

ISSN 3027-7957 (Online)



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATION
UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY

วารสารเทคโนโลยีและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

Vol. 8 No. 2 July – December 2025

ปีที่ 8 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2568



Industrial Technology Uttaradit Rajabhat University

คณะกรรมการและกองบรรณาธิการ วารสารเทคโนโลยีและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตต์

เจ้าของ	คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตต์
ที่ปรึกษา	อธิการบดี
บรรณาธิการ	รองศาสตราจารย์ ดร.กันต์ อินทุวงศ์
ผู้ช่วยบรรณาธิการ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิทักษ์ คล้ายชม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา ดาวเด่น

กองบรรณาธิการภายนอก

ศ.เกียรติคุณ ดร.อนุรักษ์ ปัญญาวัฒน์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ศ.ดร.วิชัย ศรีคำ	มหาวิทยาลัยศิลปากร
รศ.ดร.วิชัย แหวนเพชร	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
รศ.ดร.สมิตร ส่งพิริยะกิจ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รศ.ดร.อัษฎา โปราณานนท์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รศ.ดร.สุชาติ แยมแมน	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รศ.ดร.กวิน สนธิเพิ่มพูน	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รศ.ดร.นิรัช สุดสังข์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รศ.ดร.ปราโมทย์ ศรีน้อย	มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
รศ.ดร.รัฐไท พรเจริญ	มหาวิทยาลัยศิลปากร
รศ.ดร.ไพฑูริย์ ทองทรัพย์	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
รศ.ดร.เสถียร ธัญญศรีรัตน์	สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน
รศ.ดร.ภูพงษ์ พงษ์เจริญ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รศ.ดร.ประยูร สุรินทร์	สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน
รศ.ดอนสัน ปงผาบ	มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
ผศ.ดร.วิชณ บัวเทศ	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
ผศ.ดร.พิชิต พระพินิจ	มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
ผศ.ดร.วิชราภรณ์ เพิ่มพูนสินทรัพย์	สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

กองบรรณาธิการภายใน

รศ.ดร.อิสระ อินจันทร์	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตต์
รศ.ดร.สิงหนเดช แต่งจวง	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตต์
รศ.ดร.อรุณเดช บุญสูง	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตต์
ผศ.ดร.วีระพล คงนุ่น	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตต์
ผศ.ดร.อังกาบ บุญสูง	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตต์
ผศ.ดร.ปฏิพัทธ์ ถนอมพงษ์ชาติ	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตต์
ผศ.ดร.อภิศักดิ์ พรหมฝ่าย	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตต์
ผศ.ครรชิต พิระภาค	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตต์

ฝ่ายสนับสนุนการดำเนินการจัดทำวารสาร

นางสาววันนินสา เมฆทับ	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตต์
นายกิตติพงษ์ ยินดีสิทธิ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตต์

วัตถุประสงค์:

เพื่อตีพิมพ์เผยแพร่บทความวิจัย บทความวิชาการ ที่มีคุณภาพโดยผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ โดยมีเนื้อหาครอบคลุมเกี่ยวข้องกับงานวิจัยในสาขา เทคโนโลยีอุตสาหกรรม วิศวกรรมศาสตร์ สหวิทยาการ การออกแบบ และนวัตกรรม วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่นำไปใช้ประโยชน์กับชุมชนและท้องถิ่น รวมถึงงานวิจัยที่มีการบูรณาการศาสตร์ทางด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรมในสาขาที่เกี่ยวข้อง

กระบวนการพิจารณาบทความ: บทความที่ตีพิมพ์ได้ผ่านการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน

สำนักงาน: ฝ่ายงานวารสารวิชาการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตต์ ถนนอินใจมี ตำบลท่าอิฐ อำเภอเมืองอุดรดิตต์ จังหวัดอุดรดิตต์ 53000

กำหนดการออก: ปีละ 2 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 ระหว่างเดือนมกราคม-มิถุนายน ฉบับที่ 2 ระหว่างเดือนกรกฎาคม-ธันวาคม

ลักษณะบทความ: ต้องไม่เคยเผยแพร่ในวารสารอื่นใดมาก่อนหรือต้องไม่อยู่ในขั้นตอนพิจารณาเพื่อตีพิมพ์ของวารสารหรือสิ่งพิมพ์อื่น ๆ

บทความที่ลงพิมพ์เป็นข้อคิดเห็นของผู้เขียนเท่านั้น
ผู้เขียนจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบต่อผลทางกฎหมายใดๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นจากบทความนั้น

สารจากคณบดี

วารสารเทคโนโลยีและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ ปีที่ 8 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม ถึง ธันวาคม 2568 มีวัตถุประสงค์เพื่อตีพิมพ์เผยแพร่บทความวิจัย บทความวิชาการ ที่มีคุณภาพโดยผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ โดยมีเนื้อหาครอบคลุมเกี่ยวข้องกับงานวิจัยในสาขา เทคโนโลยีอุตสาหกรรม วิศวกรรมศาสตร์ สหวิทยาการ การออกแบบ และนวัตกรรม วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่นำไปใช้ประโยชน์กับชุมชนและท้องถิ่น รวมถึงงานวิจัยที่มีการบูรณาการศาสตร์ทางด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยี ที่นำไปใช้ประโยชน์ในสาขาที่เกี่ยวข้อง ก่อนการตีพิมพ์ ผลงานทุกชิ้นจะได้รับการกลั่นกรองจากผู้ทรงคุณวุฒิในสาขานั้น ๆ เพื่อให้เชื่อมั่นว่าเป็นผลงานที่มีคุณภาพ สมควรได้รับการตีพิมพ์สามารถนำไปเป็นสิ่งที่อ้างอิงทางวิชาการได้

เนื้อหาในวารสารฉบับนี้ประกอบด้วยบทความวิจัย ได้แก่ การวิเคราะห์ต้นทุนและความคุ้มค่าในการตัดสินใจแปรรูปผลิตภัณฑ์ปลานิลเชิงพาณิชย์ของกลุ่มเกษตรกรวิสาหกิจชุมชนแห่งหนึ่ง จังหวัดอุดรดิตถ์, การใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (AHP) สำหรับการตัดสินใจหลายเกณฑ์ในการคัดเลือกผู้ส่งมอบวัสดุปูพื้นในงานก่อสร้างอาคารมูลค่าสูง, การทดสอบคุณสมบัติฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยใบสับปะรดและเส้นใยปอสา, การพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพเทคโนโลยีการแปรรูปเมล็ดกาแฟโรบัสต้าเพื่อเพิ่มมูลค่าสำหรับเกษตรกรรายย่อย และการทดลองสร้างสีจากการผสมสารสีและสารต้านออกซิเดชันในยางรักจีน

ในนามของกองบรรณาธิการ วารสารเทคโนโลยีและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ ขอขอบพระคุณนักวิจัยทุกท่านเป็นอย่างสูง ที่ส่งบทความมาพิจารณาเพื่อตีพิมพ์ ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่เสียสละเวลาในการประเมินบทความ และให้คำแนะนำในการปรับปรุงเนื้อหาบทความให้มีคุณภาพ และในโอกาสนี้ขอเชิญชวนผู้อ่านที่สนใจ ส่งบทความทางด้านวิชาการหรืองานวิจัย เพื่อตีพิมพ์ในวารสารเทคโนโลยีและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ ในฉบับต่อ ๆ ไป



รองศาสตราจารย์ ดร.กนต์ อินทวงศ์
บรรณาธิการ

สารบัญ

	หน้า
บทความวิจัย	
■ การวิเคราะห์ต้นทุนและความคุ้มค่าในการตัดสินใจแปรรูปผลิตภัณฑ์ปลานิลเชิงพาณิชย์ของกลุ่มเกษตรกรวิสาหกิจชุมชนแห่งหนึ่ง จังหวัดอุดรธานี <i>อิสริยาพร หลวงหาญ ภัทร์อร ฟองสินธุ์ กณพ วัฒนา เจนศักดิ์ คชนิล และยศภัทรชัย คณิตปัญญาเจริญ</i>	1
■ การใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (AHP) สำหรับการตัดสินใจหลายเกณฑ์ในการคัดเลือกผู้ส่งมอบวัสดุปูพื้นในงานก่อสร้างอาคารมูลค่าสูง <i>กณพ วัฒนา อิสริยาพร หลวงหาญ ธนภูมิ เฟื่องเพียร และเจนศักดิ์ คชนิล</i>	12
■ การทดสอบคุณสมบัติทนทานความร้อนจากเส้นใยใบสับปะรดและเส้นใยปอสา <i>ปัทมาพร บุตรทอง ยลสินทีณ์ เอมหยวก ปฏิพัทธ์ ถนอมพงษ์ชาติ อนุชา ริกากรณ์ ณัฐวุฒิ หลิวพิริยะวงศ์ และอำนาจ ตงดีบ</i>	26
■ การพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพเทคโนโลยีการแปรรูปเมล็ดกาแฟโรบัสต้าเพื่อเพิ่มมูลค่าสำหรับเกษตรกรรายย่อย <i>ไพโรจน์ นะเที่ยง และพจน์ ชัยอ้าย</i>	37
■ การทดลองสร้างสีจากการผสมสารสีและสารต้านออกซิเดชันในยางรักจีน <i>ยุวดี ทองอ่อน ธวัช พะยิม และประภาดา พันธุ์สดประภา</i>	51



การวิเคราะห์ต้นทุนและความคุ้มค่าในการตัดสินใจแปรรูปผลิตภัณฑ์ปลานิลเชิงพาณิชย์ของ
กลุ่มเกษตรกรวิสาหกิจชุมชนแห่งหนึ่ง จังหวัดอุดรดิตถ์
COST AND VALUE ANALYSIS IN THE DECISION TO COMMERCIALY PROCESS
TILAPIA PRODUCTS OF A COMMUNITY ENTERPRISE FARMER GROUP
IN UTTARADIT PROVINCE

อิสริยาพร หลวงหาญ^{1*} ภัทรธร ฟองสินธุ์¹ กณพ วัฒนนา¹ เจนศักดิ์ คชนิล¹ และยศภัทรชัย คณิตปัญญาเจริญ¹
¹ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

Itsariyaporn Luanghan^{1*} Patorn Fongsin¹ Kanop Wattana¹ Jensak Koschanin¹
and Yodphatarachai Kanitpunyacharoen¹

¹Faculty Industrial Technology, Uttaradit Rajabhat University

*Corresponding author e-mail: itsariyaporn6027@gmail.com

วันที่รับ : 24 กรกฎาคม 2568

วันที่แก้ไข : 18 กันยายน 2568

วันที่ตอบรับ : 22 กันยายน 2568

Received : July 24, 2025

Revised : September 18, 2025

Accepted : September 22, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนและหาอัตราผลตอบแทนในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ปลานิลเชิงพาณิชย์ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแห่งหนึ่ง จังหวัดอุดรดิตถ์ โดยผู้วิจัยเก็บข้อมูลกลุ่มเกษตรกรแบบสุ่มและสัมภาษณ์เชิงลึกแบบรายบุคคล จำนวน 6 ราย พบว่า ต้นทุนการเลี้ยงปลานิล เท่ากับ 62,998.42 บาท/รอบ/กระชัง ต้นทุนผันแปร เท่ากับ 62,954.84 บาท/รอบ/กระชัง คิดเป็นร้อยละ 99.952 ต้นทุนคงที่ เท่ากับ 29.98 บาท/รอบ/กระชัง คิดเป็นร้อยละ 0.048 ต้นทุนการผลิตปลานิลแปรรูปแบบแช่แข็งเมื่อพิจารณาจากค่าเสื่อมราคา เท่ากับ 17,460 บาท/ปี ต้นทุนการผลิตเฉลี่ยต่อตัว เท่ากับ 47.73 บาท ต้นทุนในการขายและการบริหาร เฉลี่ยต่อตัวเท่ากับ 140.05 บาท กำหนดราคาขายปลานิลแปรรูปแบบแช่แข็งพร้อมจัดส่ง เท่ากับ 187.78 บาท ถ้าต้องการกำไรส่วนเพิ่ม 100% จะทำให้กำหนดราคาขาย เท่ากับ 375.56 บาท หรือประมาณ 376 บาท/ตัว ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาความคุ้มค่าต่อการตัดสินใจแปรรูปปลานิลเชิงพาณิชย์ พบว่าสามารถดำเนินการได้ด้วยความคุ้มค่าของจุดคุ้มทุนที่ได้รับต่อการผลิตหนึ่งครั้ง เท่ากับ 1,400 ตัว ถ้าต้องการกำไร 10,000 บาท จุดคุ้มทุนจะอยู่ที่ 1,608 ตัว

คำสำคัญ : การวิเคราะห์ต้นทุน, ความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์, ผลิตภัณฑ์ปลานิล, วิสาหกิจชุมชน, การขนส่งแบบควบคุมอุณหภูมิ

Abstract

This study aimed to analyze the costs and determine the rate of return associated with the commercial processing of Nile tilapia products conducted by a community enterprise in Uttaradit Province. Data were collected through random sampling of farmer groups and in-depth interviews with six participants. The results revealed that the cost of raising Nile tilapia was 62,998.42 THB per cycle per cage, consisting of variable costs of 62,954.84 THB (99.952%) and fixed costs of 29.98 THB (0.048%). For frozen tilapia processing,

annual depreciation expenses were estimated at 17,460 THB, with an average production cost of 47.73 THB per fish and an average selling and administrative cost of 140.05 THB per fish. The selling price of processed frozen tilapia, including delivery, was set at 187.78 THB per fish. With a 100% profit margin, the selling price would increase to 375.56 THB (approximately 376 THB) per fish. Break-even analysis indicated that commercial processing was financially viable, with the break-even point at 1,400 fish per production cycle. To achieve a target profit of 10,000 THB, the enterprise would need to process 1,608 fish.

Keywords : Cost Analysis, Economic Analysis, Tilapia Products, Community Enterprise, Cold Chain

1. บทนำ

ในปี พ.ศ. 2563 ได้เกิดการระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาขึ้นทั่วโลก ประมาณวันที่ 30 ธันวาคม 2562 จนถึงวันที่ 11 มีนาคม 2563 โดยองค์การอนามัยโลกได้ประกาศให้โรค COVID-19 เป็นการระบาดใหญ่ ซึ่งมีผู้ป่วยจำนวนมาก และผู้เสียชีวิตเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังนั้น ทำให้ประชาชนและเกษตรกรหลากหลายอาชีพต้องเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงวิถีการดำรงชีวิตอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ (กรมควบคุมโรค, 2563) อย่างไรก็ตามประเทศไทยก็ได้รับผลกระทบดังกล่าว ทั้งการดำรงชีวิตแบบ New Normal ทำให้หลายหน่วยงานจำเป็นต้องหาวิธีในการรับมือจากผลกระทบดังกล่าวให้เกิดผลเสียที่น้อยที่สุด ทั้งนี้ จังหวัดอุดรดิตถ์ ซึ่งเป็นจังหวัดหนึ่งที่มีเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชังมากที่สุดเป็นอันดับ 2 ของภาคเหนือ (กรมประมง, 2567) ได้รับผลกระทบจากการเคลื่อนย้ายสัตว์น้ำจืด ทำให้ปลานิลที่เลี้ยงในกระชังไม่สามารถจำหน่ายหรือจัดส่งไปยังจังหวัดใกล้เคียงที่เป็นลูกค้าสำคัญได้ เมื่อได้ทำการสอบถามนักวิชาการประมงจังหวัดอุดรดิตถ์ พบว่า ปัจจัยหรือปัญหาหลักสำคัญจากสถานการณ์นี้ ได้แก่ การขนส่งปลานิลเป็นที่พร้อมบริโภคนอกพื้นที่ได้ค่อนข้างยาก รวมถึงผู้บริโภคลดปริมาณการสั่งซื้อปลานิลน้อยลง อีกทั้งนักท่องเที่ยวที่จะเดินทางมาท่องเที่ยวมีจำนวนน้อยลง ทำให้ปริมาณการสั่งซื้อปลานิลของแต่ละร้านค้ามีจำนวนน้อยลงเช่นเดียวกัน

จากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชัง ตำบลวังกะพือ อำเภอเมืองอุดรดิตถ์ จังหวัดอุดรดิตถ์ มีสมาชิกจำนวน 30 คน และประกอบอาชีพเกษตรกร (ประมง) เพียงอย่างเดียว ได้ให้ความร่วมมือต่อการยกระดับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกับการแก้ปัญหาวิกฤติการณ์โควิด-19 โดยต้องการศึกษาแนวทางการแปรรูปปลานิลแบบแช่แข็งเพื่อการจำหน่ายและจัดส่งผลิตภัณฑ์แบบควบคุมอุณหภูมิอย่างเป็นระบบ ภายใต้ความสะอาดและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ทำให้ผู้บริโภคเกิดความน่าเชื่อถือและไว้วางใจ อย่างไรก็ตาม แนวทางดังกล่าวจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลและการวิเคราะห์ความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจในการลงทุนและจัดจำหน่ายให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้สนใจที่จะศึกษาต้นทุนการเลี้ยง ต้นทุนการแปรรูปผลิตภัณฑ์ปลานิลแบบแช่แข็ง ต้นทุนการจัดส่งผลิตภัณฑ์แบบควบคุมอุณหภูมิ (Cold Chain) รวมถึงแนวทางการกำหนดราคาขายตามวิธีต้นทุน อีกทั้งยังพิจารณาความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์เพื่อให้เกษตรกรได้ตัดสินใจก่อนการลงทุน

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนและอัตราผลตอบแทนในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ปลานิลเชิงพาณิชย์ของกลุ่มเกษตรกรวิสาหกิจชุมชนแห่งหนึ่งในจังหวัดอุดรดิตถ์



3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มเกษตรกรวิสาหกิจชุมชน จังหวัดอุดรดิตถ์ ที่เลี้ยงปลานิลในกระชัง ตำบลวังกะพ้อ อำเภอเมืองอุดรดิตถ์ จังหวัดอุดรดิตถ์ โดยสุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจงและใช้เทคนิควิธีคัดเลือกแบบอาสาสมัคร (Voluntary Selection) จำนวน 6 ราย (ปาณิสรา หาดขุนทด และคณะ, 2565) จากสมาชิก จำนวน 30 ราย

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เป็นการใช้แบบสัมภาษณ์เชิงลึกแบบรายบุคคล (In-Dept Interview) ใช้แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง (Semi-Structure) มี 2 ส่วน ประกอบด้วย ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับเกษตรกรเกี่ยวกับการเลี้ยงปลานิล ได้แก่ จำนวนกระชัง, ปริมาณปลา (ตัว), ยี่ห้ออาหารปลา, ยาและอาหารเสริม, ระยะเวลาการเลี้ยง (วัน), น้ำหนักปลาต่อตัว (กิโลกรัม), ราคาซื้อปลาหน้ากระชัง (บาท/กิโลกรัม) ส่วนที่ 2 ด้านต้นทุนการเลี้ยงปลานิลตลอดโซ่อุปทาน และต้นทุนการแปรรูปปลานิลแบบแช่เย็น ได้แก่ ต้นทุนลูกพันธุ์ปลา (บาท/ตัว) จำนวนปลา (ตัว/กระชัง) จำนวนกระชัง ต้นทุนค่าอาหาร (บาท/ถุง) จำนวนอาหาร (ถุง/กระชัง) ต้นทุนยารักษาโรค (บาท/รอบ) ต้นทุนแรงงานเลี้ยงปลา (บาท/คน/วัน) ต้นทุนแรงงานจับปลา (บาท/คน/ครั้ง) ระยะเวลาการเลี้ยง (วัน/รอบ) ราคาซื้อปลาหน้ากระชัง (บาท/กิโลกรัม)

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ (พัชรี พระสงฆ์ และคณะ, 2567) (ภัทรภร กิณพันธ์, 2566)

3.3.1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มเกษตรกรวิสาหกิจชุมชนผู้เลี้ยงปลานิล การวิเคราะห์ใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ได้แก่ ความถี่ (Frequency) ร้อยละ (Percentage)

3.3.2 วิเคราะห์ต้นทุนการเลี้ยงปลานิลตลอดโซ่อุปทาน

1) ต้นทุนรวม (Total Cost: TC) เป็นต้นทุนที่เกิดจากการเลี้ยงปลานิลทั้งหมด ประกอบด้วย ต้นทุนคงที่รวม (Total Fixed Cost: TFC) และต้นทุนผันแปรรวม (Total Variable Cost: TVC) สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$TC = TFC + TVC \quad (1)$$

กำหนดให้:

ต้นทุนคงที่รวม สำหรับการเลี้ยงปลานิล ได้แก่ ค่าเสื่อมราคากระชังปลา ค่าเสื่อมราคาเครื่องมือและอุปกรณ์ และค่าเสียโอกาสในการลงทุน 0.25%

ต้นทุนผันแปรรวม สำหรับการเลี้ยงปลานิล ได้แก่ ค่าลูกพันธุ์ปลา ค่าอาหารปลา ค่ายารักษาโรค ค่าแรงงานเลี้ยงปลา ค่าแรงงานจับปลา ค่าน้ำ ค่าไฟฟ้า และค่าน้ำมันเชื้อเพลิง

2) ผลตอบแทนการเลี้ยงปลานิล คือ รายได้จากการจำหน่ายปลานิลเพื่อแปรรูปได้ (Total Revenue: TR)

$$TR = \text{ราคาปลานิล (P)} \times \text{จำนวนปลานิลที่จำหน่าย (Q)} \quad (2)$$

$$\text{กำไรขั้นต้น (Gross Profit: GP)} = TR - \text{ต้นทุนรวมการเลี้ยงปลานิล} \quad (3)$$

3) การกำหนดราคาขายปลานิลแปรรูปแบบแช่แข็งตามราคาต้นทุนเต็ม (Full Cost Based Pricing)

$$\text{ราคาขาย} = \text{ต้นทุนเต็ม} + (\text{อัตรากำไรบวกเพิ่ม} \times \text{ต้นทุนเต็ม}) \quad (4)$$

$$\text{อัตรากำไรบวกเพิ่ม} = \frac{\text{ผลกำไรตอบแทนการลงทุนที่ต้องการ} + \text{ค่าใช้จ่ายในการขาย}}{\text{จำนวนหน่วยการผลิตและขาย} \times \text{ต้นทุนการผลิตต่อหน่วย}}$$

4) คำนวณหาจุดคุ้มทุน (สกุลตลา วรณปะเช, 2562)

$$\text{จุดคุ้มทุน (หน่วย)} = \frac{\text{ต้นทุนในการผลิต}}{\text{ราคาขายต่อหน่วย} - \text{ต้นทุนในการขายและการบริหารต่อหน่วย}} \quad (5)$$

$$\text{จุดคุ้มทุน ณ กำไรที่ต้องการ (หน่วย)} = \frac{\text{ต้นทุนในการผลิต} + \text{กำไรที่ต้องการ}}{\text{ราคาขายต่อหน่วย} - \text{ต้นทุนในการขายและการบริหารต่อหน่วย}} \quad (6)$$

3.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ณัฐธินัน เอื้อศิลป์ และช่อพกา ดวงมณี (2564) การศึกษานี้ได้ดำเนินการศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนการเพาะเลี้ยงปลานิลในกระชังในแม่น้ำโขง (จังหวัดหนองคาย) ระหว่างปีการผลิต 2562 โดยได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้ประกอบการ จำนวน 108 ฟาร์ม พบว่า ส่วนใหญ่อยู่ในภาวะขาดทุนการผลิตปลานิลเฉลี่ย 12,755.40 บาท/ตารางเมตร/ปี ส่วนใหญ่มาจากค่าอาหาร คิดเป็นร้อยละ 75.02 เมื่อพิจารณาความคุ้มค่า พบว่า ฟาร์มขนาดกลางมีความคุ้มค่ามากกว่าฟาร์มขนาดอื่น ๆ ส่วนต้นทุนผันแปรรวม อยู่ที่ 12,545.79 บาท/กระชัง/ปีการผลิต ต้นทุนคงที่รวม อยู่ที่ 209.61 บาท/กระชัง/ปีการผลิต

อติญา วงศ์วิทย์วิโชติ และคณะ (2564) งานวิจัยนี้ได้จัดทำโครงการระบบส่งเสริมเกษตรแบบแปลงใหญ่ปลานิล เพื่อพัฒนาแหล่งผลิตและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต การประเมินความคุ้มค่าของโครงการ ประกอบด้วย ต้นทุนที่กรมประมงสนับสนุนและการสูญเสียรายได้จากงานประจำของเกษตรกร เทียบกับผลประโยชน์ด้านต้นทุนการผลิตที่ลดลง เช่น ค่าอาหาร ค่าลูกพันธุ์ โดยกำหนดให้อายุโครงการ 5 ปี อัตราการคิดลดร้อยละ 5 พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 13.13 ล้านบาท อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนเท่ากับ 5.48 และอัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับร้อยละ 94 และค่าวิเคราะห์ความอ่อนไหว พบว่าโครงการนี้มีความคุ้มค่าต่อการลงทุน

ศุภชัย นุชิต และคณะ (2566) การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตกล้าไม้ของศูนย์เมล็ดพันธุ์ไม้ภาคเหนือ มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตกล้าไม้และเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตกล้าไม้ ผลการวิจัยพบว่า ค่าใช้จ่ายในการผลิตกล้าไม้เศรษฐกิจ จำนวน 10 ชนิด 4 วงศ์ สูงกว่าต้นทุนการผลิตกล้าไม้เศรษฐกิจของสถานีเพาะชำกล้าไม้จังหวัดลำปาง เนื่องจากใช้วัสดุเพาะชำกล้าไม้ที่เหมาะสมโดยมีการใช้ทรายผสม เพื่อให้การระบายน้ำและอากาศดี

ธนาธิป พัวพรพงษ์ และคณะ (2566) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเงินลงทุนและค่าใช้จ่ายเพื่อศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนในการเลี้ยงปลานิลและวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงินในการเลี้ยงตลอดห่วงโซ่ปลานิล ผลการวิจัยพบว่า 1) เงินลงทุนในการเลี้ยงตลอดห่วงโซ่ปลานิล เฉลี่ย 390,781.25 บาท และค่าใช้จ่ายในการเลี้ยงเฉลี่ย 216,187.50 บาท 2) ต้นทุนการเลี้ยงตลอดห่วงโซ่ปลานิล เฉลี่ย 412,781.25 บาท ผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ย 1,595,875 บาท และผลตอบแทนการลงทุน เฉลี่ย 102.01% เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบทั้งสองกลุ่ม ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ภัทรภร กิณีพันธ์ (2566) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตและวิเคราะห์แนวทางการกำหนดราคาขายตามวิธีต้นทุนของกระเป๋าสานเส้นพลาสติกของวิสาหกิจชุมชนบ้านขามป้อม ตำบลสวนหม่อน อำเภอแม่จัน จัหวัดขอนแก่น ผลการวิจัยพบว่า งานวิจัยนี้ได้กำหนดกลุ่มตัวอย่าง



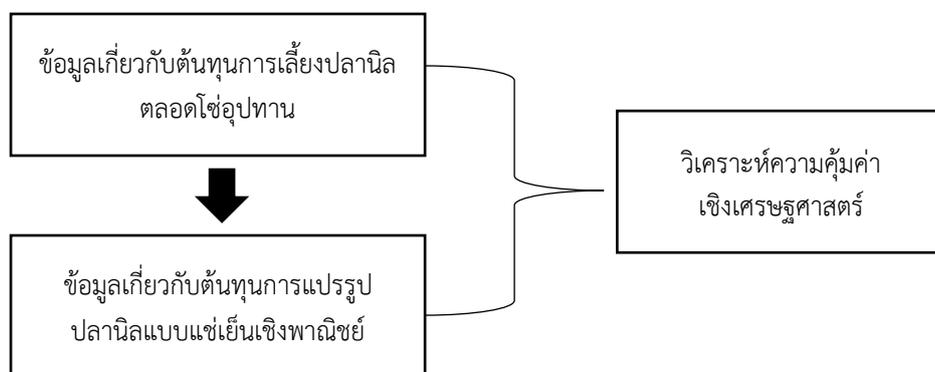
จำนวน 10 ราย เลือกรุ่นตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต พบว่า ต้นทุนการผลิตทั้งหมด 6,551.47 บาทต่อเดือน จำแนกเป็นต้นทุนวัตถุดิบ 921.47 บาท ค่าแรงงาน 5,100 บาท และค่าใช้จ่ายในการผลิต 530 บาท ต้นทุนกระเป๋าสานเส้นพลาสติก 54.60 บาทต่อใบ การกำหนดราคาขายโดยวิธีต้นทุนรวม เท่ากับ 119.20 บาท และต้นทุนผันแปร เท่ากับ 117.02 บาท

นลินี อัครวิติสกุล และคณะ (2566) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนการเลี้ยงปลานิลในกระชัง กรณีศึกษาบ้านมาบกราด ตำบลโคกกระชาย อำเภอบรบือ จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเป็นเกษตรกรที่มีประสบการณ์การเลี้ยงไม่น้อยกว่า 5 ปี จำนวน 16 คน เก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์เชิงลึก และนำมาวิเคราะห์หาต้นทุนและผลตอบแทน ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรมีอาชีพเลี้ยงปลานิลในกระชังเป็นอาชีพหลัก มีรายได้จากการเลี้ยงปลานิล เป็นเงิน 77,938 บาท/กระชัง มีต้นทุนรวม 67,564.67 บาท/กระชัง มีกำไรสุทธิเป็นเงิน 10,373.33 บาท/กระชัง จุดคุ้มทุนอยู่ที่ 294.88 กิโลกรัม/กระชัง

พัชรี พระสงฆ์ และคณะ (2567) การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนการเลี้ยงโคเนื้อของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน จังหวัดนครศรีธรรมราช การเก็บรวบรวมข้อมูลการสนทนากลุ่มย่อย จำนวน 8 กลุ่ม แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างและแกนนำสมาชิกวิสาหกิจชุมชน จำนวน 20 ราย ผลการศึกษาพบว่า (1) ต้นทุนการเลี้ยงโคเนื้อ เฉลี่ยต่อตัวเท่ากับ 60,492.01 บาท ประกอบด้วย ต้นทุนคงที่ 2,910.16 บาท และต้นทุนผันแปร 57,581.85 บาท และ (2) รายได้จากการจำหน่ายโคเนื้อ เฉลี่ยต่อตัว เท่ากับ 58,500 บาท รายได้จากการขายมูลโค 3,000 บาท กำไรสุทธิเฉลี่ยต่อตัว 1,007.99 บาท อัตรากำไรขั้นต้น 3.48% อัตรากำไรสุทธิ 1.64% และมีปริมาณการขาย ณ จุดคุ้มทุน 3.17 ตัว หรือ 4 ตัว คิดเป็นเงิน 246,000 บาท

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้น พบว่า การศึกษาการวิเคราะห์ต้นทุนและความคุ้มค่าในการตัดสินใจแปรรูปผลิตภัณฑ์ปลานิลเชิงพาณิชย์ยังไม่พบว่ามีการศึกษาอย่างชัดเจน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำแนวคิดและหลักการของแต่ละงานวิจัยมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ยกตัวอย่างเช่น การวิเคราะห์ต้นทุนการเลี้ยงปลานิล, การวิเคราะห์ต้นทุนการแปรรูปผลิตภัณฑ์ และการวิเคราะห์ความคุ้มค่าต่อการตัดสินใจแปรรูปผลิตภัณฑ์ เป็นต้น

