม่มี DOI ให้ใช้ URL



วารสาร “สักทอง: วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี” สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
The Golden Teak: Science and Technology Journal Research and Development Institute, KPRU

เอกสารอ้างอิง

นิพนธ์ ราชวุฒิ. (2568, กุมภาพันธ์). *รูปแบบการอ้างอิง*. กรุงเทพฯ: ฝ่ายบริหารจัดการข้อมูลและเผยแพร่

ผลงานวิจัย สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

วารสารมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร. (ม.ป.ป.). *การส่งบทความ (การอ้างอิง)*. สืบค้นเมื่อ 4 มีนาคม 2568,
จาก <https://so03.tci-thaijo.org/index.php/jhnu/about/submissions>

แบบฟอร์มการส่งบทความเพื่อเผยแพร่ใน สัปดาห์ : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

1. ข้าพเจ้า (นาย/นาง/นางสาว).....
2. ระดับการศึกษาสูงสุด.....ตำแหน่งทางวิชาการ.....
3. สถานะภาพของผู้ส่งบทความ ☐ อาจารย์ ☐ บุคคลทั่วไป
4. ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก

โทรศัพท์.....E-mail.....

5. ประเภทบทความ ☐ บทความวิจัย ☐ บทความวิชาการ

6. ชื่อบทความ

(ภาษาไทย).....

(ภาษาอังกฤษ).....

7. บทความฉบับนี้ไม่ได้คัดลอกผลงาน มิได้ละเมิดลิขสิทธิ์ และไม่ขัดต่อกฎหมายใดๆ ซึ่งผู้เขียนบทความเขียนโดย
ใช้ความรู้ ความสามารถและการสังเคราะห์ของตนเอง
8. ผู้เขียนบทความยินยอให้ค่าเสียหายใดๆ ที่อาจมีผู้เรียกร้องหรือฟ้องร้องตามกฎหมายทุกประการ โดยไม่
เกี่ยวข้องกับการพิจารณาตีพิมพ์บทความของกองบรรณาธิการหรือเจ้าของวารสาร
9. กรณีบทความที่มีผู้เขียนบทความมากกว่า 1 คน ผู้เขียนบทความทุกคนได้ลงชื่อยืนยันการเป็นผู้เขียนบทความ
โดยยอมรับและปฏิบัติตามเงื่อนไขของวารสารนี้ทุกประการ

ข้าพเจ้าขอรับรองว่าบทความนี้ไม่เคยตีพิมพ์ในวารสาร รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ
รวมทั้งไม่อยู่ระหว่างยื่นขอตีพิมพ์ในวารสารใดมาก่อน และยินยอมว่าบทความที่ตีพิมพ์ลงในสัปดาห์ : วารสาร
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ถือเป็นลิขสิทธิ์ของ
มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรในการนี้ข้าพเจ้าดำเนินการจัดพิมพ์ตามรูปแบบการเขียนบทความที่
มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ได้กำหนดไว้ทุกประการ และได้ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลตาม
รายการตรวจสอบบทความ และข้าพเจ้าได้ส่งบทความในระบบ Online ที่
<http://research.kpru.ac.th/sendjournal/> เป็นที่เรียบร้อยแล้ว

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้เขียนบทความ

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้เขียนบทความ

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้ส่งบทความ

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้ส่งบทความ

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้ส่งบทความ

หมายเหตุ 1.ถ้ามีผู้เขียนบทความมากกว่า 1 คน ขอให้ลงชื่อเป็นผู้ส่งบทความทุกคน

2.บทความที่ส่งมาโดยไม่มีใบรายการตรวจสอบบทความหรือไม่ครบหรือไม่ถูกต้องตามที่กำหนดไว้

จะไม่ดำเนินการในขั้นตอนใดๆ จนกว่าจะมีการส่งรายการตรวจสอบบทความดังกล่าว ผู้เขียนบทความสามารถ

download แบบฟอร์มรายการตรวจสอบบทความได้จาก http://research.kpru.ac.th/old/journal_science/

แบบฟอร์มรายการตรวจสอบบทความเพื่อนำส่งตีพิมพ์ในวารสาร

“สัปดาห์ : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี”

คำชี้แจง : ผู้เขียนบทความโปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงหน้ารายการที่ท่านได้ตรวจสอบบทความของท่านในรายการที่พบว่า มีปรากฏในบทความของท่านอย่างครบถ้วนถูกต้องแล้วตามคำแนะนำสำหรับผู้ส่งบทความที่วารสารได้กำหนดไว้

- ☐ เป็นบทความที่ไม่เคยตีพิมพ์เผยแพร่ที่ไหนมาก่อน
- ☐ ไม่ได้เป็นบทความที่อยู่ระหว่างการพิจารณาของวารสารหรือการประชุมทางวิชาการอื่นๆ
- ☐ ไฟล์ที่ส่งได้จัดทำตามรูปแบบที่ระบุในคำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับเท่านั้น อยู่ในรูปแบบของ

Word และใช้ตัวอักษร TH SarabunPSK เท่านั้น

- ☐ รูปภาพประกอบเป็นไฟล์ที่มีนามสกุล .JPEG เท่านั้น

บทความวิชาการมีหัวข้อตามที่กำหนด ดังนี้

- ☐ ชื่อเรื่อง/บทความ มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- ☐ ชื่อ/ที่อยู่ผู้เขียน มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- ☐ บทคัดย่อ มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- ☐ คำสำคัญ มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- ☐ บทนำ
- ☐ เนื้อหา
- ☐ สรุป
- ☐ เอกสารอ้างอิง

บทความวิจัยมีหัวข้อตามที่กำหนด ดังนี้

- ☐ ชื่อบทความ มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- ☐ ชื่อ/ที่อยู่ผู้เขียนบทความ มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- ☐ บทคัดย่อ มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- ☐ คำสำคัญ มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- ☐ บทนำ
- ☐ วิธีดำเนินการวิจัย
- ☐ ผลการวิจัย
- ☐ อภิปรายผล
- ☐ กิตติกรรมประกาศ
- ☐ เอกสารอ้างอิง

แบบฟอร์มการส่งบทความเพื่อเผยแพร่ใน สัปดาห์ : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

1. ข้าพเจ้า (นาย/นาง/นางสาว).....
☐ ตำแหน่งทางวิชาการ (ถ้ามี).....
2. กำหนดการที่คาดว่าจะสำเร็จการศึกษา วันที่.....เดือน.....พ.ศ.
3. ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก
เลขที่.....ตำบล.....อำเภอ.....จังหวัด.....
รหัสไปรษณีย์.....โทรศัพท์.....
E-mail.....
4. ประเภทบทความ ☐ บทความวิจัย ☐ บทความวิชาการ
5. ชื่อบทความ
(ภาษาไทย).....
.....
(ภาษาอังกฤษ).....
.....
7. บทความฉบับนี้มีได้คัดลอกผลงาน มิได้ละเมิดลิขสิทธิ์ และไม่ขัดต่อกฎหมายใดๆ ซึ่งผู้เขียนบทความเขียนโดยใช้ความรู้ ความสามารถและการสังเคราะห์ของตนเอง
8. ผู้เขียนบทความยินดียินยอมให้ค่าเสียหายใดๆ ที่อาจมีผู้เรียกร้องหรือฟ้องร้องตามกฎหมายทุกประการ โดยไม่เกี่ยวข้องกับการพิจารณาตีพิมพ์บทความของกองบรรณาธิการหรือเจ้าของวารสาร
9. กรณีบทความที่มีผู้เขียนบทความมากกว่า 1 คน ผู้เขียนบทความทุกคนได้ลงชื่อยืนยันการเป็นผู้เขียนบทความ โดยยอมรับและปฏิบัติตามเงื่อนไขของวารสารนี้ทุกประการ
ข้าพเจ้าขอรับรองว่าบทความนี้ไม่เคยลงตีพิมพ์ในวารสารใดมาก่อน และยินยอมว่าบทความที่ตีพิมพ์ลงในสัปดาห์ : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ถือเป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ในการนี้ข้าพเจ้าดำเนินการจัดพิมพ์ตามรูปแบบการเขียนบทความที่มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ได้กำหนดไว้ทุกประการ และได้ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลตามรายการตรวจสอบบทความเป็นที่เรียบร้อยแล้ว

ความคิดเห็นของประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์
“พิจารณาบทความแล้วเห็นสมควรเผยแพร่ได้”

ลงชื่อ.....
(.....)

ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

ลงชื่อ.....
(.....)
ผู้เขียนบทความ

ลงชื่อ.....
(.....)
ผู้เขียนบทความ

ลงชื่อ.....
(.....)
ผู้เขียนบทความ

- หมายเหตุ 1. ถ้ามีผู้เขียนบทความมากกว่า 1 คน ขอให้ลงชื่อเป็นผู้เขียนบทความทุกคน
2. บทความที่ส่งมาโดยไม่มีใบรายการตรวจสอบบทความหรือไม่ครบฝ่ายจัดการวารสารจะไม่ดำเนินการในขั้นตอนใดๆ จนกว่าจะมีการส่งรายการตรวจสอบบทความดังกล่าว ผู้เขียนบทความสามารถ download แบบฟอร์มรายการตรวจสอบบทความได้จาก http://research.kpru.ac.th/old/journal_science/

แบบฟอร์มรายการตรวจสอบบทความเพื่อนำส่งตีพิมพ์ในวารสาร

“สัปดาห์ : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี”

คำชี้แจง : ผู้เขียนบทความโปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงหน้ารายการที่ท่านได้ตรวจสอบบทความของท่านในรายการที่พบว่า มีปรากฏในบทความของท่านอย่างครบถ้วนถูกต้องแล้วตามคำแนะนำสำหรับผู้ส่งบทความที่วารสารได้กำหนดไว้

- ☐ เป็นบทความที่ไม่เคยตีพิมพ์เผยแพร่ที่ไหนมาก่อน
- ☐ ไม่ได้เป็นบทความที่อยู่ระหว่างการพิจารณาของวารสารหรือการประชุมทางวิชาการอื่นๆ
- ☐ ไฟล์ที่ส่งได้จัดทำตามรูปแบบที่ระบุในคำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับเท่านั้น อยู่ในรูปแบบของ

Word และใช้ตัวอักษร TH SarabunPSK เท่านั้น

- ☐ รูปภาพประกอบเป็นไฟล์ที่มีนามสกุล .JPEG เท่านั้น

บทความวิชาการมีหัวข้อตามที่กำหนด ดังนี้

- ☐ ชื่อเรื่อง/บทความ มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- ☐ ชื่อ/ที่อยู่ผู้เขียน มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- ☐ บทคัดย่อ มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- ☐ คำสำคัญ มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- ☐ บทนำ
- ☐ เนื้อหา
- ☐ สรุป
- ☐ เอกสารอ้างอิง

บทความวิจัยมีหัวข้อตามที่กำหนด ดังนี้

- ☐ ชื่อบทความ มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- ☐ ชื่อ/ที่อยู่ผู้เขียนบทความ มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- ☐ บทคัดย่อ มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- ☐ คำสำคัญ มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- ☐ บทนำ
- ☐ วิธีดำเนินการวิจัย
- ☐ ผลการวิจัย
- ☐ อภิปรายผล
- ☐ กิตติกรรมประกาศ
- ☐ เอกสารอ้างอิง

แบบฟอร์มค่าใช้จ่ายในการตีพิมพ์บทความเพื่อเผยแพร่ในวารสาร

สังกัด : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1. ข้อมูลผู้ส่งบทความ

ชื่อ นางสาว/นาง/นาย

เบอร์โทร..... e-mail

ที่อยู่จัดส่งใบเสร็จรับเงิน เลขที่.....ตำบล.....อำเภอ.....

จังหวัด.....รหัสไปรษณีย์.....

2. ค่าดำเนินการตรวจประเมินบทความ บทความละ 4,500 บาท

การชำระเงิน

☐ โอนเงินเข้าบัญชีธนาคารกรุงไทย สาขาชาชักงรว จำนวน.....บาท

เลขบัญชี 347-0-60979-9

ชื่อบัญชี สักทอง : วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

☐ แจ้งหลักฐานการชำระเงินทางระบบส่งบทความ

ลงชื่อผู้ส่งบทความ.....

(.....)

...../...../.....