3.5 กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดงานวิจัย

4. ผลการวิจัย

4.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับต้นทุนการเลี้ยงปลานิลและการผลิตปลานิลแปรรูปแบบแช่แข็ง

ผลการศึกษาข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรวิสาหกิจชุมชนผู้เลี้ยงปลานิลในกระชัง ตำบลวังกะพี้ อำเภอเมือง จังหวัดอุดรดิตถ์ จำนวน 6 ราย ผู้ตอบแบบสัมภาษณ์ส่วนใหญ่เป็นหญิง จำนวน 4 ราย คิดเป็นร้อยละ 66.67 ประกอบอาชีพเกษตรกรเป็นหลัก ร้อยละ 83.33 ปรากฏดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชัง

ข้อมูลการเลี้ยง	เกษตรกร (ราย)					
	รายที่ 1	รายที่ 2	รายที่ 3	รายที่ 4	รายที่ 5	รายที่ 6
จำนวนกระชัง	16	40	42	78	46	74
ปริมาณปลานิลที่มีอยู่ในปัจจุบัน (ตัว/กระชัง)	800	800-1,000	800	800	600-800	800
ยี่ห้ออาหารปลาที่ใช้	Happy	-	Happy/ Acco feeds	Happy	Acco feeds	Happy/ Acco feeds
การใช้ยารักษาโรค	ยา, อาหาร เสริม	-	ไวตามอล	อาหารเสริม	วิตามินซี	ยาแก้ อักเสบ, ต่างทับทิม
ระยะเวลาการเลี้ยงปลา (วัน/รอบ)	150	135-150	150	150	150	150
น้ำหนักปลา (ตัว/กิโลกรัม)	1.0 -1.2	1.0	0.8-1.2	0.8-1.2	0.8-1.2	0.8-1.2

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เลี้ยงปลานิลอยู่ในระดับกลางขึ้นไป ตั้งแต่ 40 กระชังขึ้นไป สูงสุดอยู่ที่ 78 กระชัง และต่ำสุดอยู่ที่ 16 กระชัง และปริมาณการเลี้ยงปลานิลต่อกระชัง อยู่ที่ 800 ตัว ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานการเลี้ยงปลานิล รวมถึงจำนวนวันในการเลี้ยงปลานิล อยู่ที่ 150 วัน จึงจะสามารถจับปลานิลเพื่อจำหน่ายได้ โดยปลานิลจะมีขนาด 0.80-1.20 กิโลกรัมต่อตัว

ตารางที่ 2 ข้อมูลต้นทุนการเลี้ยงปลานิลในกระชังของเกษตรกรวิสาหกิจชุมชน

รายการต้นทุน	เกษตรกร (ราย)						เฉลี่ย
	รายที่ 1	รายที่ 2	รายที่ 3	รายที่ 4	รายที่ 5	รายที่ 6	
ค่าลูกพันธุ์ปลานิล (บาท/ตัว)	4.50	4.50	5.00	5.00	4.50	5.00	4.75
จำนวนปลานิล (ตัว/กระชัง)	800	800-1,000	800	800	600-800	800	800
จำนวนกระชัง	16	40	42	78	46	74	49.33
ค่าอาหารปลานิล (บาท/ถุง)	485	450	550	485	500	452	487
จำนวนอาหารปลานิล (ถุง/กระชัง)	10	10	10	10	10	10	10
ค่ายารักษาโรค (บาท/รอบ)	700	-	600-700	600	-	2,400	725
ค่าแรงงานเลี้ยงปลานิล (บาท/คน/วัน)	300	300	300	600	300	300	350
ต้นทุนแรงงานจับปลานิล (บาท/คน/ครั้ง)	-	-	-	-	400	-	66.67



รายการต้นทุน	เกษตรกร (ราย)						เฉลี่ย
	รายที่ 1	รายที่ 2	รายที่ 3	รายที่ 4	รายที่ 5	รายที่ 6	
ระยะเวลาการเลี้ยงปลานิล (วัน/รอบ)	150	135-150	150	150	150	150	149.17
ราคาซื้อปลานิลหน้ากระชัง (บาท/กิโลกรัม)	70	70	70	70	70	70	70

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นถึงข้อมูลต้นทุนการเลี้ยงปลานิล พบว่า ค่าลูกพันธุ์ปลานิล เฉลี่ยเท่ากับ 4.75 บาท/ตัว มีจำนวนกระชังเฉลี่ย 49.33 กระชัง/ราย หรือประมาณ 49 กระชัง มีจำนวนการเลี้ยงปลานิลต่อกระชัง เฉลี่ยเท่ากับ 800 ตัว/กระชัง สามารถคิดจำนวนปลานิลต่อเกษตรกร 1 ราย เฉลี่ยเท่ากับ 39,200 ตัว/รอบ ในขณะที่ค่าอาหารปลานิล มีราคาเฉลี่ยเท่ากับ 487 บาท/ถุง ต้องใช้อาหารปลานิล เฉลี่ย 10 ถุง/กระชัง เมื่อคำนวณค่าอาหารปลานิลต่อเกษตรกร 1 ราย เฉลี่ยเท่ากับ 238,630 บาท/รอบ นอกจากนี้ยังมีค่ายารักษาโรค เฉลี่ยเท่ากับ 725 บาท/รอบ ค่าแรงงานเลี้ยงปลานิล เฉลี่ยเท่ากับ 350 บาท/คน/วัน เมื่อคำนวณค่าแรงงานเลี้ยงปลานิลต่อรอบการเลี้ยง เฉลี่ยเท่ากับ 52,500 บาท/รอบ ต้นทุนแรงงานจับปลานิล เฉลี่ยเท่ากับ 66.67 บาท/คน/ครั้ง หากคิดต้นทุนแรงงานจับปลานิลต่อเดือน เฉลี่ยเท่ากับ 2,000 บาท/คน/เดือน

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ต้นทุนรวมการเลี้ยงปลานิลของเกษตรกรวิสาหกิจชุมชน (หน่วย: บาท/รอบ/กระชัง)

รายการ	ต้นทุนเป็นเงินสด	ต้นทุนไม่เป็นเงินสด	ต้นทุนรวม	ร้อยละ
ต้นทุนคงที่				
ค่าเสื่อมราคากระชังและอุปกรณ์กระชัง	-	25.81	25.81	86.091
ค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์การผลิตปลานิล	-	3.94	3.94	13.142
ค่าเสียโอกาสในการลงทุนในต้นทุนคงที่ (อัตราดอกเบี้ย 0.75 ต่อปี)	-	0.23	0.23	0.767
รวมต้นทุนคงที่	-	29.98	29.98	0.048
ต้นทุนผันแปร				
ค่าลูกพันธุ์ปลานิล (บาท/กระชัง)	3,800	-	3,800	6.035
ค่าอาหารปลานิล (บาท/กระชัง)	4,870	-	4,870	7.734
ค่ายารักษาโรค (บาท/รอบ)	725	-	725	1.151
ค่าแรงงานเลี้ยงปลานิล (บาท/คน/รอบ)	-	52,500	52,500	83.375
ค่าแรงงานจับปลานิล (บาท/คน/10 ครั้ง)	660.67	-	660.67	1.049
ค่าวัสดุอุปกรณ์อายุการใช้งานไม่เกิน 1 ปี	25.18	-	25.18	0.040
ค่าไฟฟ้า (บาท/รอบ)	364.50	-	364.50	0.579
ค่าซ่อมแซมอุปกรณ์เครื่องมือ	9.49	-	9.49	0.015
ค่าเสียโอกาสของเงินลงทุนในต้นทุนผันแปร (อัตราดอกเบี้ย 0.75 ต่อปี)	-	13.60	13.60	0.022
รวมต้นทุนผันแปร	10,429.92	52,513.60	62,943.52	99.952
รวมต้นทุนการเลี้ยงปลานิลทั้งหมด	10,429.92	52,543.58	62,973.50	100

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่า ต้นทุนคงที่ของการเลี้ยงปลานิลในกระชัง เท่ากับ 29.98 บาท/กระชัง คิดเป็นร้อยละ 0.048 ของต้นทุนการเลี้ยงปลานิลทั้งหมด ในขณะที่ต้นทุนผันแปรของการเลี้ยงปลานิลในกระชัง เท่ากับ 62,943.52 บาท/กระชัง/รอบ คิดเป็นร้อยละ 99.952 ของต้นทุนการเลี้ยงปลานิลทั้งหมด โดยมีต้นทุนรวม เท่ากับ 62,973.50 บาท/กระชัง/รอบ ทั้งนี้ ผู้วิจัยยังพบว่า ค่าแรงงานเลี้ยงปลานิลเป็นต้นทุนผันแปรที่มีค่าสูงสุด เท่ากับ 52,500 บาท/คน/รอบ คิดเป็นร้อยละ 83.375

ตารางที่ 4 ต้นทุนการผลิตปลานิลแปรรูปแบบแช่แข็งครั้งแรก (อายุการใช้งานเฉลี่ย 5 ปี)

รายการต้นทุน	รวมเป็นเงิน (บาท)	ค่าเสื่อมราคาต่อ 1 ปีการผลิต
ค่าภาชนะใส่ปลานิล	1,050	210
ค่าเชียง	2,400	480
ค่ามีด	1,350	270
ค่าเครื่องซีลพลาสติกสุญญากาศ	12,200	2,440
ค่าตู้เย็นสำหรับแช่แข็ง	56,500	11,300
ภาคบรรจุผลิตภัณฑ์	13,800	2,760
รวมต้นทุนการผลิต	87,300	17,460

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่า ต้นทุนการผลิตปลานิลแปรรูปแบบแช่แข็ง สำหรับการลงทุนครั้งแรกมีต้นทุนรวม เท่ากับ 87,300 บาท เฉลี่ยค่าเสื่อมราคาต่อปี เท่ากับ 17,460 บาท อย่างไรก็ตาม อาจนำไปพิจารณาว่าค่าเสื่อมราคาสำหรับอายุการใช้งานเฉลี่ย 10 ปี ได้ในบางรายการ เช่น เครื่องซีลพลาสติกสุญญากาศ ตู้เย็นสำหรับแช่แข็ง และภาคบรรจุผลิตภัณฑ์ เนื่องจากวัสดุและอุปกรณ์ดังกล่าวมีลักษณะที่แข็งแรง ทนทาน และเป็นอุปกรณ์สำหรับการใช้งานในอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร

ตารางที่ 5 ต้นทุนการผลิตรวมของปลานิลแปรรูปแบบแช่แข็ง (กำหนดปริมาณการผลิตต่อเดือน เท่ากับ 1,500 ตัว/เดือน)

รายการต้นทุน	ต้นทุนต่อเดือน (บาท)	เฉลี่ยต้นทุน (บาท/ตัว)
ต้นทุนในการผลิต		
ปลานิล (วัตถุดิบทางตรง)	21,000	14
ค่าแรงงานทางตรง	27,000	18
ค่าเสื่อมราคาเครื่องมือและอุปกรณ์ (อายุการใช้งานเฉลี่ย 5 ปี)	17,460	11.64
ค่าไฟฟ้า	1,250	0.83
ค่าน้ำประปา	240	0.16
ค่าวัสดุสิ้นเปลือง	150	0.10
รวมต้นทุนในการผลิต	67,100	47.73
ต้นทุนในการขายและการบริหาร		
ค่าจัดส่งสินค้าแบบ Cold Chain	210,000	140
ค่าติดต่อประสานงาน	690	0.05
รวมต้นทุนในการขายและการบริหาร	210,690	140.05
ต้นทุนรวมทั้งหมด	277,790	187.78
ถ้าต้องการกำไรส่วนเพิ่ม 100%		187.78
ราคาขาย		375.56



จากตารางที่ 5 แสดงให้เห็นการพิจารณาต้นทุนในการผลิต ประกอบด้วย วัตถุดิบทางตรง คือ ปลาไนล เฉลี่ยเท่ากับ 14 บาท/ตัว ค่าแรงงานทางตรง เฉลี่ยเท่ากับ 18 บาท/ตัว ค่าเสื่อมราคาเครื่องมือและอุปกรณ์ เฉลี่ยเท่ากับ 11.64 บาท/ตัว ค่าไฟฟ้า เฉลี่ยเท่ากับ 0.83 บาท/ตัว ค่าน้ำประปา เฉลี่ย 0.16 บาท/ตัว ค่าวัสดุสิ้นเปลือง เฉลี่ย 0.10 บาท/ตัว รวมต้นทุนในการผลิต เฉลี่ยเท่ากับ 47.73 บาท/ตัว ในขณะที่ต้นทุนในการขายและการบริหาร ประกอบด้วย ค่าจัดส่งสินค้าแบบ Cold Chain เฉลี่ยเท่ากับ 140 บาท/ตัว ค่าติดต่อประสานงาน เฉลี่ยเท่ากับ 0.05 บาท/ตัว รวมต้นทุนในการขายและการบริหาร เฉลี่ยเท่ากับ 140.05 บาท/ตัว ต้นทุนรวมเฉลี่ยเท่ากับ 187.78

4.2 การคำนวณหาผลตอบแทนการเลี้ยงปลาไนล

ผู้วิจัยสามารถคำนวณการหาผลตอบแทนการเลี้ยงปลาไนล โดยใช้สมการที่ (7) – (8) ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ราคาปลาไนล (P)} \times \text{จำนวนปลาไนลที่จำหน่าย (Q)} &= \text{TR} & (7) \\ 70 \times 800 &= 56,000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TR} - \text{ต้นทุนรวมการเลี้ยงปลาไนล} &= \text{กำไรขั้นต้น (Gross Profit: GP)} & (8) \\ 56,000 - 62,998.42 &= -6,998.42 \end{aligned}$$

จากข้อมูลข้างต้น สามารถอธิบายได้ว่า การเลี้ยงปลาไนลในกระชัง/รอบการผลิต/กระชัง มีจำนวนปลาไนลที่เลี้ยง 800 ตัว/รอบ/กระชัง กำหนดราคาขายหน้ากระชัง เท่ากับ 70 บาท/ตัว ซึ่งได้ผลตอบแทน เท่ากับ 56,000 บาท/รอบ/กระชัง พบว่า ขาดทุน เท่ากับ 6,998.42 บาท/รอบ/กระชัง

4.3 การกำหนดราคาขายปลาไนลแปรรูปแบบแช่แข็ง และการหาจุดคุ้มทุน

ผู้วิจัยสามารถคำนวณหาราคาขายปลาไนลแปรรูปแบบแช่แข็ง โดยใช้สมการที่ (4) ซึ่งใช้ข้อมูลจากตารางที่ 5 กำหนดราคาตามราคาต้นทุนเต็ม เท่ากับ 187.78 บาท/ตัว สามารถกำหนดให้เป็นเลขจำนวนเต็มเท่ากับ 188 บาท/ตัว และสามารถคำนวณหาจุดคุ้มทุน โดยใช้สมการที่ (9) - (10) ดังนี้

$$\frac{\text{ต้นทุนในการผลิต}}{\text{ราคาขายต่อหน่วย} - \text{ต้นทุนในการขายและการบริหารต่อหน่วย}} = \text{จุดคุ้มทุน (หน่วย)} \quad (9)$$

$$\frac{67,100}{188 - 140.05} = 1,399.37 \quad \text{หรือประมาณ } 1,400 \text{ ตัว}$$

$$\frac{\text{ต้นทุนในการผลิต} + \text{กำไรที่ต้องการ}}{\text{ราคาขายต่อหน่วย} - \text{ต้นทุนในการขายและการบริหารต่อหน่วย}} = \text{จุดคุ้มทุน ณ กำไรที่ต้องการ (หน่วย)} \quad (10)$$

$$\frac{67,100 + 10,000}{188 - 140.05} = 1,607.92 \quad \text{หรือประมาณ } 1,608 \text{ ตัว}$$

เมื่อพิจารณาจุดคุ้มทุนแล้ว พบว่า วิสาหกิจชุมชนควรจำหน่ายปลาไนลแปรรูป จำนวน 1,400 ตัว จึงจะคุ้มทุน หากจำหน่ายปลาไนลแปรรูปต่ำกว่าหรือสูงกว่า จึงจะถือว่าขาดทุนหรือกำไรต่อไป ในขณะที่เดียวกันหากพิจารณากำไรที่ต้องการ เท่ากับ 10,000 บาท วิสาหกิจชุมชนควรจำหน่ายปลาไนลแปรรูปได้ จำนวน 1,608 ตัว เป็นต้น

5. การสรุปผล

การวิเคราะห์ต้นทุนและความคุ้มค่าในการตัดสินใจแปรรูปผลิตภัณฑ์ปลานิลเชิงพาณิชย์ของกลุ่มเกษตรกรวิสาหกิจชุมชนแห่งหนึ่ง จังหวัดอุดรดิตถ์ พบว่า ต้นทุนค่าแรงงานเลี้ยงปลานิล เท่ากับ 62,998.42 บาท/รอบ/กระชัง ส่วนใหญ่เป็นต้นทุนผันแปร เท่ากับ 62,954.84 บาท/รอบ/กระชัง ต้นทุนคงที่ เท่ากับ 29.98 บาท/รอบ/กระชัง ต้นทุนการผลิตปลานิลแปรรูปแบบแช่แข็งเมื่อพิจารณาจากค่าเสื่อมราคา เท่ากับ 17,460 บาท/ปี ต้นทุนการผลิตเฉลี่ยต่อตัว เท่ากับ 47.73 บาท ต้นทุนในการขายและการบริหาร เฉลี่ยต่อตัว เท่ากับ 140.05 บาท กำหนดราคาขายปลานิลแปรรูปแบบแช่แข็งพร้อมจัดส่ง เท่ากับ 187.78 บาท ถ้าต้องการกำไรส่วนเพิ่ม 100% จะทำให้กำหนดราคาขาย เท่ากับ 375.56 บาท หรือประมาณ 376 บาท/ตัว ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาความคุ้มค่าที่มีต่อการตัดสินใจแปรรูปผลิตภัณฑ์ปลานิลเชิงพาณิชย์ พบว่า ควรดำเนินการแปรรูปเนื่องจาก จุดคุ้มทุนของการผลิตต่อครั้ง เท่ากับ 1,400 ตัว/รอบการผลิต และหากพิจารณากำไรที่ต้องการ ควรแปรรูปอยู่ที่ 1,608 ตัว/รอบการผลิต ซึ่งได้ผลกำไรที่ชัดเจนกว่า การเลี้ยงปลานิลเพื่อจำหน่ายอย่างเดียว เพราะการเลี้ยงปลานิลเพียงอย่างเดียว พบว่า ขาดทุนอยู่ที่ 6,998.42 บาท/รอบ/กระชัง อย่างไรก็ตาม เกษตรกรควรหากลยุทธ์ด้านการลดต้นทุนการเลี้ยงปลานิล คือ ค่าแรงงานคนเลี้ยงปลานิล ซึ่งมีค่าสูงสุดเช่นเดียวกันกับการหากลยุทธ์ทางการตลาดในการจัดจำหน่ายปลานิลแปรรูปเชิงพาณิชย์ ทั้งการแช่เย็นและแช่แข็ง เพื่อการยืดอายุของสินค้าให้สามารถจัดจำหน่ายและบริโภคได้เป็นเวลานาน

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 การวิเคราะห์ต้นทุนและอัตราผลตอบแทนการเลี้ยงปลานิลและการแปรรูปปลานิลของเกษตรกรวิสาหกิจชุมชน จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลที่มีการบันทึกอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งอาจทำให้ได้ตัวเลขในการวิเคราะห์ที่ชัดเจนขึ้นสำหรับบางรายการ

6.2 ควรพิจารณาวิเคราะห์ความไวของต้นทุน เพื่อทำให้เกิดมุมมองและแนวทางการจัดจำหน่ายปลานิลแปรรูปได้เพิ่มมากขึ้น

6.3 ควรมีการพิจารณาปัจจัยด้านฤดูกาลของการจำหน่ายหรือความต้องการที่แท้จริงของลูกค้า เพื่อให้เกิดแนวทางการวางแผนการผลิตปลานิลแปรรูปได้เหมาะสมสอดคล้องกับความต้องการของตลาดด้วย

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเกษตรกรวิสาหกิจชุมชนวังกะพี้ผู้เลี้ยงปลานิลที่สละเวลาในการให้ข้อมูลและคำแนะนำเกี่ยวกับงานวิจัย รวมถึงนางสาวสิรินดา แสงเปี่ยม และนายภูมิวัฒน์ จันทน์ท้วม ผู้ช่วยนักวิจัยในการเก็บรวบรวมข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่อการวิจัยในครั้งนี้

8. เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมโรค. (2563). *โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19)*. สืบค้น 8 เมษายน 2568, จาก

https://ddc.moph.go.th/viralpneumonia/ind_world.php

กรมประมง. (2567). *สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2567*. สืบค้น 10 กันยายน 2568, จาก

https://www4.fisheries.go.th/local/index.php/main/view_qr_group/1408/7527

ณัฐธินัน เอื้อศิลป์ และช่อพกา ดวงมณี. (2564). ต้นทุนและผลตอบแทนของการเพาะเลี้ยงปลานิลในกระชังในแม่น้ำโขง (จังหวัดหนองคาย) ระหว่างปีการผลิต 2562. *Journal of Business, Economics and Communication*, 16(3), 144-162.



- ธนธิป พัวพรพงษ์, ปิยะดา คัมภีรานนท์ และ รพีพร ชัยชนะ. (2566). การศึกษาความคุ้มค่าทางการเงินในการเลี้ยงปลานิลของกลุ่มเกษตรกรในจังหวัดนครปฐม. *RMUTT Global Business and Economics Review*, 18(1), 139-155.
- นลินี อัครวิติสกุล, กิ่งแก้ว บุญสุข และณิชาภา กิรติอุไร. (2566). ต้นทุนและผลตอบแทนการเลี้ยงปลานิลในกระชัง กรณีศึกษาบ้านมาบกราด ตำบลโคกกระชาย อำเภอบรบือ จังหวัดนครราชสีมา. *วารสารวิชาการและวิจัย มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ*, 13(4), 288-297.
- ปาณิสรา หาดขุนทด, ธนากร แสงกุดเลาะ, เกศสุตา โภคานิตย์ และกัฬา หนูยศ. (2565). การศึกษาปัจจัยเสี่ยงที่มีผลกระทบต่อ การเลี้ยงปลาที่บ่อบำบัดน้ำในกระชังลุ่มแม่น้ำน่าน จังหวัดพิษณุโลก. *Journal of MCU Ubon Review*, 7(3), 1123-1136.
- พัชรี พระสงฆ์, เกียรติขจร ไชยรัตน์, และอรัญญา จินาชาญ. (2567). วิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนการเลี้ยงโคเนื้อของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน จังหวัดนครศรีธรรมราช. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 14 ประจำปีการศึกษา 2566* (น. EP142-EP150). นครศรีธรรมราช: คณะเทคโนโลยีการจัดการราชชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช.
- ภัทรภร กิรินทร์. (2566). การวิเคราะห์ต้นทุนและแนวทางกำหนดราคาขายตามวิธีต้นทุนของผลิตภัณฑ์กระเป๋าสานเส้นพลาสติกของวิสาหกิจชุมชนบ้านขามป้อม ตำบลสวนหม่อน อำเภอมัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น. *วารสารวิชาการและวิจัย มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ*, 13(4), 298-309.
- ศุภชัย นุชิต, ธนากร ลัทธิธีระสุวรรณ, ปิยะพิศ ขอนแก่น, และทีมา โยธาทักดี. (2566). การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตกล้าไม้ของศูนย์เมล็ดพันธุ์ไม้ภาคเหนือ. *วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม*, 17(2), 755-766.
- สกุลตลา วรณปะเข. (2568). *เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม (ฉบับพื้นฐาน)*. กรุงเทพฯ: สหมิตรพัฒนาการพิมพ์.
- อติญา วงศ์วิทย์วิโชติ, กุลภา กุลติลก, และเดชรัตน์ สุขกำเนิด. (2564). การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจของโครงการระบบส่งเสริมการเลี้ยงปลานิลแบบแปลงใหญ่ในจังหวัดชลบุรี. *แก่นเกษตร*, 49(2), 430-441.

การใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (AHP) สำหรับการตัดสินใจหลายเกณฑ์ในการคัดเลือก
ผู้ส่งมอบวัสดุปูพื้นในงานก่อสร้างอาคารมูลค่าสูง

APPLICATION OF THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP) FOR
MULTI-CRITERIA DECISION MAKING IN THE SELECTION OF FLOOR
FINISHING MATERIAL SUPPLIERS FOR HIGH-VALUE BUILDING
CONSTRUCTION PROJECTS

กณพ วัฒนา¹ อิศริยพร หลวงหาญ¹ ธนภูมิ เพ็ญเพียร¹ และเจนศักดิ์ คชนิล^{1*}

¹ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

Kanop Wattana¹ Itsariyaporn Luanghan¹ Thanapoom Fuangpian¹ and Jensak Koschanin^{1*}

¹Faculty Industrial Technology, Uttaradit Rajabhat University

*Corresponding author e-mail: jensakpanda@gmail.com

วันที่รับ : 24 มิถุนายน 2568

วันที่แก้ไข : 11 กันยายน 2568

วันที่ตอบรับ : 22 กันยายน 2568

Received : June 24, 2025

Revised : September 11, 2025

Accepted : September 22, 2025

บทคัดย่อ

การคัดเลือกผู้จัดหาในโครงการก่อสร้างมูลค่าสูงมักขาดกรอบการประเมินเป็นระบบและเน้นเฉพาะปัจจัยต้นทุน ทำให้ขาดการพิจารณาตัวแปรสำคัญที่กำหนดความสำเร็จโครงการระยะยาว การศึกษานี้พัฒนากลอบการตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์สำหรับการคัดเลือกผู้จัดหาวัสดุปูพื้นเชิงกลยุทธ์ งานวิจัยใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) ประเมิน 5 เกณฑ์หลัก คือ คุณภาพวัสดุ ความพร้อมส่งมอบ ความสมบูรณ์การส่งมอบ ต้นทุน และขีดความสามารถผลิต ข้อมูลรวบรวมจากผู้เชี่ยวชาญการบริหารโครงการก่อสร้าง 3 ท่านผ่านการสัมภาษณ์เชิงลึกแบบมีโครงสร้าง ผลการศึกษาพบคุณภาพวัสดุน้ำหนักสำคัญสูงสุด (0.1103) รองลงมาคือ ต้นทุน (0.1082) และความพร้อมส่งมอบ (0.1061) การประเมินผู้จัดหาทางเลือกแสดงผู้จัดหา AAA ได้คะแนนสูงสุด (0.1710) ความน่าเชื่อถือตรวจสอบผ่านการวิเคราะห์อัตราส่วนความสอดคล้อง (CR) ซึ่งทุกค่าต่ำกว่า 0.10 ยืนยันความเข้มงวดของระเบียบวิธี การศึกษานี้สนับสนุนว่าการคัดเลือกผู้จัดหาควรพิจารณาปัจจัยหลายมิติอย่างเป็นระบบ แทนการพึ่งพิงเฉพาะต้นทุน กรอบงานมีศักยภาพประยุกต์ใช้กับโครงการก่อสร้างพื้นฐานสาธารณะและโรงพยาบาล ที่การจัดซื้อส่งผลต่อประสิทธิภาพ มาตรฐานสิ่งแวดล้อม และผลลัพธ์เชิงบวกต่อสังคม งานวิจัยช่วยพัฒนาแนวปฏิบัติการจัดการผู้จัดหาเชิงกลยุทธ์และการตัดสินใจอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ในการจัดซื้อจัดจ้างด้านการก่อสร้าง โดยเฉพาะโครงการที่คุณภาพและความน่าเชื่อถือสำคัญต่อสวัสดิการสาธารณะและความยั่งยืนระยะยาว

คำสำคัญ : การคัดเลือกผู้ส่งมอบวัสดุก่อสร้าง, วัสดุสิ่งปูพื้น, เทคนิคกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับ

Abstract

Supplier selection in high-value construction projects often lacks a systematic evaluation framework and tends to focus predominantly on cost, resulting in insufficient consideration of critical factors that determine long-term project success. This study aims to develop a multi-criteria decision-making framework for the strategic selection of flooring



material suppliers. The research employs the Analytic Hierarchy Process (AHP) to evaluate five key criteria: material quality, delivery readiness, completeness of delivery, cost, and production capability. Data were collected from three construction project management experts through structured in-depth interviews. The findings indicate that material quality carries the highest importance weight (0.1103), followed by cost (0.1082) and delivery readiness (0.1061). The evaluation of alternative suppliers shows that Supplier AAA achieved the highest overall score (0.1710). The reliability of the decisions was confirmed through Consistency Ratio (CR) analysis, with all values below 0.10, demonstrating methodological rigor. This study supports the proposition that supplier selection should systematically incorporate multidimensional factors rather than relying solely on cost. The developed framework shows strong potential for application in public infrastructure and hospital projects, where procurement decisions directly affect operational efficiency, environmental compliance, and societal outcomes. Overall, the research contributes to advancing strategic supplier management and evidence-based decision-making in construction procurement, particularly in projects where quality and reliability are essential to public welfare and long-term sustainability.

Keywords : Materials Supplier Selection, Flooring Materials, AHP Technique

1. บทนำ

การเลือกวัสดุก่อสร้างที่เหมาะสมถือเป็นปัจจัยสำคัญต่อความสำเร็จของโครงการก่อสร้างใด ๆ เนื่องจากวัสดุเหล่านี้ส่งผลต่อปัจจัยหลักหลายประการ เช่น ความสมบูรณ์ของโครงสร้าง ประสิทธิภาพด้านพลังงาน ความสวยงาม ความทนทาน ความปลอดภัย การประหยัดต้นทุน และยืดอายุการใช้งานของโครงสร้าง ดังนั้นการคัดเลือกวัสดุก่อสร้างอย่างรอบคอบจึงมีความสำคัญต่อการบรรลุผลลัพธ์ที่ต้องการทั้งในด้านการก่อสร้าง การใช้งาน และความยั่งยืน (Shukla, 2024) ในขณะที่กระบวนการคัดเลือกวัสดุก่อสร้างโดยทั่วไปมักดำเนินการโดยผู้ออกแบบซึ่งเป็นสถาปนิก วิศวกร หรือนายช่าง โดยอาศัยประสบการณ์ส่วนบุคคลหรือข้อมูลจากเอกสารอ้างอิง โดยให้ความสำคัญกับมิติด้านความสวยงาม ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และความนิยมในการใช้งานวัสดุนั้น ๆ ซึ่งแนวทางดังกล่าวอาจละเลยปัจจัยสำคัญในด้านประสิทธิภาพการใช้งาน ความคงทน หรือการบำรุงรักษาในระยะยาว (ศิวัตม์ กมลคุณานนท์, 2555) การคัดเลือกวัสดุก่อสร้างตามแนวทางดั้งเดิมมักคำนึงถึงปัจจัยพื้นฐาน อาทิ ความเหมาะสมต่อการใช้งาน ต้นทุนการดำเนินการ คุณลักษณะทางสุนทรียภาพ และความพึงพอใจส่วนบุคคลของผู้ออกแบบหรือเจ้าของโครงการ (Tikul, 2014) นอกจากนี้ประเด็นเกี่ยวกับเศษวัสดุที่เกิดขึ้นตลอดกระบวนการก่อสร้าง ตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ การประมาณการวัสดุ การจัดซื้อจัดจ้าง การขนส่ง การจัดเก็บ ตลอดจนการนำไปใช้งาน ล้วนเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้ต้นทุนในการก่อสร้างเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (เทพฤทธิ์ มนต์แก้ว และจงรักษ์ ผลประเสริฐ, 2563) การศึกษาของ Abouhelal et al. (2023) ได้ชี้ให้เห็นว่า ในปัจจุบันอุตสาหกรรมก่อสร้างอาคารยังขาดแคลนวิธีการมาตรฐานที่สามารถสนับสนุนการตัดสินใจในการคัดเลือกวัสดุที่เหมาะสมได้อย่างเป็นระบบ ทั้งที่การคัดเลือกวัสดุที่มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับโครงการก่อสร้างเป็นกระบวนการที่มีความซับซ้อนและเกี่ยวข้องกับตัวแปรหลากหลายมิติ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องพัฒนาวิธีการที่เป็นระบบเพื่อกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพและมาตรฐานที่คาดหวังจากวัสดุ (Kokulu & Özgünler, 2022) ปัญหาในการคัดเลือกวัสดุ

และผู้ส่งมอบวัสดุเป็นประเด็นสำคัญที่มีนัยต่อกระบวนการบริหารจัดการโครงการก่อสร้าง โดยส่งผลกระทบต่อองค์การทั้งในมิติทางตรงและทางอ้อม ปัญหาดังกล่าวมักเกิดจากข้อจำกัดในการระบุและประเมินคุณลักษณะของวัสดุและผู้ส่งมอบที่เหมาะสมกับข้อกำหนดของโครงการ การคัดเลือกวัสดุมีความเชื่อมโยงโดยตรงกับการคัดเลือกผู้ส่งมอบ (ผู้ส่งมอบ) ซึ่งทำหน้าที่ในการจัดหา จัดซื้อ และส่งมอบวัสดุตลอดจนวัตถุดิบที่เกี่ยวข้องในห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมก่อสร้าง จากการศึกษาในอดีตได้มีการบูรณาการแนวคิดกระบวนการวิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering: VE) ร่วมกับกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process: AHP) เพื่อพัฒนารอบการวิเคราะห์เชิงระบบที่ช่วยให้ผู้มีอำนาจตัดสินใจสามารถคัดเลือกผู้ส่งมอบวัสดุที่มีคุณค่าสูงสุดตามเกณฑ์ที่กำหนด (Orabi & Al-Gahtani, 2022) โดยเทคนิค AHP เป็นวิธีการที่ได้รับการยอมรับในระดับสากลและมีการนำไปประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลาย ซึ่งช่วยในการพิจารณาและจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์การคัดเลือกด้วยวิธีการเปรียบเทียบรายคู่ (ภัทรพล สุภาคุณ, 2560, น.24) องค์ประกอบสำคัญในงานก่อสร้าง วัสดุตกแต่งพื้นถือเป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยมีสัดส่วนของต้นทุนการดำเนินการที่สูงเมื่อเทียบกับงานก่อสร้างส่วนอื่น ๆ (Ramadhan et al., 2022) สำหรับอาคารประเภทสถานพยาบาล การคัดเลือกวัสดุปูผิวพื้นจำเป็นต้องพิจารณาปัจจัยที่มีความซับซ้อนและเข้มงวดเป็นพิเศษมากกว่าอาคารปกติทั่วไป โดยต้องคำนึงถึงผลกระทบต่อผู้ใช้อาคาร มาตรฐานความปลอดภัย คุณลักษณะทางสุนทรียภาพ ความทนทานต่อการใช้งาน ประสิทธิภาพในการบำรุงรักษา และความคุ้มค่าต่อการลงทุน (Harris & Fitzgerald, 2015)

โครงการก่อสร้างอาคารของโรงพยาบาลอุดรดิตต์ ตำบลท่าอิฐ อำเภอเมืองอุดรดิตต์ จังหวัดอุดรดิตต์ เป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กสูง 8 ชั้น มีพื้นที่ใช้สอยประมาณ 20,336 ตารางเมตร มีงบประมาณในการก่อสร้างทั้งสิ้น 455,820,000 บาท อยู่ระหว่างการดำเนินงานในช่วงสำคัญของการจัดหาและติดตั้งวัสดุตกแต่งภายใน การเลือกผู้ส่งมอบวัสดุปูผิวพื้นจำเป็นต้องคำนึงถึงคุณลักษณะเฉพาะของวัสดุ เช่น ความทนทานต่อแรงกระแทก การกันลื่น ความสามารถในการทำความสะอาด ตลอดจนการสนับสนุนด้านเทคนิคจากผู้ขาย ซึ่งการประเมินด้วยเกณฑ์หลากหลายมิติดังกล่าวจำเป็นต้องใช้วิธีการที่สามารถสะท้อนลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยได้อย่างเป็นระบบ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเกณฑ์การคัดเลือกผู้ส่งมอบวัสดุปูผิวพื้น ด้วยการใช้เทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process: AHP) เพื่อให้เกิดการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพเป็นที่ยอมรับในระดับสากล โดยมีการพิจารณาจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์การคัดเลือกด้วยวิธีการเปรียบเทียบรายคู่อย่างเป็นระบบ และสอดคล้องกับสภาพจริงของโครงการก่อสร้าง ผลลัพธ์จากการวิจัยนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์อย่างยิ่งในการคัดเลือกผู้ส่งมอบวัสดุปูผิวพื้นที่มีคุณสมบัติสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และข้อกำหนดของโครงการ ช่วยลดต้นทุน และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการคัดเลือกวัสดุปูผิวพื้นสำหรับสถานพยาบาล ซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพโดยรวมของโครงการก่อสร้างอาคารของโรงพยาบาลอุดรดิตต์ นอกจากนี้กรอบการวิเคราะห์และแนวทางที่พัฒนาขึ้นจากการวิจัยนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโครงการก่อสร้างอื่น ๆ ที่มีลักษณะการใช้งานและข้อกำหนดที่คล้ายคลึงกันได้ อย่างมีประสิทธิภาพ

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อพัฒนาเกณฑ์ที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกผู้ส่งมอบวัสดุสิ่งปูพื้นกรณีศึกษาโครงการก่อสร้างอาคารภาครัฐแห่งหนึ่ง

2.2 เพื่อหาค่าน้ำหนักและจัดลำดับความสำคัญของผู้ส่งมอบวัสดุปูผิวพื้นในงาน กรณีศึกษาโครงการก่อสร้างอาคารภาครัฐแห่งหนึ่ง



3. ขอบเขตของการวิจัย

3.1 ด้านเนื้อหา ศึกษาคุณสมบัติวัสดุผิวพื้นที่ใช้ในโครงการอาคารของโรงพยาบาลอุตรดิตถ์ ประกอบด้วย กระเบื้องเซรามิก กระเบื้องยาง กระเบื้องแกรนิตโต้ หินขัดสำเร็จรูป และหินขัดกับที่ โดยวิเคราะห์ค่าน้ำหนัก และจัดลำดับความสำคัญของผู้ส่งมอบด้วยเทคนิค AHP

3.2 ด้านกลุ่มเป้าหมายประกอบด้วยผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการคัดเลือกผู้ส่งมอบวัสดุผิวพื้นที่ ได้แก่ ผู้ออกแบบ วิศวกรผู้ควบคุมงาน และเจ้าหน้าที่พัสดุ ซึ่งมีประสบการณ์ด้านการบริหารโครงการก่อสร้างไม่น้อยกว่า 10 ปี จำนวน 3 ราย

3.3 ด้านเวลา ระยะเวลาในการศึกษา คือ เดือนพฤศจิกายน 2566 ถึง เดือนกันยายน 2567

3.4 ด้านพื้นที่ โครงการก่อสร้างอาคารวินิจฉัยและรักษา ณ โรงพยาบาลอุตรดิตถ์ เลขที่ 38 ถนนแจษฎาบินทร์ ตำบลท่าอิฐ อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 ศึกษาและรวบรวมปัจจัยที่ใช้ในการคัดเลือกผู้ส่งมอบวัสดุผิวพื้นที่จากการศึกษาทบทวนเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสามารถแสดงรายละเอียด ดังตารางที่ 1

4.2 เครื่องมือและการพัฒนาเครื่องมือ การศึกษานี้ประยุกต์ใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (AHP) เพื่อกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์คัดเลือกผู้ส่งมอบวัสดุ โดยมุ่งระบุเกณฑ์ที่มีนัยสำคัญสูง เพื่อนำไปสู่การตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุดต่อโครงการ เกณฑ์การคัดเลือกแสดงไว้ในตารางที่ 2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย

4.2.1 แบบสอบถามผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องโดยใช้เทคนิค Expert Judgment (Izadikhah, 2012) เพื่อคัดเลือกเกณฑ์ที่เหมาะสมในการคัดเลือกผู้ส่งมอบ โดยกำหนดค่าคะแนน 1-5 ระดับ (Firoz et al., 2018)

4.2.2 แบบสอบถามผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง โดยใช้เทคนิค AHP เพื่อหาค่าน้ำหนักและจัดลำดับความสำคัญผู้ส่งมอบ

4.2.3 โปรแกรมทางสถิติ R studio เพื่อใช้คำนวณในการหาคำตอบเทคนิค AHP

4.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล ในการศึกษาครั้งนี้ผู้ศึกษาได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลได้ดังนี้

4.3.1 ข้อมูลปฐมภูมิ สอบถามผู้รับผิดชอบโครงการโดยตรงเพื่อทราบถึงข้อมูลเบื้องต้น เกี่ยวกับการคัดเลือกผู้ส่งมอบวัสดุ และออกแบบสอบถามให้แก่ผู้เชี่ยวชาญผู้ที่มีประสบการณ์ในการบริหารงานโครงการก่อสร้างเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 10 ปี ในการพิจารณาเกณฑ์การคัดเลือกผู้ส่งมอบวัสดุผิวพื้นที่

4.3.2 ข้อมูลทุติยภูมิ ได้จากการรวบรวมข้อมูลเอกสารที่เกี่ยวข้องจากหนังสือ เอกสาร รายงานการวิจัย บทความ และเว็บไซต์ที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์การคัดเลือกผู้ส่งมอบวัสดุผิวพื้นที่

4.4 การวิเคราะห์ข้อมูล ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามผู้เชี่ยวชาญด้วยเทคนิค Expert Judgment และแบบสอบถามผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องด้วยเทคนิค AHP โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ R Studio

4.5 กรอบแนวคิดการวิจัย จากการทบทวนวรรณกรรมและทำการศึกษางานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้อง กรอบแนวคิดในการดำเนินงานวิจัยด้วยใช้เทคนิค AHP ในการกำหนดเกณฑ์การคัดเลือกผู้ส่งมอบวัสดุผิวพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับโครงการก่อสร้างอาคารภาครัฐแห่งหนึ่ง กรอบแนวคิดในการวิจัยสามารถแสดงดังภาพที่ 1

5. ผลการวิจัย

การศึกษาเกณฑ์การคัดเลือกผู้ส่งมอบวัสดุผิวพื้นที่ กรณีศึกษาโครงการก่อสร้างอาคารภาครัฐแห่งหนึ่ง โดยการใช้เทคนิค AHP เพื่อหาค่าน้ำหนักและจัดลำดับความสำคัญของแต่ละเกณฑ์ สามารถแสดงผลได้ดังนี้

5.1 โครงสร้างเกณฑ์การคัดเลือกผู้ส่งมอบวัสดุปูผิวพื้น

โครงสร้างเกณฑ์การคัดเลือกผู้ส่งมอบวัสดุปูผิวพื้นพัฒนาขึ้นจากการทบทวนวรรณกรรม ดังแสดงในตารางที่ 1 ทำการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน (Hou et al., 2022) ได้แก่ ผู้ออกแบบ วิศวกรผู้ควบคุมงาน และเจ้าหน้าที่พัสดุ เกณฑ์การคัดเลือกผู้ส่งมอบใช้เทคนิค Expert Judgment โดยพิจารณาจากความสำคัญของเกณฑ์ระดับมาก-มากที่สุด (ค่าเฉลี่ย ≥ 3.50) ดังแสดงในตารางที่ 2 กรอบแนวคิดในการวิจัยแสดงในภาพที่ 1 และโครงสร้างเกณฑ์การคัดเลือกผู้ส่งมอบวัสดุสามารถแสดงในภาพที่ 2

ตารางที่ 1 สังเคราะห์เกณฑ์การคัดเลือกผู้ส่งมอบวัสดุปูผิวพื้นที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรม

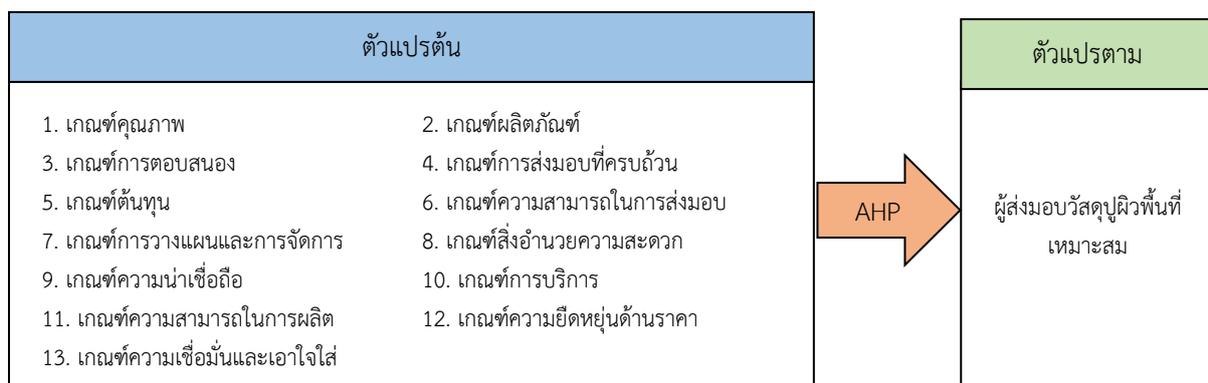
ที่	เกณฑ์การคัดเลือก	ผู้ศึกษาวิจัย												
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	คุณภาพ	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
2	ผลิตภัณฑ์		/		/						/	/		
3	การตอบสนอง							/		/	/	/	/	
4	การจัดการสิ่งแวดล้อม	/	/		/		/	/						
5	การส่งมอบที่ครบถ้วน							/	/	/	/	/		
6	ต้นทุน	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
7	ความสามารถในการส่งมอบ		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
8	การวางแผนและการจัดการ							/		/		/		
9	ทำเลที่ตั้งและระยะทาง			/				/	/		/	/		
10	ระดับการปล่อยมลพิษทางอากาศ			/										
11	ระดับการจัดการขยะ			/										
12	การออกแบบสีเขียว			/			/							
13	ประสิทธิภาพด้านการเงิน				/	/		/	/		/	/		
14	นวัตกรรมและเทคโนโลยี				/		/				/			
15	การจัดซื้อสีเขียว				/		/							
16	ประสิทธิภาพของประวัติการทำงานที่ผ่านมา					/			/	/	/	/		
17	การควบคุมการปฏิบัติการ												/	
18	สิ่งอำนวยความสะดวก									/		/		
19	ความน่าเชื่อถือ			/				/		/	/	/		
20	การบริการ	/	/	/	/		/					/	/	/
21	ความสามารถในการผลิต		/				/	/	/			/		
22	ความยืดหยุ่นด้านราคา						/			/	/			
23	ความเชื่อมั่นและเอาใจใส่							/		/	/	/		
24	การจัดการด้านบรรจุกัมมันต์										/	/		
25	การจัดการด้านทรัพยากรมนุษย์								/		/	/		

หมายเหตุ: A = Çifçi and Büyüközkan (2011); B = Quan et al. (2018); C = Galankashi et al. (2015); D = HakimiAsl et al. (2016); E = Hamdan and Cheaitou (2015); F = El Bettioui et al. (2022); G = Cengiz et al. (2017); H = Patil and Kumthekar (2016); I = Dewi and Suryani (2019); J = John et al. (2022); K = Nugroho and Iskandar (2020); L = ภัทรพล สุภาคุณ (2560); M = พีรภพ จอมทอง และคณะ. (2564)

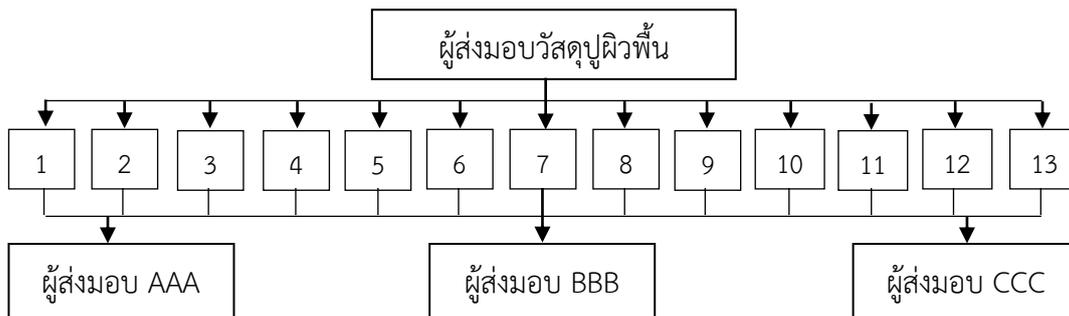


ตารางที่ 2 การให้คะแนนเกณฑ์การคัดเลือกผู้ส่งมอบด้วยเทคนิค Expert Judgment

ลำดับ	เกณฑ์การคัดเลือก	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	ค่าเฉลี่ย
1	คุณภาพ - มาตรฐานและคุณสมบัติของวัสดุปูพื้นที่ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดทางเทคนิคและมาตรฐานอุตสาหกรรม	5	4	4	4.33
2	ผลิตภัณฑ์ - ความหลากหลาย ความพร้อมใช้งาน และคุณลักษณะเฉพาะของวัสดุปูพื้นที่ผู้จัดหาสามารถจัดหาได้	4	3	4	3.67
3	การตอบสนอง - ความรวดเร็วและประสิทธิภาพในการตอบสนองคำขอ การแก้ไขปัญหา และการติดต่อสื่อสาร	4	5	5	4.67
4	การส่งมอบที่ครบถ้วน - ความสามารถส่งมอบสินค้าครบตามจำนวนคุณภาพ และข้อกำหนดที่ระบุ	4	4	3	3.67
5	ต้นทุน - ราคาสินค้าและบริการรวมทั้งต้นทุนทั้งหมดตลอดวัฏจักรการจัดซื้อ	5	5	4	4.67
6	ความสามารถในการส่งมอบ - ชีตความสามารถด้านโลจิสติกส์ ระบบการจัดส่ง และการติดตามสินค้า	4	4	4	4.00
7	การวางแผนและการจัดการ - ประสิทธิภาพในการวางแผนโครงการ การจัดการทรัพยากร และการควบคุมคุณภาพ	4	3	4	3.67
8	สิ่งอำนวยความสะดวก - โครงสร้างพื้นฐาน อุปกรณ์ และสิ่งอำนวยความสะดวกในการผลิตและบริการ	4	3	4	3.67
9	ความน่าเชื่อถือ - ความไว้วางใจ ความซื่อสัตย์ และความสม่ำเสมอในการปฏิบัติตามข้อตกลง	4	5	5	4.67
10	การบริการ - คุณภาพการบริการลูกค้า การสนับสนุนหลังการขาย และการแก้ไขปัญหา	5	4	4	4.33
11	ความสามารถในการผลิต - กำลังการผลิต ประสิทธิภาพการผลิต และความสามารถรองรับปริมาณงาน	4	4	3	3.67
12	ความยืดหยุ่นด้านราคา - ความสามารถในการเจรจาต่อราคา และเงื่อนไขการชำระเงิน	4	5	4	4.33
13	ความเชื่อมั่นและเอาใจใส่ - ทัศนคติในการให้บริการ ความใส่ใจในรายละเอียด และความมุ่งมั่นต่อความสำเร็จของโครงการ	5	5	3	4.33



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 2 โครงสร้างเกณฑ์การคัดเลือกผู้ส่งมอบวัสดุ

5.2 การวิเคราะห์ค่าน้ำหนักของเกณฑ์การคัดเลือกผู้ส่งมอบวัสดุอุปกรณ์ด้วยเทคนิค AHP

กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ อาศัยหลักการ 3 ประการ: (1) การแยกย่อยปัญหาเป็นโครงสร้างลำดับชั้น (2) การเปรียบเทียบเชิงคู่ และ (3) การสังเคราะห์ลำดับความสำคัญ โดยใช้โครงสร้างลำดับชั้นที่ประกอบด้วย เป้าหมาย เกณฑ์ และทางเลือก เพื่อแปลงปัญหาเชิงคุณภาพให้เป็นเชิงปริมาณ ขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค AHP สามารถดำเนินการโดยดัดแปลงมาจาก Saaty (1980) และ Heitasari & Adi (2023) ดังนี้

5.2.1 การกำหนดมาตราส่วนการเปรียบเทียบ ใช้แบบสอบถามในการออกแบบกำหนดให้ค่าน้ำหนักประเมิน 9 ระดับ ดังแสดงในตารางที่ 3 (อิสริยพร หลวงหาญ และคณะ, 2565) ตามมาตราส่วนของ Saaty ที่ใช้หลักการ: $a_{ij} = w_i/w_j$ เมื่อ w_i และ w_j เป็นน้ำหนักของเกณฑ์ i และ j ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ค่าน้ำหนักประเมินในการเปรียบเทียบแบบรายคู่

ระดับค่าน้ำหนักประเมินความสำคัญ	แปลผล
1	สำคัญเท่ากัน
3	สำคัญกว่าปานกลาง
5	สำคัญกว่ามาก
7	สำคัญกว่ามากที่สุด
9	สำคัญกว่าสูงสุด
2, 4, 6, 8	กรณีประนีประนอมเพื่อลดช่องว่าง

5.2.2 การสร้างเมทริกซ์เปรียบเทียบแบบรายคู่และการคำนวณน้ำหนัก การสร้างเมทริกซ์เปรียบเทียบแบบรายคู่ จากแบบสอบถามมีค่าการเปรียบเทียบแบบคู่สำหรับเกณฑ์ เกณฑ์ย่อย และผู้ส่งมอบ ดังนั้นผลการเปรียบเทียบแบบคู่จึงควรคำนวณโดยใช้ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต แสดงดังสมการที่ (1) เมทริกซ์นี้ประกอบด้วย n แถว และ n คอลัมน์ เมื่อ n คือ จำนวนเกณฑ์การคัดเลือก ซึ่งการหาค่าน้ำหนัก โดยใช้เกณฑ์ในตารางที่ 2 เมื่อ a_{ij} คือ ผลการเปรียบเทียบความสำคัญของเกณฑ์การคัดเลือก i และ j เมทริกซ์เปรียบเทียบแบบรายคู่ (A)

$$A = [a_{ij}] = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$



5.2.3 การตรวจสอบความถูกต้องของค่าดัชนีความสอดคล้อง สามารถตรวจสอบความถูกต้องของค่าดัชนีความสอดคล้องได้ ดังแสดงในสมการที่ (2) - (3) เพื่อยืนยันความน่าเชื่อถือของการตัดสินใจ

$$CI = \frac{\lambda_{\text{marks}} - n}{n-1} \quad (2)$$

กำหนดให้

CI = ดัชนีความสอดคล้อง

λ_{marks} = ค่าสูงสุดของไอแกินแวลู (Eigen Value)

n = จำนวนเกณฑ์การคัดเลือกที่พิจารณา

$$CR = \frac{CI}{RCI} \quad (3)$$

กำหนดให้

CR = อัตราความสอดคล้อง

RCI = ดัชนีความสอดคล้องแบบสุ่ม

สำหรับงานวิจัยนี้มีค่า RCI = 1.56 และกำหนดให้ค่า $CR \leq 0.10$ จึงสามารถยอมรับได้ (Heitasari & Adi, 2023) ตัวอย่างข้อมูลการประเมินเพื่อคัดเลือกผู้ส่งมอบวัสดุปูผิวพื้น แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตัวอย่างข้อมูลการประเมินเพื่อคัดเลือกผู้ส่งมอบวัสดุปูผิวพื้นของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1

เกณฑ์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1	1	1/3	1	2	1/3	2	9	1/2	1	3	1/2	1/3
2	1	1	2	3	1	2	5	7	2	2	5	3	2
3	3	1/2	1	2	2	3	2	8	1	2	3	2	2
4	1	1/3	1/2	1	1	2	2	6	3	1	2	2	1
5	1/2	1	1/2	1	1	2	4	7	1	1	5	3	2
6	3	1/2	1/3	1/2	1/2	1	3	5	2	1	4	3	2
7	1/2	1/5	1/2	1/2	1/4	1/3	1	6	2	2	3	2	1
8	1/9	1/7	1/8	1/6	1/7	1/5	1/6	1	1/5	1/6	1/3	1/4	1/6
9	2	1/2	1	1/3	1	1/2	1/2	5	1	1	1/2	1/3	1
10	1	1/2	1/2	1	1	1	1/2	6	1	1	5	2	1
11	1/3	1/5	1/3	1/2	1/5	1/4	1/3	3	2	1/5	1	1/3	1/3
12	2	1/3	1/2	1/2	1/3	1/3	1/2	4	3	1/2	3	1	1
13	3	1/2	1/2	1	1/2	1/2	1	6	1	1	3	1	1

จากตารางที่ 4 พบว่า จากเมทริกซ์เปรียบเทียบแบบคู่ของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1 ใช้มาตราส่วน Saaty (1-9) และมีความเป็นปฏิภาค ($a_{ij} \approx 1/a_{ji}$) โดยรวมอยู่ในเกณฑ์ดี ภาพรวมชี้ว่าเกณฑ์ที่เหนือกว่าบ่อยครั้งคือเกณฑ์ที่ 2 และ 3 (มีค่ามากกว่า 1 ต่อหลายเกณฑ์) ขณะที่เกณฑ์ที่ 8 มักด้อยกว่า (มีค่าเศษส่วนขนาดเล็กกับแทบทุกเกณฑ์) ค่าน้ำหนักของเกณฑ์การคัดเลือกผู้ส่งมอบวัสดุปูผิวพื้น แสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าน้ำหนักของเกณฑ์การคัดเลือกผู้ส่งมอบวัสดุผิวพื้น

เกณฑ์การคัดเลือก	ผู้เชี่ยวชาญ 1	ผู้เชี่ยวชาญ 2	ผู้เชี่ยวชาญ 3	ค่าเฉลี่ย	การจัดลำดับ
คุณภาพ	0.0661	0.1320	0.1329	0.1103	1
ผลิตภัณฑ์	0.1520	0.1506	0.1516	0.1514	2
การตอบสนอง	0.1305	0.1092	0.0787	0.1061	3
การส่งมอบที่ครบถ้วน	0.0890	0.0882	0.0888	0.0887	4
ต้นทุน	0.1052	0.1042	0.1153	0.1082	5
ความสามารถในการส่งมอบ	0.0934	0.0782	0.0787	0.0834	6
การวางแผนและการจัดการ	0.0603	0.0597	0.0592	0.0597	7
สิ่งอำนวยความสะดวก	0.0131	0.0131	0.0140	0.0134	8
ความน่าเชื่อถือ	0.0538	0.0492	0.0495	0.0509	9
การบริการ	0.0772	0.0765	0.0883	0.0807	10
ความสามารถในการผลิต	0.0292	0.0301	0.0303	0.0299	11
ความยืดหยุ่นด้านราคา	0.0576	0.0513	0.0516	0.0535	12
ความเชื่อมั่นและเอาใจใส่	0.0726	0.0576	0.0611	0.0638	13

จากตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักแสดงให้เห็นว่า ผลิตภัณฑ์ (0.1514) คุณภาพ (0.1103) ต้นทุน (0.1082) และการตอบสนอง (0.1061) เป็นกลุ่มปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจมากที่สุด กลุ่มปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจ ในลำดับถัดมาได้แก่ ความสามารถในการส่งมอบ (0.0834), การบริการ (0.0807), การวางแผนและการจัดการ (0.0597), ความยืดหยุ่นด้านราคา (0.0535) และความน่าเชื่อถือ (0.0509) ส่วนปัจจัยที่ส่งผลน้อยคือ ความสามารถในการผลิต (0.0299) และต่ำสุด สิ่งอำนวยความสะดวก (0.0134) อัตราความสอดคล้องของดัชนีในแต่ละเกณฑ์ สามารถแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 อัตราความสอดคล้องของดัชนีในแต่ละเกณฑ์

ค่าความสอดคล้องของดัชนี	ผู้เชี่ยวชาญ 1	ผู้เชี่ยวชาญ 2	ผู้เชี่ยวชาญ 3
CR.	0.0903	0.0749	0.0794

จากตารางที่ 6 เป็นการแสดงผลอัตราความสอดคล้องของดัชนีในแต่ละเกณฑ์ของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคน จำนวน 3 ท่านพบว่า ค่าความสอดคล้องดังกล่าวอยู่ระหว่าง 0.070-0.090 ซึ่งน้อยกว่า 0.10 จึงถือได้ว่า ข้อมูลของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คน เป็นข้อมูลที่ยอมรับได้

5.3 การวิเคราะห์การคัดเลือกผู้ส่งมอบวัสดุผิวพื้น

เมื่อได้ค่าน้ำหนักของเกณฑ์แต่ละเกณฑ์ออกมาแล้ว จึงทำการส่งแบบสอบถามให้แก่ผู้เชี่ยวชาญอีกครั้งแล้วจึงนำมาวิเคราะห์ในแต่ละทางเลือกโดยผลที่ได้จะยกตัวอย่างผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1 และค่าน้ำหนักของแต่ละทางเลือกของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คน ปรากฏดังตารางที่ 7 ค่าน้ำหนักของทางเลือกจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คน สามารถแสดงดังตารางที่ 8



ตารางที่ 7 ตัวอย่างการให้ค่าน้ำหนักของทางเลือกจากผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1

เกณฑ์	1	2	3
1	1	5	5
2	1/5	1	2
3	1/5	1/2	2

ตารางที่ 8 ค่าน้ำหนักของทางเลือกจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คน

ผู้ส่งมอบ	ผู้ส่งมอบ AAA	ผู้ส่งมอบ BBB	ผู้ส่งมอบ CCC	CR.
ผู้ส่งมอบ AAA	0.1088	0.1786	0.1125	0.0515
ผู้ส่งมอบ BBB	0.1738	0.1006	0.2255	0.0824
ผู้ส่งมอบ CCC	0.2306	0.1883	0.0809	0.0623
ค่าเฉลี่ย	0.1710	0.1558	0.1396	
ผลการจัดลำดับ	1	2	3	

จากตารางที่ 7 ซึ่งเป็นเมทริกซ์เปรียบเทียบแบบคู่ของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1 พบว่าทางเลือก 1 เหนือกว่าทางเลือก 2 และทางเลือก 3 อย่างชัดเจน (ค่า 5 และ 5) ขณะที่ทางเลือก 2 เหนือกว่าทางเลือก 3 ในระดับปานกลาง (ค่า 2) ทำให้ค่าความน่าจะเป็นคือ ทางเลือก 1 > ทางเลือก 2 > ทางเลือก 3 จากตารางที่ 8 สามารถอธิบายได้ว่า ผู้ส่งมอบวัสดุ AAA มีค่าน้ำหนักสูงสุด เท่ากับ 0.1710 รองลงมาผู้ส่งมอบวัสดุ BBB และผู้ส่งมอบวัสดุ CCC มีค่าน้ำหนักอยู่ที่ 0.1558 และ 0.1396 ตามลำดับ ทั้งนี้ ข้อมูลการประเมินค่าน้ำหนักจากค่าความสอดคล้องของดัชนี พบว่า ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คน ให้ค่าประเมินน้ำหนักต่ำกว่า 0.10 แสดงได้ว่าข้อมูลชุดนี้เชื่อถือได้