หมายเหตุ : กรณีบทความไม่ได้รับการพิจารณาให้ตีพิมพ์ลงในวารสาร สักทอง : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทางกองบรรณาธิการจะไม่คืนค่าใช้จ่ายในการตีพิมพ์ของท่าน

จริยธรรมในการตีพิมพ์ในวารสาร “สัททอง” (Publication Ethics)

การเผยแพร่ผลงานวิชาการ ผลงานสร้างสรรค์ในปัจจุบันมีหลายลักษณะ ซึ่งประกอบด้วย หนังสือ ตำรา เอกสารประกอบการสอน งานแปล บทความวิชาการ บทความวิจัย งานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ งานวิจัยที่นำเสนอในการประชุมวิชาการ งานประดิษฐ์หรืองานสร้างสรรค์ วารสาร “สัททอง : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี” มุ่งมั่นที่จะรักษามาตรฐานด้านจริยธรรมในการตีพิมพ์อย่างต่อเนื่อง ดังนั้นทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องจะต้องปฏิบัติตามหลักการและมาตรฐานด้านจริยธรรมในการตีพิมพ์ (Publication Ethics) อย่างเคร่งครัด ดังนี้

บทบาทและหน้าที่ของบรรณาธิการและกองบรรณาธิการ (Duties of Editors)

1. บรรณาธิการและกองบรรณาธิการต้องรักษามาตรฐานของวารสาร รวมทั้งพัฒนาวารสารให้มีคุณภาพ และทันสมัยอยู่เสมอ
2. บรรณาธิการและกองบรรณาธิการต้องไม่มีส่วนได้ส่วนเสียกับผู้พิมพ์ ผู้ทรงคุณวุฒิ และจะต้องไม่นำบทความหรือวารสารไปใช้ประโยชน์ในเชิงธุรกิจ และนำไปเป็นผลงานของตนเอง
3. บรรณาธิการและกองบรรณาธิการต้องปฏิบัติตามขั้นตอนการพิจารณาคุณภาพของบทความอย่างเคร่งครัด
4. บรรณาธิการและกองบรรณาธิการมีหน้าที่พิจารณาและตรวจสอบบทความที่ส่งมาเพื่อขอลงตีพิมพ์ในวารสารทุกบทความ โดยพิจารณาความสอดคล้องของเนื้อหากับเป้าหมายและขอบเขตของวารสาร รวมทั้งตรวจสอบคุณภาพของบทความก่อนตีพิมพ์
5. บรรณาธิการและกองบรรณาธิการต้องไม่แก้ไขผลการประเมินบทความของผู้ทรงคุณวุฒิ
6. บรรณาธิการและกองบรรณาธิการต้องใช้เหตุผลทางวิชาการในการพิจารณาบทความทุกครั้งโดยปราศจากอคติที่มีต่อบทความ ผู้พิมพ์ และสังกัดของผู้พิมพ์
7. หากบรรณาธิการและกองบรรณาธิการตรวจสอบพบว่าบทความที่ตรวจพิจารณา มีการคัดลอกผลงาน บรรณาธิการและกองบรรณาธิการต้องแจ้งให้ผู้พิมพ์ทราบทันที และปฏิเสธการตีพิมพ์บทความนั้น
8. บรรณาธิการและกองบรรณาธิการต้องไม่เปิดเผยข้อมูลของผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้พิมพ์ ให้แก่บุคคลอื่นๆ ที่ไม่เกี่ยวข้อง
9. บรรณาธิการและกองบรรณาธิการจะไม่รับบทความที่เคยตีพิมพ์เผยแพร่แล้ว

บทบาทและหน้าที่ของผู้ทรงคุณวุฒิตรวจประเมินบทความ (Duties of Reviewers)

1. ผู้ทรงคุณวุฒิต้องคำนึงถึงคุณภาพบทความเป็นหลัก โดยพิจารณาบทความด้วยหลักการและเหตุผลทางวิชาการ โดยปราศจากอคติ และไม่มีส่วนได้ส่วนเสียกับผู้นิพนธ์
2. ผู้ทรงคุณวุฒิต้องรักษาระยะเวลาในการตรวจประเมินตามกรอบเวลาที่กำหนด และไม่เปิดเผยข้อมูลของบทความให้ผู้ที่ไม่มีส่วนเกี่ยวข้อง
3. ผู้ทรงคุณวุฒิควรประเมินบทความในสาขาวิชาที่ตนมีความเชี่ยวชาญโดยพิจารณาความสำคัญของเนื้อหาในบทความที่จะมีต่อสาขาวิชานั้นๆ คุณภาพของการวิเคราะห์ และความเข้มข้นของผลงาน ไม่ควรใช้ความคิดเห็นส่วนตัวที่ไม่มีข้อมูลรองรับมาเป็นเกณฑ์ในการตัดสินบทความวิจัย
4. ผู้ทรงคุณวุฒิต้องไม่แสวงหาผลประโยชน์จากบทความที่ตรวจประเมินโดยเด็ดขาด
5. หากผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบพบว่าบทความที่ตรวจพิจารณา มีการคัดลอกผลงานจากที่อื่นๆ ผู้ทรงคุณวุฒิต้องแจ้งให้บรรณาธิการวารสารทราบทันที หรือปฏิเสธบทความนั้น โดยการประเมินให้ “ไม่ผ่าน”