6. บทสรุป

การศึกษานี้มุ่งเน้นการพัฒนาและประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ลำดับชั้น (Analytical Hierarchy Process: AHP) เพื่อคัดเลือกผู้ส่งมอบวัสดุผิวพื้นสำหรับโครงการก่อสร้างอาคารภาครัฐ โดยใช้กรณีศึกษาอาคารวินิจัย โรงพยาบาลอุตรดิตถ์ เป็นพื้นที่วิจัย ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์การคัดเลือกจำนวน 13 เกณฑ์ ผ่านการทบทวนวรรณกรรมและตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ได้แก่ ผู้ออกแบบวิศวกรควบคุมงาน และเจ้าหน้าที่พัสดุ จากนั้นได้จัดทำแบบสอบถามเปรียบเทียบแบบคู่เพื่อประเมินความสำคัญของเกณฑ์ต่าง ๆ และวิเคราะห์ค่าน้ำหนักของแต่ละเกณฑ์ ผลการวิเคราะห์พบว่า เกณฑ์ที่มีความสำคัญสูงสุดคือ คุณภาพ (0.1103) รองลงมาคือ ผลผลิต (0.1514), การตอบสนอง (0.1061), และการส่งมอบที่ครบถ้วน (0.0887) ส่วนเกณฑ์ที่มีความสำคัญน้อยที่สุด ได้แก่ สิ่งอำนวยความสะดวก (0.0134) และความน่าเชื่อถือ (0.0509) ค่าดัชนีความสอดคล้อง (CR) อยู่ระหว่าง 0.070–0.090 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ 0.10 แสดงให้เห็นถึงความถูกต้องและน่าเชื่อถือของข้อมูล การประเมินผู้ส่งมอบพบว่า ผู้ส่งมอบวัสดุ AAA ได้ค่าน้ำหนักเฉลี่ยสูงสุดที่ 0.1710 แสดงถึงความเหมาะสมมากที่สุด รองลงมาคือ ผู้ส่งมอบวัสดุ BBB (0.1558) และ CCC (0.1396) ซึ่งสะท้อนความโดดเด่นของผู้ส่งมอบ AAA ด้านคุณภาพ การตอบสนอง และการส่งมอบที่ครบถ้วน ผลการศึกษาสามารถขยายการประยุกต์ใช้สู่การจัดซื้อจัดจ้างเชิงกลยุทธ์สำหรับงานระบบผิวพื้น ซึ่งมีสัดส่วนงบประมาณสูงและส่งผลกระทบต่อสมรรถนะการใช้งานระยะยาวของโครงการ ทั้งด้านความทนทาน การบำรุงรักษา ความปลอดภัยและสุขอนามัย รวมถึงภาพลักษณ์ของพื้นที่สาธารณะ กรอบการตัดสินใจที่พัฒนาขึ้นยังสามารถประยุกต์ใช้กับการคัดเลือกผู้จัดหาวัสดุก่อสร้างประเภทอื่น เช่น วัสดุผนัง ฝ้า

เพดาน สี และตกแต่ง สำหรับโครงการก่อสร้างอาคารมูลค่าสูง อาคารสาธารณะ และอาคารโรงพยาบาลได้อย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะกรณีที่คุณภาพและความน่าเชื่อถือของวัสดุมีผลกระทบต่อทำให้บริการสาธารณะและความยั่งยืนของโครงการในระยะยาว

7. อภิปรายผล

จากผลการคัดเลือกผู้ส่งมอบวัสดุปูผิวพื้นโครงการก่อสร้างอาคารภาครัฐแห่งหนึ่ง โดยการประยุกต์ใช้กระบวนการเชิงลำดับชั้น (AHP) สามารถแสดงถึงเกณฑ์การคัดเลือกที่สำคัญดังนี้คือ คุณภาพของวัสดุมีค่าน้ำหนักเท่ากับ 0.1103 ผลิตรถยนต์มีค่าน้ำหนักเท่ากับ 0.1514 การตอบสนองมีค่าน้ำหนักเท่ากับ 0.1061 ต้นทุนมีค่าน้ำหนักเท่ากับ 0.1082 และการส่งมอบที่ครบถ้วนมีค่าน้ำหนักเท่ากับ 0.0887 สอดคล้องกับงานวิจัยของจุฬาลักษณ์ กองเพชร (2559) ซึ่งศึกษาการประยุกต์ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ในกระบวนการคัดเลือกบรรจุกฎหมายของบริษัทผลิตเลนส์และกล้องถ่ายภาพ พบว่าเกณฑ์คุณภาพและประสิทธิภาพของบรรจุกฎหมายมีความสำคัญในการตัดสินใจมากที่สุด นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของภัทรพล สุภาคุณ (2560) ที่ศึกษาเกี่ยวกับการคัดเลือกผู้ส่งมอบวัสดุสำหรับวัสดุและอุปกรณ์ก่อสร้างในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ โดยทำห้ห้ส่วนวิทาพาคณิษย์ จำกัด ที่พบว่าเกณฑ์ต้นทุน มีความสำคัญมากที่สุด รองลงมาคือ เกณฑ์การตอบสนองและการบริการ

8. ข้อเสนอแนะ

การนำผลการวิจัยไปใช้ในโครงการอื่น ควรใช้ผลการวิจัยจากงานนี้ในการคัดเลือกผู้ส่งมอบวัสดุในโครงการก่อสร้างอื่น ๆ ที่มีลักษณะหรือคุณสมบัติใกล้เคียงกัน เช่น เป็นอาคารสถานพยาบาล เป็นอาคารที่ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่จังหวัดอุดรดิตถ์ เป็นอาคารที่มีขนาดพื้นที่ใช้สอยใกล้เคียงกัน เป็นต้น เพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่สอดคล้องกัน การประยุกต์ใช้เทคนิคอื่น ๆ ควรพิจารณาใช้เทคนิคเพิ่มเติม เช่น Fuzzy-AHP (Su, 2020), SAW, AHP-SAW (อิสริยพร หลวงหาญ และคณะ, 2565) เพื่อเพิ่มความละเอียดในการตัดสินใจ

9. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณผู้บริหารและเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องของโรงพยาบาลอุดรดิตถ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลการคัดเลือกผู้ส่งมอบวัสดุปูผิวพื้นในโครงการก่อสร้างภาครัฐ และคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่และห้องปฏิบัติการในการดำเนินงานวิจัย

10. เอกสารอ้างอิง

- จุฬาลักษณ์ กองเพชร. (2559). การประยุกต์ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ในการคัดเลือกบรรจุกฎหมายของบริษัทผลิตเลนส์และกล้องถ่ายภาพ. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. https://digital.library.tu.ac.th/tu_dc/frontend/Info/item/dc:90126
- เทพฤทธิ์ มนต์แก้ว และจรงค์ ผลประเสริฐ. (2563). การจัดการเศษวัสดุในโครงการก่อสร้างอาคารสูง: กรณีศึกษาโครงการแอสคอตแอมบัสซีซาทร: กรณีศึกษาโครงการแอสคอตแอมบัสซีซาทร. ใน การประชุมวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 25 (CEM39 1-9). มหาวิทยาลัยบูรพา.
- พีรภาพ จอมทอง, นพคุณ แสงเขียว, หรรษกร รอดศรีสมุทร, และชูศักดิ์ พรสิงห์. (2564). การคัดเลือกผู้ส่งมอบผลิตรถยนต์เหล็กโดยใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ กรณีศึกษาบริษัทจำหน่ายเหล็ก. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 31(3). 384-394. <https://doi.org/10.14416/j.kmu.tnb.2021.05.003>



- ภัทรพล สุภาคุณ. (2560). การคัดเลือกผู้ส่งมอบวัตถุดิบสำหรับวัสดุและอุปกรณ์ก่อสร้างในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ โดยห้างหุ้นส่วนวิทยาพาณิชย์ จำกัด. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. https://archive.lib.cmu.ac.th/full/T/2560/inma10660psup_full.pdf
- ศิริวัฒน์ กมลคุณานนท์. (2555). แผนภาพใยแมงมุมแสดงคุณสมบัติของวัสดุพื้นในงานอาคาร. *วารสารวิชาการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง*, 4(2), 48-64. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/Itech/article/view/29514>
- อิสริยพร หลวงหาญ, ภาณุ บูรณจารุกร, และกมล วัฒนา. (2565). การประยุกต์ใช้กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับขั้นร่วมกับวิธีการรวมแบบถ่วงน้ำหนักเพื่อคัดเลือกผู้ส่งมอบวัตถุดิบที่เหมาะสมของโรงงานผลิตหมเส้นกรอบ. *วิศวกรรมลาดกระบัง*, 39(3), 83-98.
- Abouhelal, D., Kamel, W., & Bassioni, H. (2023). Informatic Analysis and Review of Literature on the Optimum Selection of Sustainable Materials Used in Construction Projects: Critical review. *International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology*, 14(1), 97-109. <https://publisher.uthm.edu.my/ojs/index.php/IJSCET/article/view/12243>
- Cengiz, A. E., Aytakin, O., Ozdemir, I., Kusan, H., & Cabuk, A. (2017). A multi-criteria decision model for construction material supplier selection. *Procedia engineering*, 196, 294-301.
- Çifçi, G., & Büyüközkan, G. (2011). A fuzzy MCDM approach to evaluate green suppliers. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 4(5), 894-909.
- Dewi, O., & Suryani, E. (2019). Analysis suppliers Selection of the Construction Raw Material in PT. Y Using VIKOR Method. *IPTEK Journal of Proceedings Series*, 2019(5), 256-263. <https://doi.org/10.12962/j23546026.y2019i5.6334>
- El Bettioui, W., Zaim, M., & Sbihi, M. (2022). Criteria Definition in Green Supplier Selection for Moroccan building material industry. *ITM Web of Conferences*, 46, 03003. <https://doi.org/10.1051/itmconf/20224603003>
- Firoz, F., Biswal, J., & Satapathy, S. (2018). Supplier selection criteria for sustainable supply chain management in thermal power plant. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 310, 1-13. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/310/1/012016>
- Galankashi, M. R., Chegeni, A., Soleimanyanadegany, A., Memari, A., Anjomshoae, A., Helmi, S. A., & Dargi, A. (2015). Prioritizing green supplier selection criteria using fuzzy analytical network process. *Procedia Cirp*, 26, 689-694.
- HakimiAsl, M., Amalnick, M. S., Zorriassatine, F., & HakimiAsl, A. (2016). Green supplier evaluation by using an integrated fuzzy AHP-VIKOR approach. *International Journal of Supply and Operations Management*, 3(2), 1284.
- Hamdan, S., & Cheaitou, A. (2015). Green supplier selection and order allocation using an integrated fuzzy TOPSIS, AHP and IP approach. In *International Conference on Industrial Engineering and Operations Management (IEOM)* (pp.1390-1399). Dubai, United Arab Emirates.

- Harris, D., & Fitzgerald, L. (2015). A life-cycle cost analysis for flooring materials for healthcare facilities. *Journal of Hospital Administration*, 4(4), 92-100. <https://doi.org/10.5430/jha.v4n4p92>
- Heitasari, D. N., & Adi, T. W., (2023). Selecting supplier with Analytical Hierarchy Process (AHP) and Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS): A Case Study at PT. Perta Daya Gas Semarang. *The Eastasouth Management and Business*, 1(2), 63-71. <https://doi.org/10.58812/esmb.v1i02.44>
- Hou, Y., Khokhar, M., Zia, S., & Sharma, A. (2022). Assessing the Best Supplier Selection Criteria in Supply Chain Management During the COVID-19 Pandemic. *Frontiers in Psychology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.804954>
- Izadikhah, M. (2012). Group Decision Making Process for Supplier Selection with TOPSIS Method under Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Numbers. *Advances in Fuzzy Systems*, 2012, 1-14. <https://doi.org/10.1155/2012/407942>
- John, N., Nwaguru, E., & Williams, P. (2022). Assessing Materials Vendor Selection in Construction Project Supply Chain: The Relative Importance Index Approach. *International Journal of Construction Supply Chain Management*, 12(2), 32-46. <https://doi.org/10.14424/ijcscm120222->
- Kokulu, N., & Özgünler, S. (2022). Investigation of Methods and Studies for Determining the Material Selection Criteria with Low Environmental Impact in Hotel Buildings. *Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi (MBUD)*, 2020, 25-37. <https://doi.org/10.30785/mbud.1185227>
- Nugroho, R., & Iskandar, M. (2020). Application of AHP for Supplier Selection in Construction Companies. *Saudi Journal of Engineering and Technology*, 5(4), 179-186. <https://doi.org/10.36348/sjet.2020.v05i04.008>
- Orabi, M., & Al-Gahtani, K. (2022). A Framework of Selecting Building Flooring Finishing Materials by Using Building Information Modeling (BIM). *Hindawi Advances in Civil Engineering*, 2022. doi:10.1155/2022/8556714
- Patil, A. A., & Kumthekar, M. B. (2016). Supplier Evaluation and selection methods in construction industry. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 3(6), 515-521.
- Quan, J., Zeng, B., & Liu, D. (2018). Green Supplier selection for process industries using weighted grey incidence decision model. *Complexity*, 2018, 1-12. <https://doi.org/10.1155/2018/4631670>
- Ramadhan, M., Wijatmiko, I., & Devia, Y. (2022). Selection of Floor Covering Materials Using Life Cycle Cost Analysis on The Apartment Development Project South Tangerang. *Rekayasa Sipil*, 16(3), 216-221. <https://doi.org/10.21776/ub.rekayasasipil.2022.016.03.9>
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. McGraw-Hill.



-
- Shukla, S. (2024). *Different Building Materials For Construction Every Builder Should Know*. Retrieved January 15, 2025, from <https://www.getpowerplay.in/resources/blogs/construction-materials-list/>
- Su, Y. (2020). Selection and Application of Building Material Suppliers Based on Intuitionistic Fuzzy Analytic Hierarchy Process (IFAHP) Model. *IEEE Access*, 2020, 1-12. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3011946>
- Tikul, N. (2014). Environmental and Economic of Flooring Building Materials. *Applied Environmental Research*, 36(2), 47-59. <https://doi.org/10.35762/AER.2014.36.2.5>

การทดสอบคุณสมบัติฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยใบสับปะรดและเส้นใยปอสา TESTING THE THERMAL INSULATION PROPERTIES OF PINEAPPLE LEAF FIBERS AND PAPER MULBERRY

ปัทมาพร บุตรทอง¹ ยสินทีณี เอ็มหยวก¹ ปฏิปัทธ์ ธนอมพงษ์ชาติ¹ อนุชา ริกากรณ์¹
ณัฐวุฒิ หล้าพิริยวงค์ และอำนาจ ตงตีบ^{1*}

¹คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

Pattamaporn Butthong¹ Yasintinee Aimyuak¹ Patipat Thanompongchart¹ Anucha Rikakorn¹
Nuttawut Lewpiriyawong¹ and Amnad Tongtib^{1*}

¹Faculty of Industrial Technology, Uttaradit Rajabhat University

*Corresponding author e-mail: Amnad.ton@uru.ac.th

วันที่รับ : 24 มิถุนายน 2568

วันที่แก้ไข : 29 สิงหาคม 2568

วันที่ตอบรับ : 4 กันยายน 2568

Received : June 24, 2025

Revised : August 29, 2025

Accepted : September 4, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการกันความร้อนจากแผ่นฉนวน และเพื่อศึกษาการต้านทานความร้อนของวัสดุผสมเส้นใยใบสับปะรด และเส้นใยปอสา กับน้ำยาพาราเซตามอล โดยเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS 5905 และ JIS 5908 การทดลองเริ่มจากการเตรียมเส้นใยใบสับปะรดและเส้นใยปอสาให้มีขนาดเหมาะสมผสมกับน้ำยาพาราเซตามอลในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก 30:0:70, 30:30:40, 30:35:35, 30:40:30 และ 30:70:00 และขึ้นรูปเป็นแผ่นฉนวน จากนั้นจึงทดสอบสมบัติทางกายภาพโดยใช้กล่องทดลองขนาด 20×20×25 ลูกบาศก์เซนติเมตร จำลองเป็นห้องทดลองที่มีแผ่นฉนวนจากเส้นใยติดตั้งไว้ตรงกลาง ในส่วนของด้านบนแผ่นฉนวนจะวางแผ่นฮีตเตอร์ไว้ตรงกลางเพื่อทำความร้อน ส่วนด้านล่างของแผ่นฉนวนจะติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิลให้แนบกับแผ่นฉนวนโดยอยู่กึ่งกลางแผ่น ผลการทดลองพบว่า แผ่นฉนวนมีค่าความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 0.10-0.16 g/cm³ และปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 7.79-18.77% โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดคือ 30:30:40 เนื่องจากให้ความหนาแน่นและการยึดเกาะของเส้นใยที่เหมาะสม ค่าการนำความร้อนของแผ่นฉนวนอยู่ในช่วง 0.076-0.134 W/m·°C และค่าการต้านทานความร้อนอยู่ในช่วง 0.138-0.155 m²·°C /W ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานเป็นฉนวนกันความร้อน เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับแผ่นฉนวนกันความร้อนในเชิงพาณิชย์ โดยพิจารณาที่ขนาด 60 × 60 ตารางเซนติเมตร พบว่า แผ่นฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยใบสับปะรด และเส้นใยปอสา มีต้นทุนการผลิตอยู่ที่ 60.36 บาทต่อแผ่น ซึ่งราคาถูกกว่าฉนวนใยแก้ว 20.32% และถูกกว่าฉนวนโพลีสไตรีน (PS Foam) 32.18%

คำสำคัญ : ฉนวนกันความร้อน, เส้นใยใบสับปะรด, เส้นใยปอสา, น้ำยาพาราเซตามอล, สมบัติการนำความร้อน



Abstract

This research aimed to study the appropriate ratio of heat insulation from insulation sheets and to study the heat resistance of pineapple leaf fiber composite and jute fiber with natural latex by comparing with JIS 5905 and JIS 5908 standards. The experiment started by preparing pineapple leaf fiber and jute fiber to the appropriate size and mixing with natural latex in the ratios of 30:0:70, 30:30:40, 30:35:35, 30:40:30, and 30:70:00 and forming into insulation sheets. Then, the physical properties were tested using an experimental box with the size of $20 \times 20 \times 25 \text{ cm}^3$, which was a simulation of a laboratory with an insulation sheet made from fibers installed in the middle. The top of the insulation sheet was placed with a heater in the middle for heating. The bottom of the insulation sheet was installed with a thermocouple attached to the insulation sheet in the middle of the sheet. The experimental results showed that the insulation sheet had a density value between 0.10 and 0.16 g/cm^3 and a moisture content between 7.79 and 18.77%. The most suitable ratio was 30:30:40 because it provided the appropriate density and fiber adhesion. The thermal conductivity of the insulation sheet is in the range of $0.076\text{-}0.134 \text{ W/m}^\circ\text{C}$, and the thermal resistance is in the range of $0.138\text{-}0.155 \text{ m}^2\cdot^\circ\text{C/W}$, which is in the appropriate range for use as heat insulation. When compared with commercial heat insulation sheets, considering the size of $60 \times 60 \text{ cm}^2$, it was found that the heat insulation sheet made from pineapple leaf fiber and jute fiber has a production cost of 60.36 baht per sheet, which is 20.32% cheaper than fiberglass insulation and 32.18% cheaper than polystyrene (PS Foam) insulation.

Keywords : Thermal Insulation, Pineapple Leaf Fiber, Mulberry Paper Fiber (Bast Fiber), Natural Rubber Latex, Thermal Conductivity

1. บทนำ

ปัจจุบันฉนวนกันความร้อนเป็นวัสดุที่นิยมใช้ในอาคาร เนื่องจากฉนวนกันความร้อนสามารถช่วยลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร ทำให้ช่วยลดการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ส่งผลให้ลดค่าไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากฉนวนกันความร้อนโดยทั่วไปผลิตจากใยแก้ว (Fiber Glass) และใยหิน (Rock-Wool) ซึ่งมีความเป็นพิษต่อร่างกาย โดยใยแก้วและใยหินเมื่อผ่านเข้าสู่ร่างกายทางระบบหายใจเป็นระยะเวลานานจะทำให้ผู้รับเกิดการป่วยได้ ประจวบกับในแต่ละปีของประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศเกษตรกรรมจะมีผลพลอยได้หรือสิ่งเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมทางการเกษตรมากถึงหลายล้านตัน จึงได้มีการวิจัยเพื่อนำสิ่งเหลือใช้เหล่านี้มาผลิตเป็นวัสดุใหม่ คือ ฉนวนป้องกันความร้อนเพราะในโครงสร้างของเส้นใยธรรมชาติ (กิตติศักดิ์ บัวศรี, 2544; วิศิษฐ์ ไส้เจริญรัตน์, 2548; วรณวิทย์ แต้มทอง, 2556) มีลักษณะเป็นโพรงอากาศทำให้มีค่าการนำความร้อนต่ำและมีสมบัติในการเป็นฉนวนกันความร้อน (สัจชัย รำเพยพัด และคณะ, 2558; อนุภา สกุลพาณิชย์, 2559) นอกจากนี้วัสดุทางการเกษตรซึ่งเป็นพืชที่มีเส้นใยจะมีโครงสร้างประกอบด้วยสารอินทรีย์ เช่น เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน โดยเฉพาะเซลลูโลส มีปริมาณร้อยละ 60-80 ของสารประกอบทั้งหมดสามารถนำมาทำเป็นฉนวนได้เป็นอย่างดี หาได้ง่าย และไม่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม

ปัจจุบันมีการตระหนักถึงการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีลักษณะเป็นเส้นใยเซลลูโลสที่ย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติและไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์มาใช้ทดแทนในการผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อน (สำนักงานวิจัยและพัฒนาการป่าไม้, 2551) เส้นใยดังกล่าวคือ เส้นใยใบสับปะรดที่มีคุณสมบัติเส้นใยเหนียว (กรมทรัพยากรทางปัญญา, 2549) และเส้นใยปอสา เป็นที่ทราบกันว่าสับปะรดจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยทำให้ในแต่ละปีมีใบสับปะรดที่เหลือทิ้งจากการบริโภค/การค้าขายสับปะรดจึงต้องหาวิธีการจัดการให้ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและปอสาเป็นไม้ยืนต้นที่ขึ้นตามบริเวณคูคลองทำให้ขึ้นรกหนาแน่น จึงต้องหาวิธีการไม่ให้เป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์มีพิษต่าง ๆ ดังนั้นการนำใบสับปะรดและปอสามาใช้ประโยชน์นอกจากเป็นการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือทิ้ง (Waste Utilization) แล้วยังจัดว่าเป็นการจัดการวัสดุเหลือทิ้ง (Waste Management) นอกจากนี้ในงานวิจัยได้มีการใช้น้ำยางพาราธรรมชาติ (กนกอร หันเจริญ และสุธาร์ตน์ โชติกประคัลภ์, 2556; อามิโนะ คำทิ, 2561) เข้มข้นร้อยละ 30 มาทดแทน ซึ่งฉนวนปกติใช้กาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารสังเคราะห์ที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์และสภาพแวดล้อม จึงนับว่าเป็นแนวทางที่ดีในการพัฒนาฉนวนป้องกันความร้อนจากวัสดุทางธรรมชาติ (โรสลีนา จาระแวง, 2559) เพื่อความยั่งยืนในการอนุรักษ์พลังงานต่อไปในอนาคต อีกทั้งการใช้น้ำยางพาราธรรมชาติยังเป็นการช่วยสนับสนุนการใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรทำให้เกิดการเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรชาวสวนยางพาราได้อีกทางหนึ่ง

จากปัญหาที่กล่าวมาจึงเป็นที่มาของการทำวิจัยเรื่องการทดสอบคุณสมบัติฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยใบสับปะรดและเส้นใยปอสา โดยมีวัตถุประสงค์ คือ เพื่อศึกษาการต้านทานความร้อนของวัสดุผสมเส้นใยใบสับปะรดและเส้นใยปอสา กับน้ำยางพาราธรรมชาติ และเพื่อศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการกันความร้อนจากฉนวน ซึ่งการทำวิจัยจะช่วยให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมลดลงและเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุธรรมชาติในท้องถิ่นได้

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการกันความร้อนจากแผ่นฉนวน

2.2 เพื่อศึกษาการต้านทานความร้อนของวัสดุผสมเส้นใยใบสับปะรด และเส้นใยปอสา กับน้ำยางพาราธรรมชาติ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ในส่วนของวิธีการดำเนินการวิจัยมีขั้นตอนในการทำวิจัยดังต่อไปนี้

3.1 การเตรียมเส้นใยใบสับปะรดและปอสา

3.1.1 เลือกใบสับปะรดที่มีความยาวตั้งแต่ 50-80 เซนติเมตร มีความสดและไม่มีแผล จากนั้นนำใบสับปะรดใส่ในเครื่องตีใบ จากนั้นนำไปล้างน้ำเพื่อล้างเศษใบออกจนเหลือแค่เส้นใยและปิบน้ำออก ทำการล้างน้ำซ้ำ ๆ จนกว่าเส้นใยจะขาวและสะอาดแล้วจึงนำไปตากแดดเป็นเวลา 3 วันจนแห้งสนิท แล้วจึงทำการตัดเส้นใยตามขวางให้มีความยาว 0.5-1 เซนติเมตร เพื่อไว้สำหรับโรยในบล็อกไม้อัด

3.1.2 เลือกต้นปอสาที่อยู่ใกล้แหล่งน้ำ ใบเขียวชุ่มและมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5-5 เซนติเมตร เพราะจะทำให้ลอกง่าย จากนั้นตัดต้นปอสาและทำการลอกเปลือกตามแนวยาวของลำต้นลอกเสร็จจะมีเปลือกสีน้ำตาลติดอยู่กับเส้นใยปอสาให้ทำการใช้มีดลอกเปลือกนั้นออกจนเหลือแต่เส้นใยสีขาวและนำไปตากแดดเป็นเวลา 3 วันจนแห้งสนิท จากนั้นนำเส้นใยปอสาไปต้มในกระทะใบบัวที่มีน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อให้ใยปอสามีความนิ่มและนำใยปอสาที่ต้มไว้นำออกจากกระทะใบบัวเพื่อให้สะเด็ดน้ำแล้วจึงทุบด้วยไม้เพื่อให้ใยปอสาที่มีความเป็นเส้นใยมากขึ้นแล้วนำไป



ตากแดดให้แห้งสนิท และทำการตัดเส้นใยตามขวางให้มีความยาว 0.5-1 เซนติเมตร เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปโรย ลักษณะของเส้นใยใบสับประรดและใบปอสาแสดงในภาพที่ 1



ก. เส้นใยใบสับประรด



ข. เส้นใยใบปอสา

ภาพที่ 1 เส้นใยใบสับประรดและใบปอสา

3.2 การขึ้นรูปแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยใบสับประรดและเส้นใยปอสาในอัตราส่วนที่เหมาะสม การทดลองหาวิธีขึ้นรูปแผ่นฉนวนด้วยน้ำยางธรรมชาติ ในขั้นตอนแรกทำการขึ้นรูปแผ่นฉนวนกันความร้อนด้วยวิธีการพ่นเคลือบประสานโดยกำหนดอัตราส่วนโดยน้ำหนักของน้ำยางพาราธรรมชาติ : เส้นใยใบสับประรด : เส้นใยปอสา ในอัตราส่วน 30:00:70, 30:30:40, 30:35:35, 30:40:30 และ 30:70:00 ตามลำดับ โดยนำหนักมาโรยเป็นชั้นบาง ๆ ในบล็อกไม้ขนาด 20×20×25 เซนติเมตร แล้วใช้ขวดฉีดสเปรย์พ่นน้ำยางพาราธรรมชาติลงบนเส้นใย โดยปรับให้มีละอองแบบฝอยเพื่อเคลือบเส้นใยให้ทั่วถึง หลังจากนั้นโรยเส้นใยใบสับประรดและเส้นใยปอสาทับลงไป และพ่นน้ำยางพาราธรรมชาติอีกชั้น ทำซ้ำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จากนั้นกดให้แน่นด้วยแผ่นไม้อัดระนาบจนได้ความหนา 2 เซนติเมตร (ตามมาตรฐาน ASTM C-518-10) จากนั้นนำน้ำหนัก 6 กิโลกรัม วางทับไว้บนแผ่นไม้อัดเป็นเวลา 15 นาที/แผ่น และถอดแผ่นฉนวนออกจากบล็อกไม้วางตากแดดไว้ 30 นาที เพื่อให้น้ำยางเกิดการคงรูปจับยึดเส้นใยใบสับประรดและเส้นใยปอสาเป็นแผ่นแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 45 นาที เพื่อให้น้ำยางคงรูปเส้นใยยึดติดกันอย่างสมบูรณ์ หลังจากแผ่นฉนวนแห้งดีแล้วจึงนำไปทดสอบคุณสมบัติต่อไป การขึ้นรูปแผ่นฉนวนแสดงในภาพที่ 2



ก. การขึ้นรูปแผ่นฉนวน



ข. กระบวนการอบ



ค. แผ่นฉนวน

ภาพที่ 2 การขึ้นรูปแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยใบสับประรดและเส้นใยปอสา

3.3 การทดสอบคุณสมบัติของแผ่นฉนวน

3.3.1 การทดสอบความหนาแน่น (Density)

การทดสอบความหนาแน่นทำโดยนำชิ้นฉนวนทดสอบขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 20 เซนติเมตร วัดความหนาของชิ้นทดสอบโดยใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ แล้วนำไปวัดบริเวณกึ่งกลางของ ฉนวนทั้ง 4 ด้าน ให้ลึกเข้าไปด้านละ 25 มิลลิเมตร จากนั้นวัดความกว้างและความยาวด้วยตลับเมตรแล้วจึงนำ ชิ้นทดสอบไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล นำค่าที่ได้มาคำนวณหาความหนาแน่นตามสูตร โดยค่าความ หนาแน่นที่ได้ต้องไม่เกิน 0.35 g/cm^3 ตามมาตรฐาน JIS A 5905 ดังสมการต่อไปนี้

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

เมื่อ ρ คือ ความหนาแน่นของวัสดุ (g/cm^3)

m คือ มวลรวมของวัสดุ (g)

V คือ ปริมาตรรวมของวัสดุ (cm^3)

3.3.2 การทดสอบปริมาณความชื้น (Moisture Content)

วิธีการหาค่าปริมาณความชื้นโดยการเปรียบเทียบน้ำหนักก่อนอบแห้งกับน้ำหนักหลัง อบแห้งของชิ้นฉนวนทดสอบ อ้างอิงตามมาตรฐาน JIS A 5905 มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) โดยชั่งน้ำหนักของ ชิ้นฉนวนทดสอบก่อนอบแห้งด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล หลังจากนั้นนำมาอบด้วยเครื่องอบแห้งไล่ความชื้น Drying Oven ขนาด 500 วัตต์ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที แล้วนำออกจากเครื่อง อบแห้งมาทำการชั่งน้ำหนัก เป็นน้ำหนักหลังอบแห้ง จากนั้นนำมาคำนวณหาปริมาณความชื้นตามสมการที่ (2) สูตร โดยค่าความชื้นที่ผ่านตามมาตรฐาน JIS A 5905 ต้องมีค่าความชื้นเฉลี่ยอยู่ที่ 5-13%