บทบาทและหน้าที่ของผู้นิพนธ์ (Duties of Authors)

1. บทความของผู้นิพนธ์ต้องเป็นบทความที่ไม่เคยตีพิมพ์หรือเผยแพร่ที่ไหนมาก่อน
2. ชื่อผู้นิพนธ์ที่ปรากฏในบทความต้องเป็นผู้ที่มีส่วนในการเรียบเรียงบทความนี้จริง
3. ผู้นิพนธ์ต้องไม่คัดลอกผลงานของผู้อื่น และต้องมีการอ้างอิงทุกครั้งเมื่อนำผลงานของผู้อื่นมาเสนอหรืออ้างอิงในเนื้อหาและท้ายบทความของตนเอง ถ้าวารสารทราบว่าบทความของผู้นิพนธ์มีการคัดลอกผลงานของผู้อื่น ทางวารสารจะไม่ยอมรับตีพิมพ์ และให้อำนาจผู้นิพนธ์ทุกประการ
4. ผู้นิพนธ์ต้องไม่บิดเบือนข้อมูล หรือให้ข้อมูลที่เป็นเท็จในบทความ
5. ผู้นิพนธ์ต้องเขียนบทความให้ตรงตามรูปแบบที่วารสารกำหนดไว้ในคำแนะนำของวารสารอย่างถูกต้อง รวมทั้งต้องไม่บิดเบือนข้อมูล หรือให้ข้อมูลที่เป็นเท็จในบทความ
6. ผู้นิพนธ์ต้องยินยอมโอนลิขสิทธิ์ให้แก่วารสารก่อนการตีพิมพ์ และไม่นำบทความไปเผยแพร่หรือตีพิมพ์กับแหล่งอื่นๆ หลังจากที่ได้รับการตีพิมพ์แล้ว



ประกาศมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
เรื่อง การเรียกเก็บและการเบิกจ่ายเงินค่าธรรมเนียมการตีพิมพ์บทความในวารสารสัททอง
มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร พ.ศ. ๒๕๖๙

โดยที่เป็นการสมควรกำหนดอัตราการเรียกเก็บและการเบิกจ่ายเงินค่าธรรมเนียมการตีพิมพ์บทความในวารสารสัททอง มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ให้เป็นไปด้วยความเรียบร้อยและเหมาะสม

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๓๑ แห่งพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยราชภัฏ พ.ศ. ๒๕๔๗ ประกอบกับข้อ ๕.๒ ข้อ ๖ และข้อ ๑๑ วรรคสองแห่งข้อบังคับมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ว่าด้วยการจัดบริการวิชาการและจัดหารายได้ พ.ศ. ๒๕๕๙ และที่แก้ไขเพิ่มเติม และมติที่ประชุมคณะกรรมการบริหารมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ในการประชุมครั้งที่ ๗/๒๕๖๙ เมื่อวันที่ ๗ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๖๙ จึงออกประกาศไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ประกาศนี้เรียกว่า “ประกาศมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร เรื่อง การเรียกเก็บและการเบิกจ่ายเงินค่าธรรมเนียมการตีพิมพ์บทความในวารสารสัททอง มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร พ.ศ. ๒๕๖๙”

ข้อ ๒ ประกาศนี้ให้ใช้บังคับตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศเป็นต้นไป

ข้อ ๓ ในประกาศนี้

“มหาวิทยาลัย” หมายความว่า มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

“อธิการบดี” หมายความว่า อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

“สถาบันวิจัยและพัฒนา” หมายความว่า สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

“วารสารสัททอง” หมายความว่า สัททอง : วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ และ สัททอง : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ของมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

“ผู้ทรงคุณวุฒิ” หมายความว่า ผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญสาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสาขาอื่น ๆ ตามที่กองบรรณาธิการเห็นสมควรและได้รับแต่งตั้งเป็นผู้ทรงคุณวุฒิ