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = \frac{A - B}{A} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ A คือ น้ำหนักตัวอย่างทดลองก่อนอบ (g)

B คือ น้ำหนักตัวอย่างทดลองหลังอบ (g)



ก. การวัดความหนา



ข. การชั่งตัวอย่าง

ภาพที่ 3 การวัดความหนาและชั่งตัวอย่างฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยโพลีเอสเตอร์และเส้นใยปอสา

3.3.3 สมบัติทางความร้อน

สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Thermal Conductivity) หาค่าได้จากการทดสอบด้วยกล่อง ทดลองเป็นการทดสอบคุณสมบัติการป้องกันความร้อนของฉนวนที่ขึ้นรูปจากเส้นใยโพลีเอสเตอร์และเส้นใย ปอสา โดยทำการเปรียบเทียบในอัตราส่วนของเส้นใยที่ต่างกันจากการทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติ



ทางความร้อนมีขั้นตอนการทดลองคือ 1) เตรียมกล่องทดลองจากแผ่นโพลีโพรพีลีน จำนวน 1 กล่อง ขนาดรวมฝาปิดด้านบนและด้านล่าง $20 \times 20 \times 25$ เซนติเมตร โดยประกอบเป็นกล่องปิดและหุ้มฉนวนกันความร้อน PE ฟอยล์ หนา 5 มิลลิเมตร ทั้ง 6 ด้าน และเจาะรูด้านข้างขนาด 2 มิลลิเมตร จำนวน 3 รู 2) ใส่แผ่นฉนวนกันความร้อนแต่ละแผ่นในอัตราส่วนที่ต่างกันวางให้อยู่กึ่งกลางกล่องทดลอง โดยใส่ลงที่จุด 12.5 เซนติเมตร 3) ติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) เพื่อวัดอุณหภูมิด้านในกล่องทดลอง โดยติดให้แนบกับแผ่นฉนวนกันความร้อน และต้องติดให้อยู่ในจุดกึ่งกลาง 4) ติดตั้งแผ่นฮีตเตอร์ทำความร้อนขนาด 200 วัตต์ วางแนบกับแผ่นฉนวนกันความร้อนด้านบน โดยวางให้อยู่ในจุดกึ่งกลาง และตั้งอุณหภูมิทดสอบไว้ที่ 60 องศาเซลเซียสของแผ่นฮีตเตอร์ทำความร้อน 5) เก็บค่าอุณหภูมิภายในกล่องทดลองทั้งด้านนอกด้วยเครื่องควบคุมอุณหภูมิฮีตเตอร์ และด้านในด้วยดิจิตอลมัลติมิเตอร์ (Digital Multimeter) โดยการเก็บค่าทุก ๆ 1 นาที จนกว่าอุณหภูมิด้านนอกจะหยุดนิ่งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิด้านในจะมีค่าอุณหภูมิที่คงที่แล้วจึงนำมาหาค่าแตกต่าง (จักรกริสน์ พิสุตรเสียง, 2553) โดยอัตราการนำความร้อนคำนวณได้จาก

$$\dot{Q}_{cond} = kA \frac{(T_2 - T_1)}{\Delta x} \quad (3)$$

เมื่อ	\dot{Q}_{cond}	คือ อัตราการนำความร้อน (kJ/s)
	k	คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อน มีหน่วยเป็น (W/m.°C)
	A	คือ พื้นที่ส่วนที่ถ่ายเทความร้อน (m ²)
	T_H	คือ อุณหภูมิด้านฝั่งร้อน (°C)
	T_C	คือ อุณหภูมิด้านฝั่งเย็น (°C)
	Δx	คือ ความหนาของตัวกลาง (m)

จากนั้นจึงหาการต้านทานความร้อน (Thermal Resistance) ด้วยสมการ

$$R = \frac{d}{k} \quad (4)$$

เมื่อ	R	คือ ค่าความต้านทานความร้อน (m ² .°C/W)
	d	คือ ความหนาของวัตถุ (m)
	k	คือ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน มีหน่วยเป็น (W/m.°C)



ก. การติดตั้งแผ่นฮีตเตอร์



ข. การติดตั้งแผ่นเทอร์โมคัปเปิล

ภาพที่ 4 การทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นฉนวน

3.4 การคำนวณต้นทุนการผลิตฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยโพลีเอสเตอร์และเส้นใยปอสากับฉนวนกันความร้อนเชิงพาณิชย์

การคำนวณหาราคาต้นทุนในการผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยโพลีเอสเตอร์และเส้นใยปอสา คิตรายได้จากต้นทุนการผลิตของแผ่นฉนวนที่มีสมบัติทางกายภาพ และทางความร้อนดีที่สุดจากการทดสอบ โดยคิดจากน้ำหนักวัสดุที่นำมาผลิตแผ่นฉนวนในสัดส่วน น้ำยาพาราธรมชาติ : เส้นใยโพลีเอสเตอร์ : เส้นใยปอสา ความหนาแน่น 0.14 g/cm³ ขนาด 60×60×1.5 เซนติเมตร จำนวน 1 แผ่น ส่วนวัตถุดิบในการผลิตแผ่นฉนวนที่นำมาคำนวณต้นทุน ได้แก่ โพลีเอสเตอร์ ปอสา และน้ำยาพาราธรมชาติ โดยคิดรวมค่าแรงงาน ค่าไฟฟ้า ค่าเครื่องมือ และค่ากำไร ดังนี้

น้ำหนักรวม	= ปริมาตร × ความหนาแน่น
น้ำหนักของวัตถุดิบ	= น้ำหนักรวม × สัดส่วนของวัตถุดิบ
ต้นทุนของวัสดุ	= ปริมาณที่ใช้ (kg) × ราคาต่อหน่วย
ค่าแรงรวม	= จำนวนคน × ค่าแรงต่อวัน
ค่าแรงต่อแผ่น	= ค่าแรงรวม / จำนวนแผ่นที่ผลิต
ค่าไฟฟ้าต่อวัน	= (กำลังของเครื่องใช้ไฟฟ้า kWh × จำนวนชั่วโมงใช้งาน) + (กำลังของเครื่องใช้ไฟฟ้า kWh × จำนวนชั่วโมงใช้งาน) × อัตราค่าไฟฟ้า (บาท/kWh)
ค่าไฟต่อแผ่น	= ค่าไฟรวม / จำนวนแผ่นที่ผลิต
ค่าเครื่องมือต่อแผ่น	= ค่าเครื่องมือรวม / จำนวนแผ่นที่ผลิต
ต้นทุนรวม	= ต้นทุนวัตถุดิบ + ค่าแรง + ค่าไฟฟ้า + ค่าเครื่องมือ
ราคาขาย	= ต้นทุนรวม × (1 + อัตรากำไร)

4. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางความร้อนของแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยโพลีเอสเตอร์และเส้นใยปอสา แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการกันความร้อนจากแผ่นฉนวน และการต้านทานความร้อน

ในการทดลองหาอัตราส่วนโดยวิธีขึ้นรูปแผ่นฉนวนด้วยน้ำยาพาราธรมชาติ ได้กำหนดให้อัตราส่วน 30:70 เป็นค่าพื้นฐานในการขึ้นรูปแผ่นฉนวน จากนั้นได้จำแนกอัตราส่วนออกเป็น 30:00:70, 30:30:40, 30:35:35, 30:40:30 และ 30:70:00 โดยมีองค์ประกอบ ได้แก่ น้ำยาพาราธรมชาติ : เส้นใยโพลีเอสเตอร์ : เส้นใยปอสา ซึ่งได้แผ่นฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยโพลีเอสเตอร์และเส้นใยปอสา แสดงในภาพที่ 5



ก. อัตราส่วน 30:00:70



ข. อัตราส่วน 30:30:40



ค. อัตราส่วน 30:35:35



ง. อัตราส่วน 30:40:30



จ. อัตราส่วน 30:70:00

ภาพที่ 5 แผ่นฉนวนกันความร้อนที่ขึ้นรูปด้วยน้ำยางพาราธรรมชาติ : เส้นใยใบสับปะรด : เส้นใยปอสา

ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางความร้อนของแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยใบสับปะรดและเส้นใยปอสา แสดงในตารางที่ 1 และผลการทดสอบค่าการนำความร้อนของแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยใบสับปะรดและเส้นใยปอสา แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางความร้อนกับมาตรฐาน JIS A 5905 และมาตรฐาน JIS A 5908

ชั้นฉนวนทดสอบ น้ำยางพาราธรรมชาติ : เส้นใยใบสับปะรด : เส้นใยปอสา	ความหนาแน่น (g/cm ³)	ปริมาณความชื้น (%)	การต้านทานความร้อน (m ² .K/W)
มาตรฐาน JIS A 5905	ไม่เกิน 0.35	5-13	ไม่ต่ำกว่า 0.267
มาตรฐาน JIS A 5908	0.40 - 0.90	-	≥ 0.06
30:00:70	0.16	7.79	0.155
30:30:40	0.14	8.98	0.155
30:35:35	0.13	9.13	0.153
30:40:30	0.13	10.40	0.138
30:70:00	0.10	18.77*	0.141

หมายเหตุ : * คือ ไม่ผ่านมาตรฐาน

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบค่าการนำความร้อนของแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยโพลีเอสเตอร์ และเส้นใยปอสา

แผ่นฉนวนกันความร้อน น้ำยาพาราธรรมชาติ : เส้นใยโพลีเอสเตอร์ : เส้นใยปอสา	อุณหภูมิ (°C)		ค่าการนำความร้อน (W/m.°C)
	T ₁	T ₂	
30:00:70	36.20	60.00	0.0755
30:30:40	36.17	60.00	0.0890
30:35:35	36.53	60.00	0.0943
30:40:30	38.83	60.00	0.1104
30:70:00	38.30	60.00	0.1339

จากตารางที่ 1 และตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าความหนาแน่นมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของเส้นใยที่ใช้โดยอัตราส่วนที่มีเส้นใยปอสามากค่าความหนาแน่นจะสูง เนื่องจากเส้นใยปอสามีโครงสร้างที่แน่น และสามารถอัดตัวได้ดี มีค่าการนำความร้อนต่ำสามารถป้องกันความร้อนได้ดี เพื่อสัมพันธ์กับการต้านทานความร้อนต้องมีค่าที่สูงถึงจะสามารถป้องกันการถ่ายเทความร้อนได้ดีขึ้น ส่วนปริมาณความชื้นพบว่าเส้นใยโพลีเอสเตอร์มีการดูดซับความชื้นได้มากกว่า ส่งผลต่อการใช้งานในสถานะที่มีความชื้นสูงในอัตราส่วน และเมื่อวิเคราะห์ผลการทดสอบในอัตราส่วนพบว่า อัตราส่วน 30:30:40 มีคุณสมบัติเหมาะสมในการเป็นแผ่นฉนวนกันความร้อนได้ดี เนื่องจากความหนาแน่นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ทำให้วัสดุมีความแข็งแรง ไม่เปราะง่าย ปริมาณความชื้นอยู่ในระดับที่เหมาะสม ไม่อู้มน้ำมากเกินไป ลดปัญหาการเสื่อมสภาพจากความชื้น สามารถกันความร้อนได้ดี แต่ยังคงดีกว่าอีกอัตราส่วนหนึ่งเล็กน้อยสามารถลดการถ่ายเทความร้อนได้ดีที่สุด

จากการพิจารณาเปรียบเทียบต้นทุนของการผลิตแผ่นฉนวนจากเส้นใยโพลีเอสเตอร์ และเส้นใยปอสา อัตราส่วน 30:40:30 ความหนาแน่น 0.14 g/cm³ ขนาด 20×20×1.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยคิดต้นทุนค่าวัสดุคือ น้ำยาพาราธรรมชาติ ค่าอุปกรณ์ ค่าแรงงาน ค่าเครื่องมือ ค่าไฟฟ้า และการเปรียบเทียบกับวัสดุฉนวนใยแก้ว (ชัยพฤกษ์ อากาศ และคณะ, 2555) ฉนวนโพลีสไตรีน และฉนวนรีออร์คิวล ที่มีขายตามท้องตลาด (คิดที่ขนาด 60×60 เซนติเมตร) ซึ่งแผ่นฉนวนจากเส้นใยโพลีเอสเตอร์ และเส้นใยปอสา ใช้วัสดุจากใบโพลีเอสเตอร์ 25 กิโลกรัม ปอสา 18 กิโลกรัม และน้ำยาพาราธรรมชาติ 1 กิโลกรัม (เนื่องจากใบโพลีเอสเตอร์และปอสา เป็นวัสดุทางธรรมชาติจึงไม่คิดราคาในส่วนนี้) มีราคาต้นทุนการผลิตอยู่ที่ 60.36 บาทต่อแผ่น ซึ่งถูกกว่าราคาจำหน่ายของฉนวนใยแก้ว 75.75 บาทต่อแผ่น และถูกกว่าราคาจำหน่ายของฉนวนโพลีสไตรีน (PS Foam) 89 บาทต่อแผ่น แสดงให้เห็นว่าแผ่นฉนวนจากเส้นใยโพลีเอสเตอร์และเส้นใยปอสา ถูกกว่าแผ่นฉนวนประเภทอื่น เนื่องจากใช้วัสดุจากธรรมชาติที่สามารถหาได้ในท้องถิ่น ทำให้ต้นทุนวัสดุต่ำกว่า รวมถึงกระบวนการผลิตที่ไม่ซับซ้อน และไม่ต้องพึ่งพาเทคโนโลยีขั้นสูงหรือกระบวนการที่มีต้นทุนสูง แต่ทั้งนี้แผ่นฉนวนจากเส้นใยโพลีเอสเตอร์และเส้นใยปอสา มีข้อจำกัดในเรื่องขนาดการผลิตที่ไม่ควรเกิน 60×60 เซนติเมตร เนื่องจากน้ำหนักและการยึดเหนี่ยวเป็นแผ่นอาจไม่แข็งแรง แต่เป็นทางเลือกที่น่าสนใจในการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและวัสดุจากธรรมชาติมาผลิตเป็นฉนวนกันความร้อนที่มีกรรมวิธีไม่ยุ่งยากเหมาะสมสำหรับพัฒนาไว้ใช้ในท้องถิ่น ดังแสดงในตารางที่ 3



ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติและราคาของแผ่นฉนวนจากเส้นใยโพลีเอสเตอร์และเส้นใยปอสา กับวัสดุฉนวนในเชิงพาณิชย์โดยคิดที่ขนาด 60×60 เซนติเมตร

วัสดุฉนวน	ความหนา (เซนติเมตร)	ความ หนาแน่น (kg/m ³)	การต้านทาน ความร้อน (m ² .K/W)	การนำ ความร้อน (W/m.K)	ราคาต่อแผ่น (บาท)
ฉนวนจากเส้นใยโพลีเอสเตอร์ และเส้นใยปอสา	1.52	130	0.137	0.1104	60.36
ฉนวนใยแก้ว	2.5	24	0.714	0.035	75.75
ฉนวนโพลีสไตรีน (PE Foam) อะลูมิเนียม 2 ด้าน	1	24	0.32	0.031	89.00

5. บทสรุป

จากผลการวิจัยพบว่า แผ่นฉนวนจากเส้นใยโพลีเอสเตอร์และเส้นใยปอสา มีค่าความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 0.10-0.16 g/cm³ และปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 7.79-18.77% โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดคือ 30:30:40 เนื่องจากให้ความหนาแน่นและการยึดเกาะของเส้นใยที่เหมาะสม ค่าการนำความร้อนของแผ่นฉนวนอยู่ในช่วง 0.076-0.134 W/m.°C และค่าการต้านทานความร้อนอยู่ในช่วง 0.138-0.155 m².°C/W ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานเป็นฉนวนกันความร้อน เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับแผ่นฉนวนกันความร้อนในเชิงพาณิชย์ โดยพิจารณาที่ขนาด 60×60 เซนติเมตร พบว่า แผ่นฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยโพลีเอสเตอร์และเส้นใยปอสา มีต้นทุนการผลิตอยู่ที่ 60.36 บาทต่อแผ่น ซึ่งราคาถูกกว่าฉนวนใยแก้ว 20.32% และถูกกว่าฉนวนโพลีสไตรีน (PS Foam) 32.18% ส่งผลให้แผ่นฉนวนจากเส้นใยธรรมชาติเป็นอีกทางเลือกที่มีต้นทุนต่ำ และพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อทดแทนฉนวนกันความร้อนที่ผลิตในเชิงพาณิชย์ได้

6. ปัญหาที่พบ

6.1 เนื่องจากข้อจำกัดด้านทักษะในการผลิตแผ่นฉนวนของผู้วิจัย ส่งผลให้แผ่นฉนวนที่ผลิตได้มีความคลาดเคลื่อนของค่าความหนาแน่นและความไม่สม่ำเสมอของความหนาในแต่ละอัตราส่วนผสม

6.2 ในขั้นตอนการฉีดพ่นน้ำยาพาราธรรมชาติลงบนเส้นใย พบว่าน้ำยาบางส่วนหนึ่งติดอยู่กับบล็อกไม้ ทำให้ปริมาณน้ำยาพาราธรรมชาติที่ใช้จริงไม่ตรงตามน้ำหนักที่กำหนดไว้

6.3 ในขั้นตอนการอัดขึ้นรูปแผ่นฉนวนโดยใช้แรงกดที่ไม่สม่ำเสมอ ให้ความหนาแน่นและความหนาแต่ละจุดต่างกัน ส่งผลต่อการคงตัวและประสิทธิภาพการเป็นฉนวน

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 เนื่องจากน้ำยาพาราธรรมชาติ และเส้นใยโพลีเอสเตอร์ กับเส้นใยปอสาเป็นสารอินทรีย์ที่มีอายุการใช้งาน ดังนั้นการศึกษาอายุของผลิตภัณฑ์เป็นสิ่งที่จะต้องค้นคว้าวิจัยต่อไป

7.2 ในการวิจัยนี้ไม่ได้ศึกษาเรื่องวิธีการป้องกันการเสื่อมสภาพจากเชื้อรา ความชื้นและแมลง รวมไปถึงการป้องกันการลามไฟ จึงควรศึกษาเพิ่มเติมในส่วนนี้

7.3 ควรพิจารณาปรับปรุงกระบวนการเตรียมเส้นใย โดยการตัดหรือปั่นเส้นใยให้มีความละเอียดและมีขนาดเล็ก (น้อยกว่า 0.5-1 เซนติเมตร) ซึ่งจะส่งผลให้การฉีดพ่นน้ำยาพาราธรรมชาติลงบนเส้นใยเป็นไปอย่างทั่วถึงยิ่งขึ้น และช่วยให้เส้นใยเกาะติดกันเป็นแผ่นที่มีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น

8. เอกสารอ้างอิง

- กนกอร หันเจริญ และสุธาร์ตน์ โชติกประสงค์. (2556). การศึกษาสภาพนำความร้อนของฉนวนกันความร้อนที่ผลิตจากเส้นใยของแกนและขี้สับปะรด. เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 51: สาขาวิทยาศาสตร์, สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. ใน *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 51*. (น. 50-56). สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- กรมทรัพย์สินทางปัญญา. (2549). *ประกาศกรมทรัพย์สินทางปัญญา เรื่อง การขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์สับปะรดนางแล*. สืบค้นเมื่อ 19 มกราคม 2568, จาก <https://www.nanglae.go.th/nbs/fileuploads/wisdom/file/20220620132234.pdf>
- กิตติศักดิ์ บัวศรี. (2544). *การผลิตแผ่นฉนวนความร้อนจากฟางข้าว*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- จักรกริศน์ พิสุตรเสียง. (2553). *ประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานของฉนวนใยพารา*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชัยพฤกษ์ อภาเวท, ประยูร สุรินทร์, และเจษฎา วงษ์อ่อน. (2555). การศึกษาประสิทธิภาพฉนวนที่ผลิตจากเส้นใยธรรมชาติ. ใน *การประชุมวิชาการหน่วยงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี พ.ศ. 2555* (น. 1-6). มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- โรสลีนา จาระแว. (2559). *การพัฒนาฉนวนกันความร้อนจากพืชในเขตท้องถิ่น*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ), มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- วรรณวิทย์ แต่มทอง. (2556). ฉนวนกันความร้อนที่ผลิตจากฟางข้าว. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 18(3), 380-390.
- วิศิษฐ์ โล้เจริญรัตน์. (2548). การผลิตฉนวนความร้อนจากเส้นใยฟางข้าวและน้ำยางธรรมชาติ. *วิศวกรรมสาร*, 19(57), 32-45.
- สัณชัย ร้าเพยพัฑ, ธวัชชัย จารุงศ์วิทยา, สาธิต ทูลไธสง, นพรัตน์ อมัตริรัตน์, และอภิเดช บุญเจือ. (2558). *การผลิตฉนวนกันความร้อนจากโพลีเอสเตอร์และยางพารา*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน.
- สำนักงานวิจัยและพัฒนาการป่าไม้. (2551). *รายงานผลการวิจัยประจำปี พ.ศ. 2551*. กรุงเทพฯ: กรมป่าไม้.
- อนุภา สกกุลพานิชย์. (2559). การพัฒนาฉนวนกันความร้อนสู่อาคารจากขี้ข้าวโพดและน้ำยางธรรมชาติ. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ), มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- อามีน่า ดำหิ. (2561). *การผลิตฉนวนความร้อนจากเส้นใยใบเตยปะหนัและน้ำยางธรรมชาติ*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ), มหาวิทยาลัยบูรพา.



การพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพเทคโนโลยีการแปรรูปเมล็ดกาแฟโรบัสต้าเพื่อเพิ่มมูลค่า สำหรับเกษตรกรรายย่อย

DEVELOPING AND EVALUATING A VALUE-ADDING PROCESSING TECHNOLOGY FOR ROBUSTA COFFEE BEANS FOR SMALL-SCALE FARMERS

ไพโรจน์ นะเที่ยง^{1*} และพจน์ ชัยอ้าย¹

¹คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

Pairote Nathiang^{1*} and Poth Chaiaye¹

¹Faculty of Industrial Technology, Uttaradit Rajabhat University

*Corresponding author e-mail: pairote.n@gmail.com

วันที่รับ : 21 กรกฎาคม 2568

วันที่แก้ไข : 20 กันยายน 2568

วันที่ตอบรับ : 22 กันยายน 2568

Received : July 21, 2025

Revised : September 20, 2025

Accepted : September 22, 2025

บทคัดย่อ

เนื่องจากเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟโรบัสต้าในอำเภอลับแล จังหวัดอุดรดิตถ์ ไม่มีศักยภาพในการนำผลผลิตมาทำการแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าเนื่องจากขาดเทคโนโลยีที่เหมาะสม จึงทำให้ขายผลผลิตได้ราคาต่ำเนื่องจากการถูกกดราคาจากพ่อค้าคนกลาง การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาสภาพการจัดการผลผลิตเมล็ดกาแฟหลังการเก็บเกี่ยว และ 2) พัฒนาและประเมินประสิทธิภาพเทคโนโลยีการแปรรูปที่เหมาะสมกับเกษตรกรรายย่อย ซึ่งประกอบด้วยเครื่องกะเทาะเปลือกและเครื่องคั่วเมล็ดกาแฟ ผลจากการศึกษาบริบทของเกษตรกรพบว่าร้อยละ 95 ของเกษตรกรในพื้นที่นิยมขายผลผลิตในรูปแบบของเมล็ดกาแฟดิบ ราคาเพียงกิโลกรัมละ 8-12 บาท ส่วนผลการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดกาแฟด้วยการปรับตั้งระยะความห่างของชุดหินขัดและชุดยางขัด 3 ระดับ คือ 2, 3 และ 4 มิลลิเมตร ที่ความเร็วรอบแกนเพลาคงที่ 24 รอบต่อนาที พบว่าการปรับตั้งระยะห่างชุดหินขัดที่ระยะห่าง 2 มิลลิเมตร จะให้ค่าเฉลี่ยของสัดส่วนเมล็ดที่ไม่แตกสูงที่สุด 58.50% แต่ความแตกต่างนี้ยังไม่มีความสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับระยะห่าง 3 และ 4 มิลลิเมตร ส่วนผลการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องคั่วเมล็ดกาแฟ พบว่าระดับการคั่วที่แตกต่างกัน (อ่อน, กลาง, เข้ม) มีผลทำให้น้ำหนักของเมล็ดกาแฟหลังคั่วแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติค่า P-value (< 0.001) ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 อย่างชัดเจน อีกทั้งยังพบว่าระดับการคั่วส่งผลต่อความชื้นของเมล็ดกาแฟหลังคั่วอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ P-value ที่ระดับ 0.009 โดยเมล็ดกาแฟคั่วระดับอ่อนมีความชื้นเฉลี่ยสูงสุด 8.20% ในขณะที่ระดับกลางและความเข้มมีความชื้นลดหลั่นลงมาตามลำดับ 7.88% และ 7.26% จึงสรุปได้ว่าเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นมานี้มีศักยภาพในการช่วยให้เกษตรกรสามารถแปรรูปผลผลิตเพื่อเพิ่มมูลค่า สร้างรายได้ และส่งเสริมอุตสาหกรรมแปรรูปกาแฟในระดับชุมชนได้อย่างยั่งยืน

คำสำคัญ : กาแฟโรบัสต้า, การแปรรูปหลังการเก็บเกี่ยว, การเพิ่มมูลค่า, เกษตรกรรายย่อย

Abstract

Robusta coffee farmers in the Laplae District of Uttaradit Province are unable to add value to their crops due to a lack of appropriate processing technology. As a result, they are forced to sell their coffee at low prices, which are often kept artificially low by intermediaries. The objectives of this study were to 1) investigate post-harvest handling practices for coffee

beans and 2) develop and evaluate the effectiveness of processing technologies suitable for smallholder farmers, including a hulling machine and a coffee roaster. A contextual analysis revealed that 95% of farmers in the area typically sell their crops as raw coffee beans for only 8 to 12 Baht per kilogram. To assess the performance of the hulling machine, the gap between the abrasive stone and rubber units was adjusted to three levels (2, 3, and 4 mm), while maintaining a constant shaft speed of 24 rpm. The results showed that the 2 mm gap produced the highest average percentage of unbroken beans (58.5%). However, this difference was not statistically significant when compared with the 3 mm and 4 mm settings. Roasting experiments demonstrated that roast levels (light, medium, and dark) had a statistically significant effect on the weight of the beans after roasting (P-value < 0.001). Roast level also significantly affected bean moisture content (P-value = 0.009). Light roast beans exhibited the highest average moisture content (8.20%), followed by medium roast (7.88%) and dark roast (7.26%). In conclusion, the developed technologies show strong potential to enable farmers to process their coffee locally, thereby increasing product value, improving income, and promoting the development of a sustainable community-level coffee processing industry.

Keywords : Robusta Coffee, Post-Harvest Processing, Value-Adding, Smallholder Farmers

1. บทนำ

การปลูกกาแฟในประเทศไทยมีผลผลิตคิดเป็นร้อยละ 0.6 ของโลก โดยแบ่งเป็นกาแฟสายพันธุ์โรบัสต้าประมาณร้อยละ 97 และกาแฟสายพันธุ์อาราบิก้าคิดเป็นร้อยละ 3 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) เนื่องจากกาแฟสายพันธุ์โรบัสต้าสามารถปลูกได้ทุกพื้นที่ที่มีความทนทานต่อโรคและแมลง และมีปริมาณสารคาเฟอีนสูงมากกว่ากาแฟสายพันธุ์อาราบิก้า แต่ความนิยมต่ำไม่มากนักเนื่องจากมีรสขมและเปรี้ยว จึงเป็นผลทำให้กาแฟสายพันธุ์โรบัสต้ามีราคาต่ำกว่ากาแฟสายพันธุ์อาราบิก้า ซึ่งความแตกต่างของราคาอยู่ระหว่างร้อยละ 10-40 (กรมวิชาการเกษตร, 2563) จึงทำให้กาแฟสายพันธุ์โรบัสตานิยมนำมาผลิตเป็นกาแฟสำเร็จรูป ด้านการส่งออกของเมล็ดกาแฟของประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นสายพันธุ์โรบัสต้าเนื่องจากมีสัดส่วนผลผลิตมากกว่าสายพันธุ์อาราบิก้าซึ่งมีผลผลิตน้อยกว่า เนื่องจากกาแฟพันธุ์อาราบิก้าเจริญเติบโตได้เข้าประกอปกกับแหล่งเพาะปลูกมีเฉพาะในเขตพื้นที่ภาคเหนือเท่านั้น (นพดล อุภัมภ์, 2559) จึงทำให้กาแฟพันธุ์อาราบิก้ามีราคาแพงจนแทบไม่มีการส่งออก โดยส่วนใหญ่จะนำมาบริโภคในประเทศเท่านั้น

จากสภาพพื้นที่ส่วนใหญ่ของอำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ เป็นพื้นที่ราบลุ่มเชิงเขาโอบล้อมด้วยภูเขาและป่าเบญจพรรณ จึงเป็นแหล่งต้นน้ำลำธาร อีกทั้งยังเป็นพื้นที่สูงกว่าระดับน้ำทะเลประมาณ 400-700 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล การปลูกกาแฟในพื้นที่อำเภอลับแลเป็นการปลูกในพื้นที่สูงบนภูเขาผสมผสานกันอยู่ในพื้นที่สวนผลไม้ อีกทั้งเกษตรกรยังนิยมปลูกต้นกาแฟไว้ใกล้ ๆ บริเวณริมลำธารซึ่งถือว่าภูมิปัญญาของชาวบ้านที่สำคัญเนื่องจากกาแฟเป็นพืชที่มีระบบรากที่สามารถยึดหน้าดินในพื้นที่สวนผลไม้ไม่ให้พังทลายในช่วงฤดูฝน โดยกาแฟที่ปลูกในพื้นที่ทั้งหมดเป็นกาแฟสายพันธุ์โรบัสต้า ซึ่งมีการปลูกมาตั้งแต่ปี 2527 จนถึงปัจจุบันที่มีพื้นที่ปลูกครอบคลุมพื้นที่ 2,890 ไร่ โดยประมาณ มีผลผลิตต่อปีอยู่ระหว่าง 250-350 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565) ผลผลิตกาแฟถือว่าเป็นแหล่งรายได้อีกส่วนหนึ่งนอกเหนือจากการทำสวนผลไม้ของชาวสวนผลไม้ในพื้นที่อำเภอลับแล เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่ไม่นิยมนำผลผลิตเมล็ดกาแฟดิบที่ได้ไปทำการแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่า แต่มักจะจำหน่ายในรูปแบบของเมล็ดกาแฟดิบ คิดเป็นร้อยละ 95 ในราคากิโลกรัมละ



8-12 บาท แต่มีเกษตรกรบางส่วนเท่านั้นที่นำเมล็ดกาแฟผลสดมาทำการตากแห้งเพื่อขายในรูปแบบของเมล็ดกาแฟตากแห้งความชื้นไม่เกินร้อยละ 13-15% (สันติพงษ์ บริบูรณ์ และคณะ, 2567) จึงทำให้ราคาจำหน่ายต่อกิโลกรัมเพิ่มขึ้น 20-25 บาท จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา พบว่าแนวทางการเพิ่มราคาผลผลิตกาแฟให้สูงขึ้นกว่าการขายแบบเมล็ดกาแฟผลสดและเมล็ดกาแฟตากแห้งก็คือการนำเมล็ดกาแฟมาทำการแปรรูปเพื่อให้ได้เมล็ดสารกาแฟและเมล็ดกาแฟคั่ว จึงมีการพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดกาแฟหลากหลายรูปแบบ แต่ส่วนใหญ่มักเป็นเครื่องจักรขนาดใหญ่สำหรับภาคอุตสาหกรรมซึ่งมีราคาสูงและมีกำลังการผลิตเกินความจำเป็นของเกษตรกรรายย่อย (ชินชฐา บุญคำมา, 2564) เช่นเดียวกับกับเครื่องคั่วกาแฟ ซึ่งงานวิจัยของ (ถวัลย์ มะลิซ้อน และเชษฏ์ จันทร์สา, 2555) ได้พัฒนาเครื่องคั่วราคาถูกสำหรับชุมชน แต่ยังคงมีข้อจำกัดด้านการควบคุมอุณหภูมิที่สม่ำเสมอและใช้พลังงานไฟฟ้าซึ่งอาจไม่สะดวกในบางพื้นที่ ดังนั้นจึงยังคงมีช่องว่างขององค์ความรู้ (Knowledge Gap) ในการพัฒนาเทคโนโลยีการแปรรูปกาแฟแบบครบวงจรที่มีขนาดเหมาะสมใช้งานง่าย และมีต้นทุนที่เกษตรกรรายย่อยสามารถเข้าถึงได้ เพื่อแก้ปัญหาการขายผลผลิตได้ในราคาต่ำในพื้นที่อำเภอลับแลโดยตรง

ดังนั้นเพื่อก่อให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรของเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟสายพันธุ์โรบัสต้าในพื้นที่ของอำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ ด้วยการนำผลผลิตที่มีอยู่มาผ่านกระบวนการเพื่อเพิ่มมูลค่าด้วยการใช้เทคโนโลยีแปรรูปที่เหมาะสม อีกทั้งยังเป็นการช่วยส่งเสริมให้เกษตรกรผู้ทำสวนผลไม้หันมาปลูกต้นกาแฟเพื่อใช้ในการอนุรักษ์ดินและช่วยป้องกันการพังทลายของหน้าดินในพื้นที่ภูเขาสูง รวมถึงยังเป็นแนวทางในการส่งเสริมให้เกษตรกรรายย่อยมีการรวมกลุ่มเพื่อทำการแปรรูปผลผลิตกาแฟคั่ว-บดในเชิงการค้าก่อให้เกิดธุรกิจกาแฟอินทรีย์โดยมีกลุ่มของเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟในพื้นที่เป็นผู้ขับเคลื่อน อีกทั้งยังทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ มีรสชาติที่เป็นอัตลักษณ์เฉพาะตัวและกลายเป็นสินค้าชุมชนที่มีชื่อเสียงของจังหวัดอุตรดิตถ์ต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาสภาพ/บริบทด้านการจัดการผลผลิตกาแฟโรบัสต้าหลังการเก็บเกี่ยวของเกษตรกรในเขตพื้นที่อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์

2.2 เพื่อออกแบบและสร้างเทคโนโลยีการแปรรูปเมล็ดกาแฟโรบัสต้าที่เหมาะสมกับการใช้งานของกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟรายย่อย

2.3 เพื่อประเมินประสิทธิภาพการทำงานของเทคโนโลยีเครื่องกะเทาะเปลือกและเครื่องคั่วเมล็ดกาแฟโรบัสต้าตามเกณฑ์มาตรฐานการแปรรูปที่เป็นสากล

3. วิธีการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยประยุกต์ (Applied Research) ร่วมกับการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) เพื่อเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตรที่มีอยู่ในพื้นที่อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ โดยการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตที่สำคัญในกระบวนการแปรรูปเมล็ดกาแฟโรบัสต้า ซึ่งผู้วิจัยได้ออกแบบให้มีสมรรถนะเป็นไปตามความต้องการใช้งานของกลุ่มเกษตรกรรายย่อย โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

3.1 การศึกษาสภาพ/บริบทด้านการจัดการผลผลิตเมล็ดกาแฟโรบัสต้า

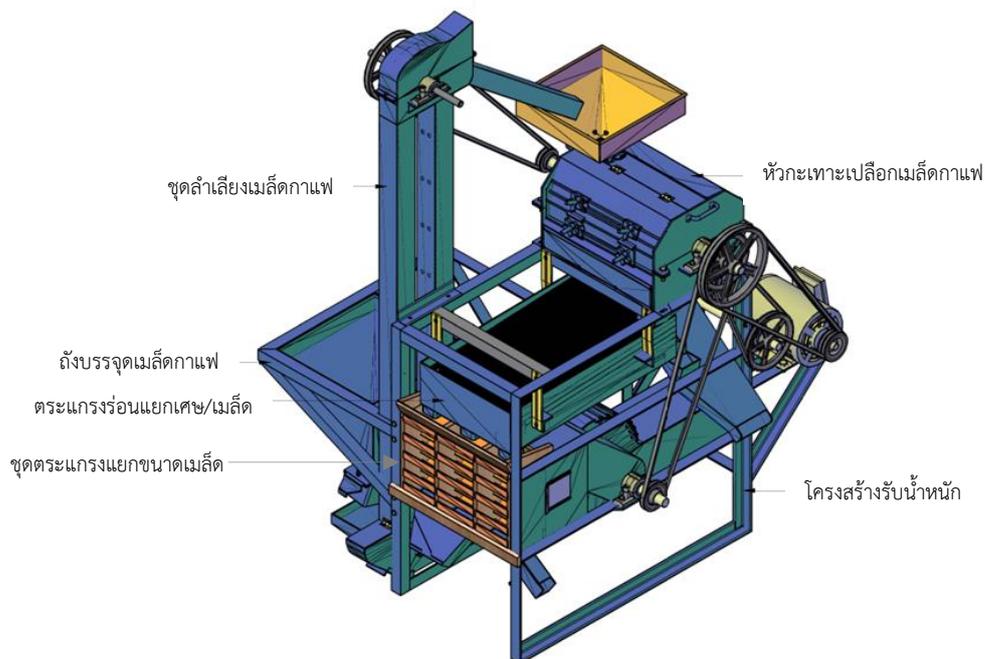
ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลกับกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟโรบัสต้าในพื้นที่ 2 ตำบลของอำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ ซึ่งเป็นกลุ่มที่ใช้ประโยชน์จากงานวิจัย ได้แก่ กลุ่มเกษตรกรตำบลผามอบ และตำบลนานกกก เพื่อเก็บข้อมูลโดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ การลงภาคสนามเพื่อสังเกตการณ์ (Observation) การสัมภาษณ์แบบเจาะลึก (In-Depth Interview) และการสนทนากลุ่ม (Focus Group) เพื่อให้ได้ข้อมูล

สภาพบริบทในด้านการจัดการผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว รูปแบบการรับซื้อ/การจำหน่ายผลผลิตเมล็ดกาแฟของเกษตรกรในพื้นที่

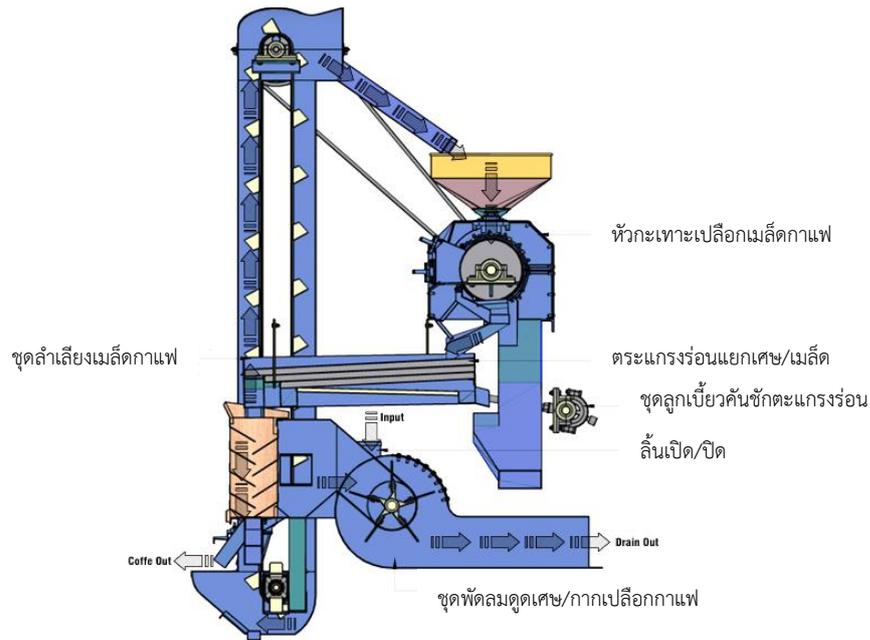
3.2 การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตสำหรับการแปรรูปเมล็ดกาแฟโรบัสต้า

ขั้นตอนของการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตสำหรับการแปรรูปเมล็ดกาแฟโรบัสต้าที่เหมาะสมสำหรับกลุ่มเกษตรกรรายย่อย ผู้วิจัยได้ดำเนินการดังต่อไปนี้

3.2.1 เครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดกาแฟ เป็นเครื่องจักรกลการผลิตสำหรับแยกเปลือกกะลาออกจากเมล็ดสารกาแฟ แนวคิดในการออกแบบผู้วิจัยออกแบบให้ลูกกะเทาะเป็นชุดหินขัดเพื่อป้องกันการสึกหรอของชุดแกนกะเทาะ และยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการปรับแต่ง รวมทั้งค่าใช้จ่ายสำหรับการบำรุงรักษาผิวของแกนลูกกะเทาะซึ่งสามารถถอดเปลี่ยนได้ง่ายในกรณีที่เกิดการชำรุดเสียหาย (พิมล วุฒิสินธุ์, 2553) โดยมีชุดพัดลมทำความสะอาดและตะแกรงคัดแยกเมล็ดแตกต่างกับเม็ดที่ไม่กะเทาะบางส่วนอยู่ที่ด้านล่างของตัวเครื่องกะเทาะ รวมถึงยังได้ออกแบบชุดสายพานลำเลียงให้อยู่ที่ด้านข้างของตัวเครื่องเพื่อใช้สำหรับลำเลียงเมล็ดกาแฟเข้าสู่หัวกะเทาะเพื่อความสะดวกในการใช้งาน (ตามภาพที่ 1) วิธีการกะเทาะจะออกแบบให้เป็นตะแกรงสองชั้นเคลื่อนที่สวนทางกัน แล้วให้เมล็ดกาแฟเคลื่อนที่เข้าไปอยู่ระหว่างแผ่นตะแกรงทั้งสอง ซึ่งระหว่างปลายตะแกรงกะเทาะทั้งสองด้านที่เมล็ดกาแฟเคลื่อนที่เข้ามากะเทาะมีระยะห่าง 25.4 มิลลิเมตร จนระยะห่างลดลงจนเหลือ 10 มิลลิเมตร ที่ปลายอีกด้านหนึ่ง ซึ่งตะแกรงกะเทาะเอียงทำมุมประมาณ 10 องศา เพื่อทำให้ง่ายต่อการกะเทาะเปลือกเมล็ดกาแฟ ส่วนเปลือกที่ผ่านชุดกะเทาะจะตกลงมาที่ชุดเป่าลมที่อยู่ด้านล่างของตะแกรงทั้งสอง จากนั้นพัดลมจะทำการพัดพาเปลือกกาแฟที่มีน้ำหนักเบาแยกออกจากเมล็ดกาแฟ ส่วนเมล็ดกาแฟจะตกลงมาทางด้านล่างสู่ระบบคัดขนาดที่อยู่ด้านใต้ของชุดเป่าลมโดยผ่านตะแกรงคัดขนาด เพื่อแยกขนาดเมล็ดสารกาแฟออกเป็น 3 ขนาด ได้แก่ ขนาดเมล็ดใหญ่ ขนาดเมล็ดมาตรฐาน และขนาดเมล็ดลีบหรือแตกหัก (เมล็ดกาแฟโรบัสต้า: มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 5700-2552, 2552) (ตามภาพที่ 2)

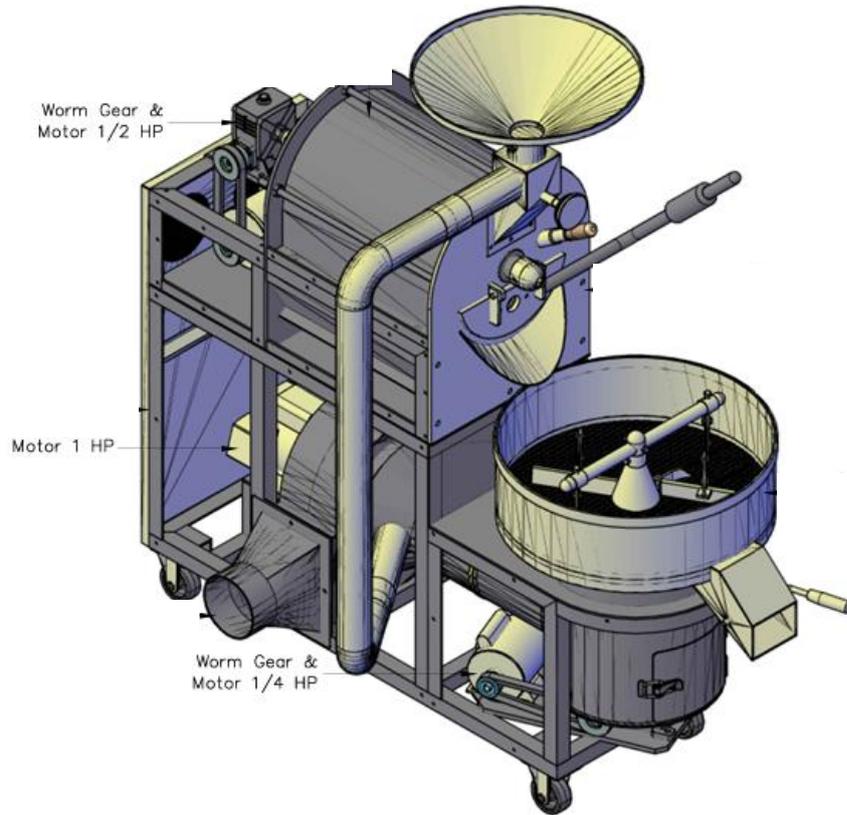


ภาพที่ 1 ลักษณะทางด้านโครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดกาแฟโรบัสต้า

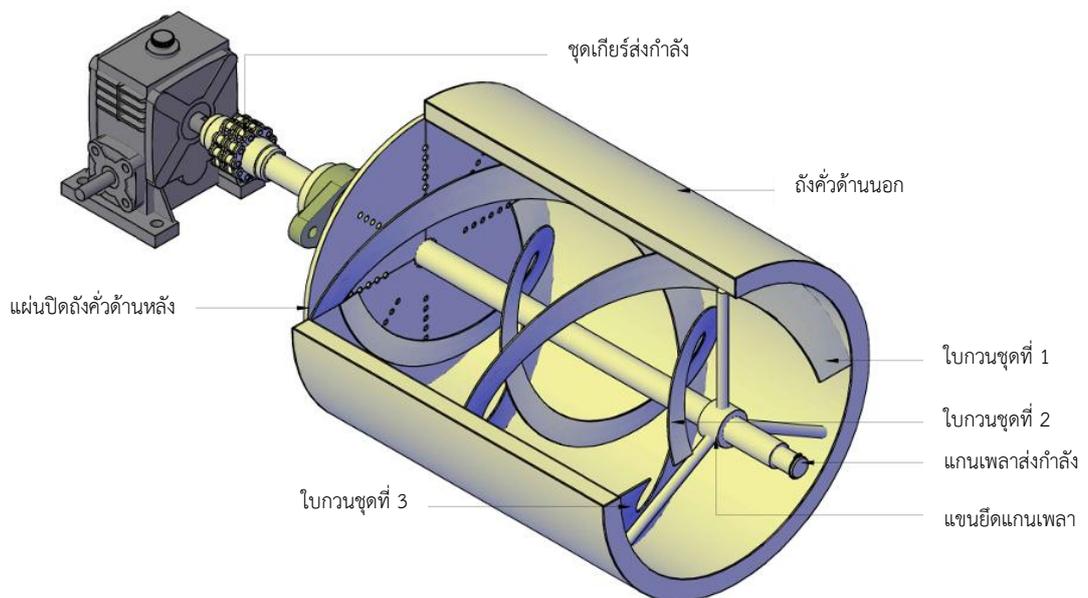


ภาพที่ 2 ระบบการทำงานของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดกาแฟโรบัสต้า

3.2.2 เครื่องคั่วเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้า ผู้วิจัยออกแบบโดยใช้หลักการให้ความร้อนไปที่ภาชนะบรรจุที่ทำมาจากแผ่นโลหะเหล็กกล้าไร้สนิมรูปทรงกระบอกวางในแนวนอน โดยใช้แก๊สแอลพีจี (LPG) เป็นแหล่งให้ความร้อน ใช้ต้นกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้าและชุดเกียร์ทดรอบเพื่อหมุนตัวถังที่ใส่เมล็ดสารกาแฟ (ลักษณะของถังคั่วเมล็ดสารกาแฟคล้ายถังผสมปูนซีเมนต์) ในขณะที่ทำการคั่วเมล็ดกาแฟจะเคลื่อนที่อยู่ในถังนี้เพื่อให้ความร้อนกระจายได้อย่างทั่วถึง สามารถรองรับปริมาณการคั่วเมล็ดสารกาแฟได้ครั้งละ 5 กิโลกรัม ซึ่งเป็นปริมาณที่เหมาะสมกับการใช้งานสำหรับเกษตรกรผู้ปลูกและแปรรูปเมล็ดกาแฟรายย่อย ลักษณะของเครื่องคั่วเมล็ดสารกาแฟในส่วนของตัวถังคั่วทำด้วยเหล็กไร้สนิม มีขนาดยาว 60 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของถังคั่ว 30 เซนติเมตร มีครีบน้ำตันทรงวงกว้าง 1.5 เซนติเมตร ไชวโคงซอนกัน 3 คู่ เพื่อใช้สำหรับเกลี่ยเมล็ดสารกาแฟขณะที่ทำการคั่วและผลัดเมล็ดสารกาแฟที่คั่วเสร็จแล้วออกจากถังหลังจากคั่วตามระดับที่ต้องการแล้ว (ตามภาพที่ 4) โดยการเริ่มต้นคั่วเมล็ดสารกาแฟในแต่ละครั้งจะต้องใช้เวลาเผาถังคั่วให้ได้อุณหภูมิ 240 °C ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 8 ถึง 10 นาที หลังจากทำการใส่เมล็ดสารกาแฟจะทำให้อุณหภูมิลดลงเหลือ 170-180 °C การใช้เวลาคั่วในแต่ละระดับสีตามมาตรฐานความเข้มของสีเมล็ดสารกาแฟจะใช้เวลาประมาณ 13-20 นาที (ปรานต์ เมฆอากาศ และคณะ, 2567) โดยลักษณะทางโครงสร้างของเครื่องคั่วเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้า ดังแสดง (ตามภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 ลักษณะทางโครงสร้างของเครื่องคั่วเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้า



ภาพที่ 4 ลักษณะไบวอนภายในถังของเครื่องคั่วเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้า



3.3 การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

การทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเทคโนโลยีเครื่องจักรแต่ละชนิดจะดำเนินการทดลองซ้ำจำนวน 3 ครั้ง ($n=3$) เพื่อหาความน่าเชื่อถือของข้อมูล จากนั้นนำข้อมูลที่ได้นำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย (Mean) แล้วทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way Anova) จากการนำเมล็ดสารกาแฟคั่วคั่วแยกหลังจากการกะเทาะ ตามข้อมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 3678-2566 ที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดกาแฟเขียว (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2566) สำหรับการวัดค่าความชื้นของเมล็ดสารกาแฟจะใช้เครื่องวัดค่าความชื้นแบบ Dielectric Constant ในการวัดปริมาณน้ำในเมล็ดสารกาแฟ KETT รุ่น PM-450 ส่วนการกำหนดอุณหภูมิและเวลาในการคั่วเมล็ดสารกาแฟในแต่ละระดับ อ้างอิงตามแนวทางของ Specialty Coffee Association (SCA) และงานวิจัยของ Bolka & Emire (2020) เพื่อให้ได้โปรไฟล์การคั่วที่เป็นมาตรฐานสากล

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการศึกษาสภาพ/บริบทด้านการจัดการผลผลิตกาแฟโรบัสต้าหลังการเก็บเกี่ยว

การปลูกกาแฟสายพันธุ์โรบัสต้า ในพื้นที่อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ นิยมปลูกปะปนร่วมกับพืชอื่นในสวนผลไม้ โดยเป็นการปลูกแบบปล่อยไปตามธรรมชาติไม่มีการใส่ปุ๋ยดูแลเป็นพิเศษมากนักเท่ากับผลไม้ที่เป็นพืชหลักทางเศรษฐกิจอย่างเช่น ทูเรียน ลำปาง และลองกอง ดังนั้นจึงมีผลทำให้ผลผลิตกาแฟ (เชอร์รี่) ที่เก็บเกี่ยวได้มีคุณภาพต่ำ เนื่องจากกาแฟเป็นผลผลิตที่ให้ผลตอบแทนต่ำกว่าผลไม้ เป็นเหตุให้เกษตรกรบางรายถึงกับตัดต้นกาแฟออกจากพื้นที่สวน เนื่องจากขายผลผลิตได้ในราคาต่ำไม่คุ้มทุนกับการเก็บเกี่ยวผลผลิตที่ต้องใช้แรงงานคนที่มีค่าจ้างแรงงานในราคาสูง ผนวกกับเหตุที่เข้าใจว่ากาแฟมีผลทำให้ต้นทุเรียนไม่เจริญเติบโตเนื่องจากเกษตรกรเข้าใจว่ารากของต้นกาแฟไปแย่งธาตุอาหาร/ปุ๋ยไปจากต้นทุเรียน (ธวัช ดีมูล, 2566, สัมภาษณ์)

รูปแบบการเก็บเกี่ยวผลผลิตกาแฟของเกษตรกรในพื้นที่อำเภอลับแล ส่วนใหญ่เกษตรกรจะใช้วิธีการเก็บเกี่ยวแบบไม่ประณีต (ใช้วิธีการรูดผลกาแฟจากกิ่งออกมาพร้อม ๆ กัน) ทั้งกาแฟผลสุกและผลกาแฟที่ยังไม่สุก เนื่องจากเกษตรกรต้องการความรวดเร็วในการเก็บเกี่ยวผลผลิตจึงทำให้ได้ผลผลิตกาแฟที่ด้อยคุณภาพ ซึ่งโดยปกติเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟจะเก็บเกี่ยวผลผลิตในช่วงเดือนพฤศจิกายน-เมษายน โดยนำผลผลิตกาแฟที่ได้ไปจำหน่ายใน 2 รูปแบบ คือ การจำหน่ายให้พ่อค้าคนกลางในพื้นที่รูปแบบของกาแฟผลสด (ตามภาพที่ 5) ทั้งแบบที่พ่อค้าคนกลางมารับซื้อที่หน้าสวน หรือนำไปขายที่แหล่งรับซื้อผลผลิตทางเกษตรในพื้นที่ราคากิโลกรัมละ 8-12 บาท แต่ก็มีเกษตรกรบางรายที่ขายผลผลิตในรูปแบบของกาแฟตากแห้ง (ตามภาพที่ 6) ซึ่งเป็นวิธีการเตรียมสารกาแฟแบบแห้ง (Dry Processing) (Schenker, et al., 2002) หรือที่พ่อค้าคนกลางเรียกวิธีการเตรียมสารกาแฟด้วยวิธีการนี้ว่า (กาแฟตากดำ) ซึ่งเป็นวิธีการเตรียมสารกาแฟที่นิยมใช้กับกาแฟสายพันธุ์โรบัสต้า โดยจะต้องตากแดดให้เนื้อเชอร์รี่แห้งใช้เวลาประมาณ 9-12 วัน จะสามารถจำหน่ายได้ในราคากิโลกรัมละ 20-25 บาท ซึ่งหากเกษตรกรนำผลกาแฟตากแห้งไปกะเทาะเป็นสารกาแฟจะสามารถขายได้ในราคากิโลกรัมละ 90-120 บาท แต่เกษตรกรในพื้นที่ส่วนใหญ่จะไม่ขายผลผลิตในรูปแบบของสารกาแฟ เนื่องจากขาดเทคโนโลยีและองค์ความรู้ในกระบวนการแปรรูป ซึ่งผลผลิตกาแฟในพื้นที่ทั้งหมดจะนำไปผ่านกระบวนการกะเทาะเปลือกเพื่อผลิตเป็นสารกาแฟ (เมล็ดกาแฟดิบ) โดยพ่อค้าคนกลางที่รับซื้อผลผลิตในพื้นที่และส่งจำหน่ายให้กับโรงงานแปรรูปกาแฟเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตกาแฟสำเร็จรูปต่อไป



ภาพที่ 5 การขายผลผลิตในรูปแบบของกาแฟผลสด โดยพ่อค้าคนกลางในพื้นที่เป็นผู้รวบรวมผลผลิต



ภาพที่ 6 การเตรียมสารกาแฟแบบแห้ง (Dry Processing) ให้ได้ผลกาแฟเชอร์รี่ตากแห้ง (กาแฟตากดำ)

4.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพเทคโนโลยีการแปรรูปเมล็ดกาแฟโรบัสต้า

4.2.1 เครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดกาแฟโรบัสต้าที่ผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนาขึ้นจากเงื่อนไขหลักในการทดสอบและปริมาณการกะเทาะเปลือกเมล็ดกาแฟสูงสุดภายใต้เงื่อนไขการทดสอบด้วยการปรับระยะความห่างของชุดหินขัดกับชุดยางขัด และความเร็วรอบแกนเพลลาของหัวกะเทาะ โดยแบ่งขนาดระยะความห่างของชุดหินขัดกับชุดยางขัดที่ระดับความห่าง 2, 3 และ 4 มิลลิเมตร โดยใช้ความเร็วรอบแกนเพลลาของหัวกะเทาะที่ 24 รอบต่อนาที โดยทุก ๆ เงื่อนไขการทดลองจะใช้เวลาในการทดลอง 1 ชั่วโมง โดยทำการทดลองจำนวน 3 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยจากการนำเมล็ดสารกาแฟมาคัดแยกหลังจากการกะเทาะ ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดกาแฟ โดยทำการทดสอบกับเมล็ดกาแฟที่ได้จากการเตรียมด้วยวิธีการแห้ง (Dry Process) ดังตารางที่ 1 ถึงตารางที่ 3

ตารางที่ 1 ระยะความห่างของชุดหินขัดและชุดยางขัดที่ระยะ 2 มิลลิเมตร

ครั้งที่ ทดลอง	น้ำหนัก เมล็ดกาแฟ ตากแห้ง (กิโลกรัม)	เวลาที่ใช้ในการ กะเทาะเปลือก เมล็ดกาแฟ		อัตราการผลิต (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	สัดส่วนของผลผลิต (%)		
		(นาที)	(ชั่วโมง)		สารกาแฟ (ไม่แตก)	สารกาแฟ (แตก)	เศษเปลือก
1	40	8.80	0.146	253.90	54.0	1.0	45.0
2	40	9.05	0.150	248.80	60.5	0.5	39.0
3	40	9.60	0.160	257.37	61.0	1.0	38.0
เฉลี่ย	40	9.15	0.152	253.35	58.50	0.830	40.66



ตารางที่ 2 ระยะความห่างของชุดหินขัดและชุดยางขัดที่ระยะ 3 มิลลิเมตร

ครั้งที่ทดลอง	น้ำหนัก เม็ล็ดกาแฟ ตากแห้ง (กิโลกรัม)	เวลาที่ใช้ในการ กะเทาะเปลือกเม็ล็ด กาแฟ		อัตราการผลิต (กิโลกรัม/ ชั่วโมง)	สัดส่วนของผลผลิต (%)		
		(นาที)	(ชั่วโมง)		สารกาแฟ (ไม่แตก)	สารกาแฟ (แตก)	เศษเปลือก
1	40	8.80	0.146	253.90	55.0	1.0	44.0
2	40	9.05	0.150	248.80	59.0	0.5	40.5
3	40	9.60	0.160	257.37	60.0	1.0	39.0
เฉลี่ย	40	9.15	0.152	253.35	58.0	0.83	41.16

ตารางที่ 3 ระยะความห่างของชุดหินขัดและชุดยางขัดที่ระยะ 4 มิลลิเมตร

ครั้งที่ทดลอง	น้ำหนัก เม็ล็ดกาแฟ ตากแห้ง (กิโลกรัม)	เวลาที่ใช้ในการ กะเทาะเปลือก เม็ล็ดกาแฟ		อัตราการผลิต (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	สัดส่วนของผลผลิต (%)		
		(นาที)	(ชั่วโมง)		สารกาแฟ (ไม่แตก)	สารกาแฟ (แตก)	เศษเปลือก
1	40	8.80	0.146	253.90	57.0	1.0	42.0
2	40	9.05	0.150	248.80	58.0	0.5	41.5
3	40	9.60	0.160	257.37	59.0	1.0	40.0
เฉลี่ย	40	9.15	0.152	253.35	58.0	0.83	41.16

สรุปผลจากการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องกะเทาะเปลือกเม็ล็ดกาแฟโรบัสต้าโดยปรับระยะความห่างของชุดหินขัดและชุดยางขัด 3 ระดับ คือ 2, 3 และ 4 มิลลิเมตร ที่ความเร็วรอบแกนเพลาคงที่ 24 รอบต่อนาที ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 1 ถึง 3 เมื่อนำผลของสัดส่วนเม็ล็ดกาแฟที่ไม่แตก ซึ่งเป็นดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพที่สำคัญที่สุดมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way Anova) เพื่อเปรียบเทียบผลระหว่างการตั้งค่าระยะห่างทั้ง 3 ระดับ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($F(2, 6) = 0.03, p = 0.968$) ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัดส่วนเม็ล็ดกาแฟที่ไม่แตกตามระยะห่างของชุดหินขัด

Source	ผลบวกกำลังสอง (SS)	df	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง (MS)	F	P-value
Distance	0.5	2	0.25	0.03	0.968
Error	46.5	6	7.75		
Total	47	8			

ผลการวิเคราะห์จากตารางที่ 4 ซึ่งให้เห็นว่าแม้การตั้งค่าระยะห่างของชุดหินขัดที่ 2 มิลลิเมตร จะให้ค่าเฉลี่ยของสัดส่วนเมล็ดที่ไม่แตกสูงที่สุด (58.50%) แต่ความแตกต่างนี้ยังไม่มีความสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับระยะห่าง 3 และ 4 มิลลิเมตร ซึ่งชี้ให้เห็นว่าเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดกาแฟโรบัสต้าที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในช่วงระยะห่าง 2-4 มิลลิเมตร อย่างไรก็ตามเพื่อให้ได้เมล็ดกาแฟสมบูรณ์ในสัดส่วนที่ดีที่สุดจึงแนะนำให้ใช้งานที่ระยะห่างของชุดหินขัดและชุดยางขัดที่ระยะห่าง 2 มิลลิเมตร