ข้อ ๔ มหาวิทยาลัยเรียกเก็บเงินค่าธรรมเนียมการตีพิมพ์บทความในวารสารสัททอง ในอัตราดังนี้

(๑) วารสารสัททองที่อยู่ในฐานข้อมูล TCI กลุ่มที่ ๑ บทความละ ๕,๕๐๐ บาท

(๒) วารสารสัททองที่อยู่ในฐานข้อมูล TCI กลุ่มที่ ๒ บทความละ ๔,๕๐๐ บาท

ทั้งนี้ เงินค่าธรรมเนียมการตีพิมพ์บทความตามวรรคหนึ่ง เป็นค่าใช้จ่ายสำหรับการดำเนินการพิจารณาและตีพิมพ์บทความ ซึ่งมหาวิทยาลัยจะไม่คืนเงินค่าธรรมเนียมดังกล่าวไม่ว่ากรณีใด ๆ

ข้อ ๕ เงินค่าธรรมเนียมที่มหาวิทยาลัยเรียกเก็บตามข้อ ๔ ให้ดำเนินการดังต่อไปนี้

- (๑) นำเงินฝากธนาคารกรุงไทย สาขาชาชักราว ในชื่อบัญชี สักทอง : วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยในชื่อบัญชีเงินรายได้ เลขบัญชี ๓๔๗-๐-๖๐๙๗๙-๙
- (๒) ใช้ใบเสร็จเบ็ดเตล็ดของมหาวิทยาลัยเป็นใบเสร็จรับเงินที่เรียกเก็บตามประกาศนี้
- (๓) เมื่อสิ้นโครงการหากมีเงินเหลือให้สมทบเป็นเงินรายได้เงินฝากถอนคืนวารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ของสถาบันวิจัยและพัฒนา

ข้อ ๖ การเบิกจ่ายเงินค่าธรรมเนียมการตามข้อ ๔ ให้เบิกจ่ายดังต่อไปนี้

- (๑) จัดสรรเป็นเงินรายได้ประเภทเงินฝากถอนคืนของมหาวิทยาลัย ร้อยละ ๑๐
- (๒) จัดสรรเป็นเงินรายได้ประเภทเงินฝากถอนคืนของสถาบันวิจัยและพัฒนาไม่เกินร้อยละ ๑๐
- (๓) ค่าตอบแทนผู้ทรงคุณวุฒิที่ตรวจบทความ คนละ ๑,๐๐๐ บาท ต่อ ๑ บทความ
- (๔) ค่าตอบแทนผู้ทรงคุณวุฒิที่ตรวจบทความคัดย่อและบรรณานุกรมภาษาอังกฤษ บทความละ ๓๐๐ บาท

บาท

(๕) ค่าใช้สอยในการประชุมกองบรรณาธิการ ไม่เกินครั้งละ ๑,๐๐๐ บาท

(๖) ค่าใช้สอยในการจัดส่งบทความให้ผู้ทรงคุณวุฒิ ไม่เกินบทความละ ๒๐๐ บาท

(๗) ค่าใช้จ่ายอื่นที่นอกเหนือจากที่ระบุไว้ใน (๓) - (๖) ให้เบิกจ่ายตามระเบียบกระทรวงการคลัง

หรือระเบียบมหาวิทยาลัย

การเบิกจ่ายเพื่อจัดสรรเป็นเงินรายได้ในข้อ (๑) และข้อ (๒) ให้งานคลังและบัญชีเป็นผู้รับผิดชอบในการเบิกจ่าย

การเบิกจ่ายเงินตาม (๓) - (๗) ให้สถาบันวิจัยและพัฒนาเป็นหน่วยงานรับผิดชอบในการเบิกจ่าย

ข้อ ๗ ให้อธิการบดีเป็นผู้รักษาการตามประกาศนี้

ในกรณีที่เกิดปัญหาจากการปฏิบัติตามประกาศนี้ให้อธิการบดีมีอำนาจตีความและวินิจฉัยชี้ขาดการวินิจฉัยชี้ขาดของอธิการบดีถือเป็นที่สุด

ประกาศ ณ วันที่ ๗ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๖๙

26/7

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรียานุช พรหมภาสิต)

อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร



<https://research.kpru.ac.th/>