4.2.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องคั่วเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้าจากเงื่อนไขหลักในการทดสอบโดยใช้ลักษณะสีของเมล็ดสารกาแฟที่เปลี่ยนแปลงไปทั้ง 3 ระดับสี (เสกสรรค์ วินยางค์กุล และคณะ, 2564) เป็นเกณฑ์มาตรฐานในการเปรียบเทียบระดับสีของเมล็ดสารกาแฟหลังจากการคั่ว ประกอบด้วย การคั่วกาแฟระดับอ่อน (Light Roast) การคั่วกาแฟระดับนี้สารกาแฟจะเปลี่ยนสีจากสีเหลือง หรือสีเขียวอมฟ้า หรือเทา เป็นสีน้ำตาลอ่อน โดยใช้อุณหภูมิในการคั่วประมาณ 170-180 องศาเซลเซียส การคั่วกาแฟระดับกลาง (Medium Roast or Full City Roast) การคั่วกาแฟระดับนี้สีของกาแฟจะมีสีน้ำตาลเข้มขึ้นมาปานกลาง โดยใช้อุณหภูมิในการคั่วประมาณ 220-250 องศาเซลเซียส และการคั่วกาแฟระดับเข้ม (Dark Roast) การคั่วกาแฟระดับนี้สีของกาแฟจะมีสีน้ำตาลเข้มขึ้นมาก อมน้ำตาลแดง แต่ไม่ถึงกับดำที่ผิวของเมล็ดกาแฟจะมีน้ำมันซึมเคลือบผิวกาแฟเล็กน้อย (Bolka & Emire, 2020) โดยใช้อุณหภูมิในการคั่วประมาณ 250-270 องศาเซลเซียส ตามภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ลักษณะสีของเมล็ดสารกาแฟที่เปลี่ยนแปลงไปหลังจากการคั่วทั้ง 3 ระดับ

1) ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องคั่วเมล็ดสารกาแฟ สำหรับการคั่วกาแฟระดับที่ 1 ระดับอ่อน (Light Roast) ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การคั่วเมล็ดสารกาแฟระดับอ่อน (Light Roast)

ครั้งที่	ปริมาณเมล็ดสารกาแฟ (กิโลกรัม)	อุณหภูมิในถังคั่ว (°C)	เวลาที่ใช้ในการคั่ว (นาที)	การเทียบสีระดับอ่อน (Light Roast)		น้ำหนักเมล็ดสารกาแฟหลังคั่ว (กิโลกรัม)	ความชื้นเมล็ดสารกาแฟหลังคั่ว (%)
				ผ่าน	ไม่ผ่าน		
1	5	170	15.8	✓		4.02	8.4
2	5	174	16.0	✓		3.93	8.2
3	5	177	16.4	✓		3.90	8.0
เฉลี่ย	5	173.0	16.06			3.95	8.20

2) ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องคั่วเมล็ดสารกาแฟ สำหรับการคั่วกาแฟระดับที่ 2 ระดับกลาง (Medium Roast or Full City Roast) ดังตารางที่ 6



ตารางที่ 6 การคั่วเมล็ดสารกาแฟระดับกลาง (Medium Roast or Full City Roast)

ครั้งที่	ปริมาณเมล็ด สารกาแฟ (กิโลกรัม)	อุณหภูมิ ในถังคั่ว (°C)	เวลาที่ใช้ ในการคั่ว (นาที)	การเทียบสี		น้ำหนัก เมล็ดสาร กาแฟ หลังคั่ว (กิโลกรัม)	ความชื้น เมล็ดสาร กาแฟ หลังคั่ว (%)
				ระดับกลาง (Medium Roast or Full City Roast)	ผ่าน ไม่ผ่าน		
1	5	207	14.2	✓		3.22	7.90
2	5	212	14.5	✓		3.12	7.89
3	5	220	14.8	✓		2.87	7.85
เฉลี่ย	5	213	14.5			3.07	7.88

3) ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องคั่วเมล็ดสารกาแฟ สำหรับการคั่วกาแฟระดับที่ 3 ระดับเข้ม (Dark Roast) ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การคั่วเมล็ดสารกาแฟระดับเข้ม (Dark Roast)

ครั้งที่	ปริมาณเมล็ด สารกาแฟ (กิโลกรัม)	อุณหภูมิ ในถังคั่ว (°C)	เวลาที่ใช้ ในการคั่ว (นาที)	การเทียบสี		น้ำหนัก เมล็ดสาร กาแฟ หลังคั่ว (กิโลกรัม)	ความชื้น เมล็ดสาร กาแฟ หลังคั่ว (%)
				ระดับเข้ม (Dark Roast)	ผ่าน ไม่ผ่าน		
1	5	252	14.5		✓	2.77	7.8
2	5	258	15	✓		2.50	7.2
3	5	264	15.5	✓		2.50	6.8
เฉลี่ย	5	258	15.0			2.59	7.26

สรุปผลจากการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องคั่วเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้า เพื่อวิเคราะห์ว่าระดับการคั่วที่แตกต่างกัน (อ่อน, กลาง, เข้ม) ส่งผลต่อคุณลักษณะของเมล็ดกาแฟอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way Anova) ใน 2 ส่วนหลัก ๆ คือ น้ำหนักหลังการคั่วและความชื้นหลังการคั่ว ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 8 และตารางที่ 9

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักเมล็ดสารกาแฟหลังการคั่ว ตามระดับการคั่ว

Source	ผลบวกกำลังสอง (SS)	df	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง (MS)	F	P-value
Distance	2.569	2	1.284	49.313	< 0.001
Error	0.156	6	0.026		
Total	2.725	8			

ผลการวิเคราะห์จากตารางที่ 8 พบว่าระดับการคั่วที่แตกต่างกัน (อ่อน, กลาง, เข้ม) มีผลทำให้น้ำหนักของเมล็ดสารกาแฟหลังคั่วแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติค่า P-value (< 0.001) ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 อย่างชัดเจน โดยเมล็ดสารกาแฟคั่วระดับอ่อนมีน้ำหนักเฉลี่ยสูงสุด 3.95 กิโลกรัม

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความชื้นเมล็ดสารกาแฟหลังการคั่ว ตามระดับการคั่ว

Source	ผลบวกกำลังสอง (SS)	df	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง (MS)	F	P-value
Distance	1.250	2	0.625	11.088	0.009
Error	0.338	6	0.056		
Total	1.588	8			

ผลการวิเคราะห์จากตารางที่ 9 พบว่าระดับการคั่วส่งผลต่อความชื้นของเมล็ดสารกาแฟหลังคั่วอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F(2, 6) = 11.088, p = 0.009$) โดยเมล็ดสารกาแฟคั่วระดับอ่อนมีความชื้นเฉลี่ยสูงสุด 8.20% ในขณะที่ระดับกลางและความเข้มมีความชื้นลดลงตามลำดับที่ 7.88% และ 7.26% ซึ่งชี้ให้เห็นว่ายิ่งใช้เวลาและอุณหภูมิในการคั่วสูงขึ้นปริมาณความชื้นในเมล็ดสารกาแฟจะยิ่งลดลง ผลการวิเคราะห์ทางสถิติทั้งหมดนี้ชี้ชัดได้ว่าเครื่องคั่วเมล็ดสารกาแฟที่พัฒนาขึ้นสามารถควบคุมกระบวนการคั่วเพื่อสร้างความแตกต่างที่มีนัยสำคัญต่อคุณลักษณะทางกายภาพที่สำคัญของเมล็ดสารกาแฟหลังการคั่วได้จริง จึงทำให้เกษตรกรรายย่อยผู้ใช้เทคโนโลยีเครื่องคั่วเมล็ดสารกาแฟสามารถผลิตกาแฟโรบัสต้าที่มีโปรไฟล์การคั่วที่หลากหลายตามความต้องการของตลาดได้อย่างมีมาตรฐาน

5. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไขปัญหาด้านการจัดการผลผลิตกาแฟโรบัสต้าของเกษตรกรในพื้นที่อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ ที่พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ยังคงขายผลผลิตในรูปแบบกาแฟผลสดหรือกาแฟตากแห้งในราคาต่ำเนื่องจากขาดเทคโนโลยีและองค์ความรู้ในการแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่า จากข้อมูลดังกล่าวจึงนำไปสู่การพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องจักรที่เหมาะสมสำหรับเกษตรกรรายย่อย ซึ่งได้แก่ เครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดกาแฟและเครื่องคั่วเมล็ดสารกาแฟ การประเมินประสิทธิภาพเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดกาแฟโรบัสต้า พบว่าการปรับระยะห่างของชุดหินขัดกับชุดยางขัดทุกระดับให้ค่าประสิทธิภาพการกะเทาะเปลือกเมล็ดกาแฟไม่แตกต่างกัน มีอัตราเวลาการกะเทาะเฉลี่ย 9.15 นาที อัตรากำลังการผลิตเฉลี่ย 253.35 กิโลกรัม/ชั่วโมง ซึ่งเป็นอัตรากำลังการผลิตที่เพียงพอต่อการใช้งานในระดับชุมชน และสอดคล้องกับแนวคิดการพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในงานวิจัยของพิมล วุฒิสินธุ์ (2553) ที่ได้พัฒนาเครื่องลอกเปลือกสดเพื่ออำนวยความสะดวกให้เกษตรกรและผู้ประกอบการระดับชุมชน ถึงแม้ว่าการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way Anova) จะชี้ให้เห็นว่าการปรับตั้งระยะห่างของชุดหินขัดที่ 2, 3 และ 4 มิลลิเมตร จะไม่มีนัยสำคัญทางสถิติในเรื่องสัดส่วนของเมล็ดที่ไม่แตก ($p\text{-value} = 0.968$) แต่ผลลัพธ์นี้ก็กลับยืนยันถึงความเสถียรในการทำงานของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดกาแฟที่ทำให้สามารถผลิตผลผลิตที่มีคุณภาพสม่ำเสมอได้โดยไม่ต้องปรับตั้งค่าระยะห่างของชุดหินขัดบ่อยครั้ง สำหรับการประเมินประสิทธิภาพของคั่วเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้าจากเงื่อนไขหลักในการทดสอบตามลักษณะสีของเมล็ดสารกาแฟที่เปลี่ยนแปลงไปทั้ง 3 ระดับสี พบว่าการคั่วเมล็ดกาแฟระดับอ่อน (Light Roast) ใช้อุณหภูมิในถังคั่ว 173.0 องศาเซลเซียส ด้วยเวลา 16.06 นาที น้ำหนักเมล็ดกาแฟหลังการคั่ว 3.95 กิโลกรัม ความชื้น 8.20% เมื่อนำเมล็ดกาแฟ



ไปเทียบกับค่าสีพบว่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนการคั่วเมล็ดกาแฟระดับกลาง (Medium Roast or Full City Roast) ใช้อุณหภูมิในถังคั่ว 213 องศาเซลเซียส ด้วยเวลา 14.5 นาที น้ำหนักเมล็ดกาแฟหลังการคั่ว 3.07 กิโลกรัม ความชื้น 7.88% เมื่อนำเมล็ดกาแฟไปเทียบกับค่าสีพบว่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน และการคั่วเมล็ดกาแฟระดับเข้ม (Dark Roast) ใช้อุณหภูมิในถังคั่ว 258 องศาเซลเซียส ด้วยเวลา 15.0 นาที น้ำหนักเมล็ดกาแฟหลังการคั่ว 2.59 กิโลกรัม ความชื้น 7.26% เมื่อนำเมล็ดกาแฟไปเทียบกับค่าสีพบว่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน จากวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way ANOVA) ผลการทดลองยืนยันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติว่าระดับการคั่วที่แตกต่างกัน (อ่อน, กลาง, เข้ม) ส่งผลโดยตรงต่อน้ำหนักและค่าความชื้นของเมล็ดกาแฟคั่ว (p-value < 0.001 และ 0.009 ตามลำดับ) ซึ่งสะท้อนถึงศักยภาพในการควบคุมกระบวนการผลิตเพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลายตามเกณฑ์มาตรฐาน เช่นเดียวกับที่พบในงานวิจัยของปรานต์ เมฆอากาศ และคณะ (2567) ซึ่งใช้เทคโนโลยีที่ซับซ้อนกว่าอย่างระบบควบคุมพีไอดี และแมชชีนเลิร์นนิ่ง แต่ผลลัพธ์ที่ได้นั้นคล้ายคลึงกันในด้านความสามารถในการควบคุมการผลิต โดยสรุปแล้วผลจากการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการแปรรูปที่มีศักยภาพในการช่วยให้เกษตรกรสามารถเพิ่มมูลค่าผลผลิตได้อย่างเป็นรูปธรรม จากการขายกาแฟในราคาต่ำมาเป็นการแปรรูปเป็นเมล็ดกาแฟหรือเมล็ดกาแฟคั่วที่มีราคาสูงขึ้น ซึ่งไม่เพียงแต่ช่วยแก้ไขปัญหาด้านเศรษฐกิจในระดับครัวเรือนแต่ยังส่งเสริมการพึ่งพาตนเองและพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนฐานราก

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ควรส่งเสริมให้เกษตรกรรวมกลุ่มเป็นวิสาหกิจชุมชนเพื่อใช้เครื่องจักรร่วมกัน ลดต้นทุนต่อหน่วย และสร้างแบรนด์กาแฟอัตลักษณ์ของอำเภอลับแล เพื่อยื่นขอมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) หรือสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (GI) ในอนาคต

6.2 ควรมีการวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรเพิ่มเติม เช่น การเพิ่มระบบกรองควันและกลิ่นในเครื่องคั่ว เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม หรือการติดตั้งระบบ IoT เพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นแบบเรียลไทม์ ช่วยให้เมล็ดกาแฟคั่วที่มีคุณภาพสม่ำเสมอยิ่งขึ้น

6.3 ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมด้านการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (Sensory Test) ของเมล็ดกาแฟที่คั่วในแต่ละระดับ เพื่อหาโปรไฟล์รสชาติ (Flavor Profile) ที่เป็นเอกลักษณ์ของเมล็ดกาแฟโรบัสต้าที่ปลูกในพื้นที่อำเภอลับแลเพื่อให้เป็นที่ต้องการของตลาด

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้ดำเนินการวิจัยใคร่ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และกลุ่มเกษตรกรเครือข่ายเกษตรกรไม้ผล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ ซึ่งมีความสำคัญต่อการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างยิ่ง

8. เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. (2563). *สถานการณ์กาแฟ*. จาก https://www.doa.go.th/hort/wp-content/uploads/2020/05/สถานการณ์กาแฟ_พฤษภาคม63.pdf

ชนิษฐา บุญคำมา. (2564). *แนวทางการส่งเสริมการผลิตกาแฟของเกษตรกรในอำเภอทองผาภูมิจังหวัดกาญจนบุรี*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ถวัลย์ มะลิซ้อน และเผชิญ จันทร์สา. (2555). เครื่องคั่วเมล็ดกาแฟราคาสูงสำหรับชุมชน. ใน *การประชุมวิชาการช่วยงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี พ.ศ. 2555* (น.1229-1234). มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

- นพดล อุปถัมภ์. (2559). *การผลิตและเทคนิคการเพิ่มผลผลิตของเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟอาราบิก้าในจังหวัดน่าน*. (วิทยานิพนธ์เกษตรศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- ปรานต์ เมฆอากาศ, สุกัญญา สืบแสน, กันตา แสงวิจิตร, และนงนุช ศรีเล็ก. (2567). ระบบควบคุมเครื่องคั่วกาแฟร้อนและตรวจวัดระดับการคั่วกาแฟด้วยเทคนิคการควบคุมพีไอดี และแมชชีนเลิร์นนิ่ง. ใน *รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการประชุมวิชาการระดับชาติพะเยาวิจัย ครั้งที่ 13* (น.874-880). มหาวิทยาลัยพะเยา.
- พิมล วุฒิสินธุ์. (2553). *การพัฒนาเครื่องลอกเปลือกสดพร้อมขัดเมื่อขนาดที่เหมาะสมสำหรับกลุ่มเกษตรกรและผู้ประกอบการ*. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร.
- เมล็ดกาแฟโรบัสตา: มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 5700-2552. (2552). กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ.
- สันติพงษ์ บริบูรณ์, สัจจา บรรจงศิริ และวนาลัย วิริยะสุธี. (2567). ปัจจัยความสำเร็จการจัดการการผลิตกาแฟโรบัสต้าของสมาชิกแปลงใหญ่กาแฟ หมู่ 7 ตำบลลำเลียง อำเภอกระบุรี จังหวัดระนอง. *วารสารวิชาการร้อยแก่นสาร*, 9(11), 1037-1053.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2566). *เมล็ดกาแฟ - การตรวจสอบด้วยการดมและตรวจพินิจและการหาสิ่งแปลกปลอมและข้อบกพร่อง : มอก. 3678-2566*. จาก <https://service.tisi.go.th/tisi-standard-shop/item/tis/7651>
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2564). *กาแฟปี 2563 (ปีเพาะปลูก 2563/64)*. จาก <http://mis-app.oae.go.th/product>
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2565). *กาแฟ*. สืบค้น 12 มีนาคม 2567, จาก <https://mis-app.oae.go.th/product/กาแฟ>
- เสกสรรค์ วินยางค์กุล, กมลพรรณ จันทรา, และนันธชัย เต้จาตี๋บ. (2564). การวัดระดับความเข้มของสีเมล็ดกาแฟ โดยใช้การประมวลผลภาพแบบฮิสโทแกรมสำหรับการแบ่งระดับเกรดของการคั่วเมล็ดกาแฟ. *วารสาร วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี*, 22(3), 10-20.
- Bolka, M., & Emire, S. (2020). Effects of coffee roasting technologies on cup quality and bioactive compounds of specialty coffee beans. *Food science & nutrition*, 8(11), 6120-6130.
- Schenker, S., Heinemann, C., Huber, M., Pompizzi, R., Perren, R., & Escher, R. (2002). Impact of roasting conditions on the formation of aroma compounds in coffee beans. *Journal of food science*, 67(1), 60-66.



การทดลองสร้างสีจากการผสมสารสีและสารต้านออกซิเดชันในยางรักจีน
AN EXPERIMENTAL STUDY ON COLOR DEVELOPMENT FROM MIXING PIGMENTS
AND ANTIOXIDANTS IN CHINESE LACQUER

ยุวดี ทองอ่อน^{1*} ธวัช พะยิม¹ และประภาดา พันธุ์สดประภา¹

¹คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

Yuwadee Thong-on^{1*} Tawat Payim¹ and Praphada Punsodprapha¹

¹Faculty of Agricultural Technology and Industrial Technology, Nakhon Sawan Rajabhat University

*Corresponding author e-mail: y.thongon09@gmail.com

วันที่รับ : 24 กรกฎาคม 2568

Received : July 24, 2025

วันที่แก้ไข : 9 กันยายน 2568

Revised : September 9, 2025

วันที่ตอบรับ : 22 กันยายน 2568

Accepted : September 22, 2025

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสีจากยางรักจีน โดยการผสมสารให้สีและสารต้านออกซิเดชัน เพื่อประเมินคุณภาพของผิวเคลือบในงานศิลปหัตถกรรมร่วมสมัย โดยทดลองใช้สารให้สีทั้งจากธรรมชาติ (ผงใบเตย) และอนินทรีย์ (Chromium Oxide Green) ร่วมกับวิตามินซี (L-Ascorbic Acid) เป็นสารต้านออกซิเดชัน ผลการทดลองพบว่า สูตรที่ประกอบด้วย Chromium Oxide Green ให้เฉดสีเขียวเข้มชัดเจน แต่มีข้อจำกัดด้านการยึดเกาะกับพื้นผิว ทำให้เกิดการหลุดร่อนของเม็ดสี ขณะที่สูตรจากใบเตยให้เฉดสีอ่อนกว่า แต่มีคุณสมบัติการยึดเกาะผิวที่ดีกว่าและปลอดภัยต่อการใช้งาน ทั้งนี้ วิตามินซีช่วยลดการหมองคล้ำและคงสภาพสีในทุกสูตรอย่างมีนัยสำคัญ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นถึงแนวทางการพัฒนาองค์ความรู้วัสดุสีจากธรรมชาติที่ยั่งยืนและปลอดภัย โดยเฉพาะในบริบทงานหัตถกรรมและเครื่องประดับของไทยที่ต้องการผสมผสานวิทยาศาสตร์กับภูมิปัญญาท้องถิ่นอย่างสมดุล

คำสำคัญ : ยางรักจีน, สารต้านออกซิเดชัน, สีผงใบเตย, โครเมียมออกไซด์กรีน, ศิลปหัตถกรรม

Abstract

This study aimed to develop colorants from Chinese lacquer by incorporating pigments and antioxidants to evaluate the quality of surface coatings for contemporary handicraft applications. Natural pigment (pandan leaf powder) and inorganic pigment (chromium oxide green) were combined with vitamin C (L-ascorbic acid) as an antioxidant. The findings revealed that the formula containing chromium oxide green produced a vibrant, deep green shade but exhibited poor adhesion, resulting in pigment flaking. In contrast, the pandan-based formula yielded a lighter green tone but showed better surface adhesion and demonstrated greater safety potential for practical use. Vitamin C played a key role in stabilizing color and preserving brightness in all formulas. Overall, this study provides insights into the sustainable development of natural color materials that integrate scientific innovation with traditional Thai craftsmanship, promoting safer and more environmentally friendly practices in artisan and jewelry work.

Keywords : Chinese Lacquer, Antioxidant, Pandan Leaf Powder, Chromium Oxide Green, Arts and Crafts

1. บทนำ

ยางรัก (Lacquer) เป็นวัสดุธรรมชาติที่ได้จากต้นรัก (*Toxicodendron Vernicifluum*) ซึ่งถูกนำมาใช้ในการเคลือบผิววัสดุต่าง ๆ โดยเฉพาะในประเทศญี่ปุ่น จีน และไทย เพื่อเพิ่มความเงางามและความทนทาน (Hollis, 2003) โดยในประเทศไทยเอง ยางรักถูกใช้ในงานหัตถกรรมพื้นบ้าน เช่น งานลงรักปิดทอง เครื่องเงิน และเครื่องประดับพื้นถิ่น อย่างไรก็ตาม ยางรักดิบมีข้อจำกัดด้านสี เนื่องจากเมื่อแห้งแล้วจะให้สีออกน้ำตาลเข้มหรือดำ และอาจเกิดการเปลี่ยนสีคล้ำจากกระบวนการออกซิเดชันตามธรรมชาติ (คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2563) ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการประยุกต์ใช้ในงานออกแบบร่วมสมัยที่ต้องการความหลากหลายทางสี

ในอดีต การสร้างสีในยางรักอาศัยการผสมแร่ธรรมชาติ เช่น ผงทอง ผงเงิน หรือแร่มาลาไคต์ (Malachite) ซึ่งมีราคาสูงและต้องใช้ทักษะเฉพาะในการควบคุมคุณภาพสี ปัจจุบันมีการศึกษาการเติมสารสังเคราะห์ เช่น เม็ดสีอนินทรีย์ (Inorganic Pigments) และสารต้านออกซิเดชัน (Antioxidants) เพื่อพัฒนาสีในยางรักให้มีเสถียรภาพมากขึ้น (Herbst & Hunger, 2004; Buxbaum & Pfaff, 2005) โดยหนึ่งในสารที่นิยมคือ โครเมียมออกไซด์กรีน (Chromium Oxide Green) ซึ่งให้สีเขียวเข้ม ทนแสง และความร้อนได้ดี ขณะที่วิตามินซี (L-Ascorbic Acid) มีคุณสมบัติต้านออกซิเดชัน ช่วยลดการหมองคล้ำของวัสดุ (วีรินทร์ กุลกิตติวรภัทร และคณะ, 2561) ในปัจจุบัน ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้เปิดแนวทางใหม่ในการเพิ่มประสิทธิภาพของวัสดุ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำสารต้านออกซิเดชัน (Antioxidants) มาช่วยชะลอกระบวนการออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์ เช่น การอนุรักษ์งานจิตรกรรมบนผนัง การเคลือบผิวไม้ และแม้แต่ในอุตสาหกรรมอาหาร และเครื่องสำอาง ซึ่งสารต้านออกซิเดชัน เช่น สารต้านออกซิเดชัน (Antioxidants) เพื่อพัฒนาสีในยางรักให้มีเสถียรภาพมากขึ้น (Herbst & Hunger, 2004 ; Buxbaum & Pfaff, 2005) อย่างไรก็ตาม การศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับการผสมสารสีและสารต้านออกซิเดชันในยางรักจีนยังมีอยู่อย่างจำกัด โดยเฉพาะในบริบทของงานหัตถกรรมไทย ที่ยังคงใช้วิธีการผสมสีแบบดั้งเดิม และอาศัยประสบการณ์ของช่างเป็นหลัก การศึกษาครั้งนี้จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เพื่อพัฒนาความรู้ในเชิงวิทยาศาสตร์ร่วมกับภูมิปัญญาแบบดั้งเดิม โดยมีเป้าหมายเพื่อพัฒนาสีที่มีความคงทน ใช้ได้ในงานศิลปหัตถกรรม และสามารถรักษาค่าทางวัฒนธรรมของผลงานได้ในระยะยาว ซึ่งการพัฒนาสีจากยางรักจีนผสมสารต้านออกซิเดชัน ยังสอดคล้องกับแนวคิดการอนุรักษ์อย่างยั่งยืน (Sustainable Conservation) ที่เน้นการใช้วัสดุธรรมชาติให้เกิดประโยชน์สูงสุด ลดการพึ่งพาวัสดุสังเคราะห์ และสร้างทางเลือกใหม่ในการพัฒนางานศิลป์ โดยเฉพาะกับช่างฝีมือรุ่นใหม่ที่ต้องการผสมผสานวิทยาศาสตร์เข้ากับศิลปะอย่างลงตัว

จากการศึกษาผู้วิจัยยังไม่พบข้อมูลเชิงทดลองในการเปรียบเทียบสารสีธรรมชาติกับอนินทรีย์ในยางรักจีนสำหรับงานศิลปกรรมร่วมสมัยเห็นการทำงานผลิตภัณฑ์เครื่องรักเครื่องเงิน ปัจจุบันมีการใช้ยางรักที่มีสีดำมาสร้างสรรค์งาน และพบว่าในท้องตลาดมียางรักจีนที่อยู่บรรจุในถุงสุญญากาศ ดังนั้นจึงทำให้ผู้วิจัยสนใจวิจัยการทดลองครั้งนี้เพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ทางวัสดุศาสตร์ จึงมีความสำคัญทั้งในเชิงวิชาการและการประยุกต์ใช้จริง โดยคาดว่าจะสามารถสร้างองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับการปรับปรุงคุณภาพของยางรักจีนผ่านการใส่สารต้านออกซิเดชัน เพื่อให้ได้สีที่มีความคงทน เหมาะสมกับงานศิลปหัตถกรรมไทย และเป็นต้นแบบสำหรับการพัฒนาวัสดุศิลปหัตถกรรมในอนาคต



2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

2.1 เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติ และประเมินผลค่าความเข้มของสารสีธรรมชาติจากใบเตย และสารสีอนินทรีย์ Chromium Oxide Green เมื่อผสมร่วมกับสารต้านออกซิเดชันในยางรักจีน

2.2 เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพที่ปรากฏ ด้านความเสถียรของสี และการยึดเกาะผิววัสดุ

3. สมมุติฐานของงานวิจัย

3.1 การผสมสารให้สีและสารต้านออกซิเดชันในยางรักจีนสามารถทำให้เกิดสีได้จริง

3.2 สารให้สีอนินทรีย์ Chromium Oxide Green จะให้สีที่เสถียรกว่าสารสีธรรมชาติจากใบเตย เมื่อผสมในยางรักจีน

3.3 วิตามินซี (Vitamin C) มีผลต่อการยืดอายุหรือรักษาโทนสีในยางรักจีนให้คงที่ได้ยาวนานขึ้น

4. กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

การศึกษานี้มุ่งเน้นการทดลองพัฒนาสีที่ได้จากการผสมสารสีจากธรรมชาติและสารอนินทรีย์ร่วมกับสารต้านออกซิเดชันในน้ำยางรักจีน เพื่อประเมินคุณสมบัติของผิวเคลือบในเชิงศิลปหัตถกรรม โดยใช้ยางรักจีนเป็นสารยึดประสาน (Binder) และเป็นฐานของผิวเคลือบสีตามแบบงานคราฟต์เอเชียตะวันออกเฉียงและเอเชียอาคเนย์ (สมพงษ์ ปานดำรงค์, 2562) การเปลี่ยนแปลงของสีเมื่อผ่านระยะเวลา 30 วัน การเลือกใช้วิตามินซี (L-Ascorbic Acid) เป็นสารต้านออกซิเดชันมีพื้นฐานจากความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของโมเลกุลสี ขณะที่โครเมียมออกไซด์สีเขียว (Chromium Oxide Green) เป็นเม็ดสีอนินทรีย์ที่มีคุณสมบัติในการคงตัวสูง ทนความร้อนและแสงได้ดี (Herbst & Hunger, 2004) ส่วนใบเตยให้เม็ดสีธรรมชาติที่นิยมในงานหัตถกรรมพื้นบ้านมีสีเขียวอ่อนถึงเขียวเข้มและมีกลิ่นหอมเฉพาะตัว กรอบแนวคิดจึงวางอยู่บนพื้นฐานของการเปรียบเทียบผลของการผสมสารสีและสารต้านออกซิเดชันต่อคุณภาพผิวเคลือบของยางรักจีนที่สามารถนำไปใช้ในงานคราฟต์หรือศิลปหัตถกรรมร่วมสมัยได้อย่างปลอดภัยและยั่งยืน



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

5. วิธีการดำเนินการวิจัย

5.1 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลองที่มุ่งเน้นการพัฒนายางรักจีนให้เกิดสี โดยใช้แนวทางการผสมสารต้านออกซิเดชัน (วิตามินซี) ร่วมกับสารให้สีประเภทธรรมชาติและอนินทรีย์ เพื่อประเมินคุณภาพของผิวเคลือบสี ทั้งในด้านลักษณะ สี ความเงา ความยืดเกาะ และเสถียรภาพของผิวเคลือบ การดำเนินการทดลองมีขอบเขตดังนี้

5.1.1 ด้านเนื้อหา ศึกษาคุณสมบัติของยางรักจีนเมื่อผสมกับวิตามินซี และเปรียบเทียบกับสูตรที่เติมสารให้สี ได้แก่ โครเมียมออกไซด์สีเขียว (สารอนินทรีย์) และสารสกัดใบเตยแห้ง (สารธรรมชาติ)

5.1.2 ด้านสูตรทดลอง ใช้สูตรทั้งหมด 2 รูปแบบ ได้แก่

สูตรที่ 1: ยางรักจีน + วิตามินซี + สารสกัดใบเตยแห้ง

สูตรที่ 2: ยางรักจีน + วิตามินซี + โครเมียมออกไซด์สีเขียว

5.1.3 ด้านระยะเวลา การทดลองใช้ระยะเวลารวม 60 วัน

5.1.4 ด้านวัสดุ ใช้ยางรักจีนที่หาซื้อได้ในท้องตลาด วิตามินซีชนิดบริสุทธิ์ (L-Ascorbic Acid) โครเมียมออกไซด์กรีน และใบเตยแห้งบดละเอียด โดยใช้พื้นผิวไม้ในการทดลองเคลือบผิวสี

5.1.5 กลุ่มประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มประชากร หมายถึง สูตรส่วนผสมของยางรักจีนร่วมกับสารต้านออกซิเดชันและสารให้สีที่สามารถทดลองเพื่อสร้างผิวเคลือบสี

5.1.6 กลุ่มตัวอย่าง ในการทดลองนี้ใช้ 2 สูตร เป็นตัวอย่าง ได้แก่

สูตร 1 ยางรักจีน + วิตามินซี + สารสกัดใบเตยแห้ง ประเมินศักยภาพของสารสีธรรมชาติร่วมกับวิตามินซี

สูตร 2 ยางรักจีน + วิตามินซี + โครเมียมออกไซด์สีเขียว ทดสอบประสิทธิภาพของสีอินทรีย์เมื่อผสมกับวิตามินซี

5.1.7 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

5.1.7.1 สูตรผสมที่ใช้ในการทดลอง

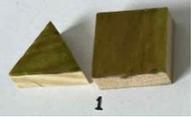
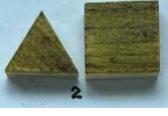
5.1.7.2 วัสดุ และอุปกรณ์ สำหรับการทดลอง ได้แก่ แผ่นไม้ขนาดเท่ากันสำหรับทดสอบการเคลือบ พู่กันทาสี จานสี ถูมือ กล้องถ่ายภาพ อุปกรณ์ชั่งน้ำหนัก

5.1.7.3 ตารางบันทึกผลการทดลอง ใช้สำหรับสังเกต และบันทึกคุณสมบัติของผิวเคลือบการสัมผัส

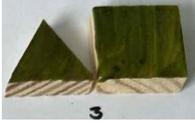
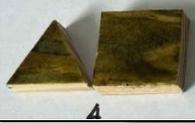
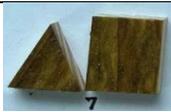
6. ผลการวิจัย

การวิจัยนี้มุ่งศึกษาการพัฒนาเฉดสีเขียวจากสูตรที่ใช้ Chromium Oxide Green และสีจากธรรมชาติ ทดลองใช้สีสีเขียวใบเตยร่วมกับวิตามินซี โดยใช้ยางรักจีนเป็นตัวประสาน เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของสีในด้านการยึดเกาะผิววัสดุ และความเสถียรของสีในช่วงเวลา 12 และ 60 วัน ได้ผลจากการทดลองเบื้องต้นดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงสูตรยางรักจีน สีเขียวจากใบเตย Vitamin C

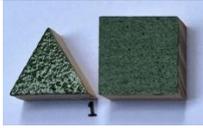
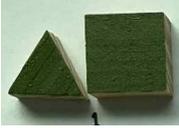
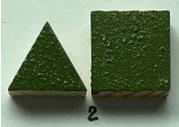
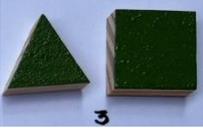
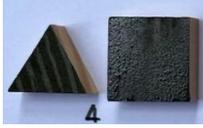
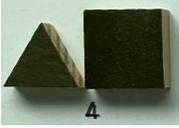
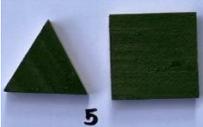
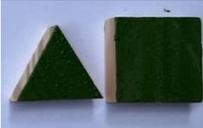
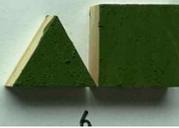
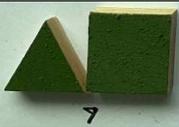
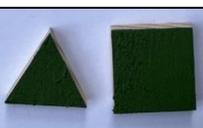
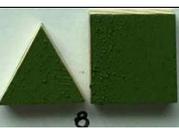
ครั้งที่	ยางรักจีน (¼ ช้อนชา)	Vitamin C (g)	ผงใบเตย (g)	ความเสถียรของสี 12 วัน	ความเสถียรของสี 60 วัน	ผลการทดลอง
1	1	0.10	0.20			สีเหลืองอ่อน ไม่ติดผิวสัมผัส
2	1	0.20	0.30			สีเหลืองเขียว ติดผิวสัมผัส เล็กน้อย



ครั้งที่	ยางรัก จีน (¼ ซ้อน ชา)	Vitamin C (g)	ผงใบเตย =g.	ความเสถียรของสี 12 วัน	ความเสถียรของสี 60 วัน	ผลการทดลอง
3	1	0.10	0.50			สีเหลืองเขียว ติดผิวสัมผัส เล็กน้อย
4	1	0.00	0.30			สีน้ำตาลเข้ม ไม่ติดผิวสัมผัส
5	1	0.20	0.20			สีเหลืองเขียว ติดผิวสัมผัส เล็กน้อย
6	1	0.30	0.20			สีเข้มขึ้น เล็กน้อย ติดผิวสัมผัส เล็กน้อย
7	1	0.50	0.20			สีเหลืองเขียว ติดผิวสัมผัส เล็กน้อยพบ วิตามินซี ตกผลึก
8	1	0.50	0.50			สีเขียวอ่อน ชัดเจน ปลอดภัย ไม่ติดผิวสัมผัส

จากตารางที่ 1 พบว่าสูตรยางรักจีน สีเขียวจากใบเตย Vitamin C ซึ่งแสดงค่าปริมาณของวิตามินซี และผงใบเตยในแต่ละสูตร สูตรที่มีปริมาณผงใบเตยสูง มีแนวโน้มให้สีเขียวเข้มกว่าสูตรที่มีใบเตยน้อย ในขณะที่วิตามินซีทำหน้าที่เป็นสารต้านออกซิเดชันเพื่อคงสภาพสี อย่างไรก็ตาม สีใบเตยที่ได้จากธรรมชาติจะมีลักษณะสีอ่อนกว่าแต่ติดผิวสัมผัสเพียงเล็กน้อย และไม่มีคราบสีปรากฏหลังแห้ง ซึ่งสะท้อนถึงคุณสมบัติการยึดเกาะผิววัสดุที่ดี

ตารางที่ 2 แสดงสูตรส่วนผสมยางรักจีน Vitamin C (L-Ascorbic Acid) Chromium Oxide Green

ครั้งที่	ยางรักจีน (¼ ช้อนชา)	Vitamin C (g)	Chromium Oxide Green (g)	ความเสถียรของสี 12 วัน	ความเสถียรของสี 60 วัน	ผลการทดลอง
1	1	0.10	0.20			สีเข้มดี ติดผิวสัมผัส เนื้อสีด้าน
2	1	0.20	0.30			สีสวยเข้ม ติดผิวสัมผัส เนื้อสีด้าน
3	1	0.10	0.50			สีเข้มสุด ติดผิวสัมผัส เนื้อสีด้าน
4	1	0.00	0.30			สีเขียวคล้ำ ติดผิวสัมผัส เนื้อสีด้าน
5	1	0.20	0.20			สีเข้ม ติดผิวสัมผัส เนื้อสีด้าน
6	1	0.30	0.20			สีเข้ม ติดผิวสัมผัส เนื้อสีด้าน
7	1	0.50	0.20			สีเขียว พบ วิตามินซี ตกผลึก ติดผิวสัมผัส เนื้อสีด้าน
8	1	0.50	0.50			สีเขียว ติดผิว สัมผัส เนื้อสี ด้าน

จากตารางที่ 2 ผลจากการผสมสูตร Chromium Oxide Green + วิตามินซี แสดงให้เห็นว่าสูตรที่ผสม Chromium Oxide Green มีเฉดสีเขียวเข้มกว่าอย่างชัดเจน และไม่มี ความแตกต่างของเฉดสีที่เห็นได้ชัดระหว่างสูตรที่เพิ่มหรือลดปริมาณวิตามินซี แต่เมื่อทดสอบสัมผัสหลังแห้ง พบว่าสูตรที่ใช้โครเมียม มีสีติดผิวสัมผัส แสดงให้เห็นถึงการยึดเกาะผิวที่ไม่สมบูรณ์ และอาจเกิดการหลุดร่อนของเม็ดสี ซึ่งเป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัย



7. อภิปรายผล

จากผลการทดลองในครั้งนี้พบว่า การทดลองสูตรยางรักจีน สีเขียวจากไบเตย Vitamin C และสูตรส่วนผสมยางรักจีน Vitamin C (L-Ascorbic Acid) Chromium Oxide Green ผลลัพธ์สอดคล้องกับสมมุติฐานข้อ 3.1 3.2 และ 3.3 ที่ว่าการผสมสารสีและสารต้านออกซิเดชันสามารถทำให้เกิดสีได้จริง และ Vitamin C มีบทบาทช่วยคงสภาพสี สูตรที่ใช้ผงไบเตยให้เฉดสีอ่อนกว่า แต่ยึดเกาะกับผิววัสดุได้ดีกว่า มีการตกผลึกของ Vitamin C บนผิววัสดุในบางสูตร แสดงให้เห็นถึงข้อจำกัดในการควบคุมความละเอียดและการผสมวัตถุดิบ จากผลการทดลองในครั้งนี้พบว่า การใช้สีเขียวจากสารอนินทรีย์อย่าง Chromium Oxide Green ร่วมกับวิตามินซีให้ผลลัพธ์ที่มีเฉดสีเข้มและชัดเจนมากกว่าสูตรสีจากธรรมชาติ อย่างไรก็ตาม การที่เม็ดสีโครเมียมมีแนวโน้มหลุดออกจากผิววัสดุจนทำให้สีติดมือในระยะเวลาดังกล่าว แสดงให้เห็นถึงข้อจำกัดของการยึดเกาะระหว่างเม็ดสีกับวัสดุพื้นผิว ซึ่งอาจเกิดจากปัจจัยหลายประการ เช่น ความไม่เข้ากันระหว่างเม็ดสีและยางรักหรือการเลือกใช้เม็ดสีที่มีขนาดอนุภาคไม่เหมาะสม (Yan et al., 2019) ในทางกลับกัน สีจากไบเตย ซึ่งเป็นวัสดุธรรมชาติเมื่อผสมกับวิตามินซีให้สีเขียวที่อ่อนกว่า แต่แสดงให้เห็นถึงคุณสมบัติที่ยึดเกาะผิวได้ดี เนื่องจากพบสีติดผิวสัมผัสเพียงเล็กน้อยเท่านั้นหลังจากสีแห้งสนิท อย่างไรก็ตาม การพบคราบหรือเม็ดของวิตามินซีบนผิววัสดุในบางสูตร อาจเป็นผลจากกระบวนการผสมที่ยังไม่ละเอียดพอ หรือเกิดการตกผลึกเมื่อสารไม่ละลายเข้ากันดี ซึ่งสอดคล้องกับข้อค้นพบในงานของ Park et al. (2021) ที่ระบุว่าความละเอียดของสารและการเตรียมพื้นผิวมีผลต่อความเรียบเนียนและความคงทนของฟิล์มสีจากธรรมชาติ ความปลอดภัยเป็นประเด็นสำคัญที่ควรพิจารณา โดยเฉพาะในการนำวัสดุสีมาใช้กับงานหัตถกรรมหรือเครื่องประดับ ซึ่งมักมีการสัมผัสผิวหนังโดยตรง สีจากโครเมียมแม้จะมีความสวยงามและเด่นชัด แต่มีรายงานว่าสารประกอบโครเมียมในบางรูปแบบสามารถก่อให้เกิดอาการแพ้หรือระคายเคืองผิวหนังได้ (Singh & Gautam, 2017) ขณะที่วัสดุสีจากธรรมชาติ เช่น ไบเตย มีแนวโน้มปลอดภัยกว่า จึงอาจเหมาะกับการประยุกต์ใช้ในงานหัตถกรรมเชิงอนุรักษ์ วัสดุจากธรรมชาติยังสอดคล้องกับแนวโน้มการออกแบบที่เน้นความยั่งยืน (Sustainable Design) และการใช้วัสดุปลอดภัย (Non-Toxic Materials) การเปรียบเทียบระหว่างสูตรที่ใช้โครเมียมและสูตรจากไบเตยชี้ให้เห็นถึงการแลกเปลี่ยนระหว่าง “คุณภาพของสี” และ “ความปลอดภัยในการใช้งาน” การเลือกสูตรสีจึงควรสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การใช้งาน เช่น หากเน้นความเข้มของสี อาจต้องหาวิธีปรับปรุงการยึดเกาะของโครเมียม ส่วนหากเน้นด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อม สูตรสีจากธรรมชาติถือเป็นทางเลือกที่เหมาะสมกว่า

8. ข้อเสนอแนะ

8.1 การปรับปรุงประสิทธิภาพการยึดเกาะของสีในสูตรที่มี Chromium Oxide Green เนื่องจากพบปัญหาสีติดมือหลังแห้งในสูตรที่ใช้ Chromium Oxide Green ผู้วิจัยเสนอให้มีการพัฒนาเพิ่มเติมโดยการเพิ่มสารยึดเกาะหรือเคลือบฟิล์มหลังการลงสี เช่น การใช้เรซินธรรมชาติ หรือสารเคลือบใสที่ไม่ส่งผลต่อเฉดสี เพื่อเสริมประสิทธิภาพการยึดเกาะของเม็ดสีบนพื้นผิววัสดุ

8.2 การควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบจากธรรมชาติ สำหรับสูตรที่ใช้ผงไบเตยและวิตามินซี ควรมีการควบคุมขนาดอนุภาคของวัตถุดิบโดยเฉพาะวิตามินซีให้มีความละเอียดสม่ำเสมอ เพื่อป้องกันการตกผลึกและปัญหาสีไม่สม่ำเสมอ อาจใช้การกรองผ่านตะแกรงละเอียดก่อนการผสม หรือใช้เครื่องบดแบบแห้งความเร็วสูง

8.3 การพัฒนาแนวทางการใช้วัสดุธรรมชาติในงานหัตถกรรมร่วมสมัย จากผลการทดลองพบว่า สูตรจากธรรมชาติมีความปลอดภัยและเหมาะสมกับงานฝีมือ ผู้วิจัยแนะนำให้มีการศึกษาต่อยอดไปสู่การพัฒนาแนวทางเชิงสร้างสรรค์ในการใช้วัสดุพื้นถิ่น เช่น ไบเตย หรือสมุนไพรท้องถิ่นอื่น ๆ ร่วมกับยางรัก เพื่อสร้างวัสดุปลอดภัยสำหรับงานหัตถกรรมเชิงอนุรักษ์หรือผลิตภัณฑ์ชุมชน

8.4 การศึกษาต่อยอดในระดับนาโนเทคโนโลยี สำหรับการใช้น้ำสีอนินทรีย์อย่าง Chromium Oxide Green ควรมีการศึกษาระดับนาโนเพื่อดูผลต่อการกระจายตัว การยึดเกาะ และความปลอดภัยทางผิวหนัง ซึ่งจะช่วยให้เข้าใจทั้งในเชิงเคมีและการใช้งานในงานหัตถกรรมหรืองานออกแบบผลิตภัณฑ์ร่วมสมัย

9. เอกสารอ้างอิง

- คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. (2563). *สมุนไพรในงานหัตถกรรม*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- วีรินทร์ กุลกิตติวรภัทร และวิริยทัศน์ ฤกษ์ดิษฐ์ธรรมภัทร์. (2561). บทบาทของสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ ในงานหัตถกรรม. *วารสารวิทยาศาสตร์ประยุกต์*, 27(3), 112–120.
- สมพงษ์ ปานดำรงค์. (2562). ยางรักในงานศิลปะและเครื่องเงิน: การประยุกต์เชิงร่วมสมัย. *วารสารศิลปกรรมศาสตร์*, 14(1), 55–68.
- Buxbaum, G. & Pfaff, G. (2005). *Industrial Inorganic Pigments*. Weinheim: Wiley-VCH.
- Herbst, W. & Hunger, K. (2004). *Industrial Organic Pigments: Production, Properties, Applications* (3rd ed.). Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Park, Y. J., Kim, S. J., & Lee, H. J. (2021). Influence of particle size on stability and film quality of natural pigments. *Journal of Coating Technology*, 93(1), 45-53.
- Singh, A., & Gautam, D. S. (2017). Chromium-induced dermatological effects: A case study. *International Journal of Dermatological Research*, 9(2), 88-94.
- Yan, Y., Zhou, Q., & Wang, J. (2019). Adhesion performance of inorganic pigments in natural resin systems. *Materials Research Express*, 6(10), 105312.



ภาคผนวก

การเตรียมบทความตีพิมพ์วารสารเทคโนโลยีและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
MANUSCRIPT PREPARATION GUIDELINE FOR TECHNOLOGY
AND INNOVATION URU JOURNAL

ชื่อ นามสกุล^{1*} ชื่อ นามสกุล²
¹ชื่อสถาบัน/หน่วยงานต้นสังกัด
²ชื่อสถาบัน/หน่วยงานต้นสังกัด

First Author's First-Last Names^{1*} Second Author's First-Last Names²

¹Position, Address

²Position, Address

*Corresponding author e-mail: xxx@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความงานวิจัยและบทความวิชาการ ผู้ส่งบทความจะต้องยึดรูปแบบตามบทความนี้อย่างเคร่งครัด บทความใดที่รูปแบบไม่ถูกต้อง จะถูกส่งคืนและไม่รับพิจารณาในครั้งนี้ บทคัดย่อต้องมีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ แต่ละภาษาควรมีเพียงย่อหน้าเดียว ระบุถึงความสำคัญของเรื่อง วัตถุประสงค์ วิธีการศึกษา ผลการศึกษาและบทสรุป มีความยาวไม่เกิน 300 คำ

คำสำคัญ : ระบุคำสำคัญของเรื่อง (Keyword) จำนวน 3-5 คำ

Abstract

The research papers and Academic Papers, Authors are required to strictly follow the guidelines provided here, otherwise the manuscript will be rejected immediately in this time. The abstract has both of Thai and English Language. A good abstract should have only one paragraph. In abstract identify the importance of objectives, methodology, results, and conclusions. The length of each should not exceed 300 words.

Keywords : the number of keywords should not exceed 3-5 words.

1. คำแนะนำในการส่งผลงานเพื่อตีพิมพ์

เอกสารฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นคู่มือในการเขียนบทความฉบับเต็มสำหรับผู้ที่มีความประสงค์ในการส่งบทความเข้าตีพิมพ์ โดยบทความที่ส่งมาเพื่อพิจารณาตีพิมพ์จะต้องไม่เคยเผยแพร่ในวารสารใดมาก่อน และไม่อยู่ในระหว่างการพิจารณาของวารสารอื่น หากมีเนื้อหา ข้อมูลวิจัยบางส่วนเคยพิมพ์ในรายงานการประชุม วิชาการจะต้องมีส่วนที่เพิ่มเติมหรือขยายจากส่วนที่เคยตีพิมพ์และต้องมีคุณค่าทางวิชาการที่เด่นชัด โดยได้รับการกลั่นกรองจากผู้ทรงคุณวุฒิ และได้รับความเห็นชอบจากกองบรรณาธิการ



2. บทความที่รับพิจารณาลงพิมพ์

2.1 บทความวิจัย

มีความยาวไม่ควรเกิน 12 หน้ากระดาษ เนื้อเรื่องจะประกอบด้วย 1. บทนำ 2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3. ขอบเขตของการวิจัย 4. วิธีดำเนินการวิจัย 5. ผลการวิจัย 6. อภิปรายผล 7. สรุปผลการวิจัย 8. กิตติกรรมประกาศ 9. เอกสารอ้างอิง

2.2 บทความวิชาการ

มีความยาวไม่น้อย 10 หน้ากระดาษ A4 แต่ไม่ควรเกิน 15 หน้ากระดาษ A4 เป็นบทความที่รวบรวมหรือเรียบเรียงจากหนังสือ เอกสาร ประสพการณ์หรือเรื่องแปล เพื่อเผยแพร่ความรู้ในสาขาต่าง ๆ หรือแสดงข้อคิดเห็น ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์มีคุณค่าทางวิชาการ บทความวิชาการควรประกอบด้วย ชื่อเรื่อง ชื่อผู้เขียน สถานที่ทำงาน วิธีการติดต่อผู้เขียน บทคัดย่อ และคำสำคัญ ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ตามด้วยเนื้อเรื่อง ซึ่งลักษณะองค์ประกอบของเนื้อเรื่องอาจจะคล้ายคลึงกับบทความวิจัย แต่ไม่มีเนื้อหาของวัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง ผลการวิจัยหรือผลการทดลอง เป็นต้น

3. การส่งต้นฉบับ

ผู้เขียนต้องส่งต้นฉบับบทความพร้อมกรอกแบบฟอร์มนำส่งบทความวิจัย/บทความวิชาการ ในรูปแบบ Microsoft word และ pdf ทำการส่งที่อีเมล Wannisa0883@gmail.com

4. รูปแบบบทความวิจัยและการพิมพ์เนื้อหาของเรื่อง

เนื้อเรื่อง ได้แก่ 1. บทนำ 2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3. ขอบเขตของการวิจัย 4. วิธีดำเนินการวิจัย 5. ผลการวิจัย 6. อภิปรายผล 7. สรุปผลการวิจัย 8. กิตติกรรมประกาศ 9. เอกสารอ้างอิง เมื่อขึ้นหัวข้อใหม่ให้เว้น 1 บรรทัด การพิมพ์หัวข้อให้พิมพ์ชิดซ้ายของแต่ละคอลัมน์ ส่วนของเนื้อเรื่องให้ย่อหน้า 1.25 ซม.

การลำดับหัวข้อในเนื้อเรื่อง ให้ใส่เลขกำกับ โดยให้บทนำเป็นหัวข้อหมายเลขที่ “1.” และหากมีการแบ่งหัวข้อย่อย ก็ให้ใช้ระบบเลขทศนิยมกำกับหัวข้อย่อย เช่น 1.1, 1.1.1, 1.2, 1.2.1 เป็นต้น

4.1 ขนาดและการตั้งค่าหน้ากระดาษ

ขนาดของกระดาษที่ใช้ในการพิมพ์กำหนดให้มีขนาดมาตรฐาน A4 (8¼ x 11¼ นิ้ว) โดยกำหนดการตั้งค่าหน้ากระดาษดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ระยะขอบกระดาษ

ระยะขอบกระดาษ	ค่าระยะกำหนด (เซนติเมตร)
ริมขอบกระดาษด้านบน	2.54
ริมขอบกระดาษด้านล่าง	2.54
ริมขอบกระดาษด้านซ้าย	2.54
ริมขอบกระดาษด้านขวา	2.54

4.2 รูปแบบตัวอักษรและการเว้นระยะ

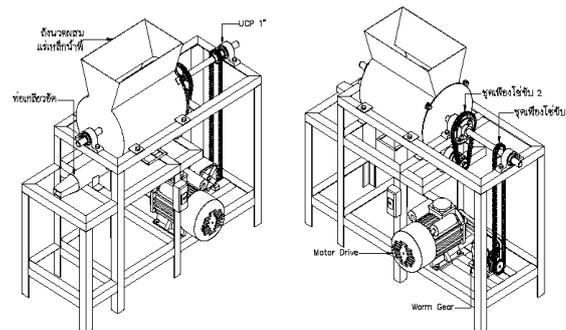
รูปแบบอักษรของวารสารทั้งภาษาอังกฤษและภาษาไทยใช้ตัวอักษร TH Sarababun พร้อมทั้งกำหนดขนาดและลักษณะตัวอักษรของส่วนประกอบต่าง ๆ ตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ขนาดและลักษณะตัวอักษรของส่วนประกอบในบทความวิชาการ

ส่วนประกอบ	ขนาดอักษร	ลักษณะอักษร
ชื่อบทความ	18	หนา
ชื่อผู้เขียน	16	ปกติ
สถาบัน/หน่วยงาน, อีเมล	14	ปกติ
บทคัดย่อ	16	หนา
เนื้อความในบทคัดย่อ	16	ปกติ
ชื่อหัวข้อย่อย	16	หนา
ชื่อตารางและรูปภาพ	16	หนา
อ้างอิง	16	ปกติ

4.3 การจัดทำรูปภาพ

รูปภาพให้จัดวางไว้ตำแหน่งกลางหน้ากระดาษ สามารถนำเสนอต่อจากข้อความที่กล่าวถึง หรือ อานำเสนอภายหลังจากจบหัวข้อหรือนำเสนอในหน้าใหม่ ขนาดของรูปภาพไม่ควรเกินกรอบของการตั้งค่า หน้ากระดาษที่กำหนด ภาพจะต้องมีคำอธิบาย โดยคำอธิบายของภาพให้พิมพ์ไว้ใต้ภาพ หากภาพใดถูกแบ่ง ออกเป็น 2 ส่วนให้มีการระบุคำอธิบายของแต่ละส่วนโดยอาศัยตัวอักษรภาษาไทยในวงเล็บเรียงตามลำดับ เช่น (ก) และ (ข)



ภาพที่ 1 เครื่องผสมแร่เหล็กน้ำพี

4.4 การจัดทำตาราง

การนำเสนอตารางให้จัดวางชิดขอบซ้าย ตัวอักษรในตารางต้องเห็นชัดเจน และควรถือกรอบตาราง ด้วยเส้นสีดำ ส่วนคำอธิบายตารางให้พิมพ์ไว้เหนือตารางและชิดริมซ้ายของกระดาษ และใส่แหล่งที่สืบค้น ด้านล่างของตาราง (ถ้ามี)

4.5 การเขียนสมการ

การเขียนสมการต้องพิมพ์อยู่กึ่งกลางคอลัมน์ หรือในกรณีที่มีสมการมีความยาวมากอาจยอมให้มีความกว้างได้เต็มหน้ากระดาษ และจะต้องมีหมายเลขกำกับอยู่ภายในวงเล็บ ตำแหน่งของหมายเลขสมการ



จะต้องอยู่ชิดขอบด้านขวาของคอลัมน์ และเพื่อความสวยงามให้เว้นบรรทัดเหนือสมการ 1 บรรทัด และเว้นใต้สมการ 1 บรรทัด เมื่อจะกล่าวอ้างอิงถึงสมการที่ (1) ให้ใส่วงเล็บด้วยเสมอตั้งสมการที่ 1

$$y = ax + b \quad (1)$$

5. กิตติกรรมประกาศ

หากต้องการเขียนกิตติกรรมประกาศเพื่อขอบคุณบุคคลหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถเขียนได้ โดยให้อยู่หลังเนื้อหาหลักของบทความและก่อนเอกสารอ้างอิง เช่น ขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่และห้องปฏิบัติการในการทดสอบวัสดุตัวอย่าง

6. เอกสารอ้างอิง

ให้รวบรวมรายชื่อสิ่งพิมพ์และวัสดุความรู้ต่างๆ ที่ใช้เป็นหลักฐานหรือเอกสารอ้างอิงในการศึกษา แทรกไว้ในเนื้อหาและท้ายบทความ โดยใช้รูปแบบการเขียนเอกสารอ้างอิงแบบ APA 6 การอ้างอิงในเนื้อหา เป็นการวงเล็บระบุแหล่งที่มาอย่างกว้างๆ แทรกอยู่ในเนื้อหาของบทความวิชาการ ส่วนรายละเอียดที่สมบูรณ์ของแหล่งข้อมูลจะแสดงใน “เอกสารอ้างอิง” ในส่วนท้ายของบทความโดยไม่ใส่เลขลำดับ

6.1 การอ้างอิงในเนื้อหา

(ผู้แต่ง, ปีที่พิมพ์, หน้า เลขหน้าที่อ้างอิง)

(ผู้แต่งคนแรก และผู้แต่งคนที่สอง, ปีที่พิมพ์, หน้า เลขหน้าที่อ้างอิง)

(ผู้แต่งคนแรก และคณะ, ปีที่พิมพ์, หน้า เลขหน้าที่อ้างอิง)

(ผู้แต่ง, ปีที่พิมพ์, ไม่มีเลขหน้า)

(หน่วยงาน, ปีที่พิมพ์, หน้า เลขหน้าที่อ้างอิง)

(นามแฝง, ปีที่พิมพ์, หน้า เลขหน้าที่อ้างอิง)

6.2 การอ้างอิงท้ายบทความ

ให้อ้างอิงรายการลำดับตามอักษรตัวแรกของผู้แต่ง ตามการเรียงลำดับตัวอักษรของพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน สำหรับรูปแบบการพิมพ์รายชื่อเอกสารอ้างอิงจากแหล่งต่างๆ กำหนดให้มีรูปแบบดังตัวอย่างต่อไปนี้

หนังสือ

ผู้เขียน. (ปีที่พิมพ์). ชื่อเรื่อง. ครั้งที่พิมพ์. สถานที่พิมพ์: สำนักพิมพ์.

ตัวอย่าง

สุรพล อุติสสกุล. (2521). สถิติ: การวางแผนการทดลองเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Bewley, J. D., and Black, M. (1982). *Physiology and Biochemistry of Seeds in Relation to Germination*. New York: Springer-Verlag.

บทความวารสาร

ผู้เขียน. (ปีที่พิมพ์). ชื่อเรื่อง. ชื่อวารสาร, ปีที่(ฉบับที่), หน้าแรก-หน้าสุดท้าย.

ตัวอย่าง

วัลลภ สันติประชา และชูศักดิ์ ณรงค์เดช. (2535). คุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผลิตในภาคใต้. *ว.เกษตรศาสตร์ (วิทย.)* 26(1), 119-125.

Brooks, J. R. and Griffin, V. K. (1987). Liquefaction of rice starch from milled rice flour using heat-stable alpha-amylase. *J. Food Sci*, 52(1), 712-717.

รายงานการวิจัย

ผู้เขียน. (ปีที่พิมพ์). ชื่อเรื่อง (รายงานการวิจัย). สถานที่พิมพ์: สำนักพิมพ์.

ตัวอย่าง

พินิจ ทิพย์มณี. (2553). การวิเคราะห์ปัญหาทางกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการตายของประเทศไทย (รายงานวิจัย). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.

Chitnomrath, T. (2011). *A study of factors regarding firm characteristics that affect financing decisions of public companies listed on the stock exchange of Thailand* (Research report). Bangkok: Dhurakij Pundit University.

เอกสารการประชุมวิชาการ

ผู้เขียน. (ปีที่พิมพ์). ชื่อบทความหรือชื่อเรื่องของบท. ใน หรือ In ชื่อ บรรณาธิการ (บ.ก. หรือ Ed. หรือ Eds.), ชื่อการประชุม (น. หรือ p. หรือ pp. เลขหน้า). สถานที่พิมพ์: สำนักพิมพ์.

ตัวอย่าง

ซัชพล มงคลิก. (2552). การประยุกต์ใช้กระบวนการลำดับขั้นเชิงวิเคราะห์ในการจัดตารางการผลิตแบบ พหุเกณฑ์: กรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมผลิตยา. ใน *การประชุมวิชาการการบริหารและการจัดการ ครั้งที่ 5* (น. 46). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.

Krongtaew, C., Messner, K., Hinterstoisser, B., & Fackler, K. (2010). Lignocellulosic structural changes after physico-chemical pretreatment monitored by near infrared spectroscopy. In S. Saranwong, S. Kasemsumran, W. Thanapase, & P. Williams (Eds.), *Near infrared spectroscopy: Proceedings of the 14th International conference* (pp. 193-198). West Sussex, UK: IMP.

วิทยานิพนธ์

ชื่อผู้เขียน. (ปี). ชื่อวิทยานิพนธ์. (ระดับปริญญาของวิทยานิพนธ์). ชื่อมหาวิทยาลัย, คณะ, สาขา.

ตัวอย่าง

สมศักดิ์ รักษ์วงศ์. (2528). *การศึกษาการใช้ยานิตต่าง ๆ ในการป้องกันโรคราสนิมของถั่วเหลือง*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

Phillips, O.C., Jr. (1962). *The Influence of Ovidd on Lucan's Bellum Civil*. (Ph.D. Dissertation). University of Chicago.



บทความที่สืบค้นได้จากวารสารอิเล็กทรอนิกส์

ผู้แต่ง. (ปีพิมพ์). ชื่อบทความ. ชื่อวารสาร, ปีที่(ฉบับที่), เลขหน้าแรก-หน้าสุดท้าย. สืบค้น วัน เดือน ปี,
จาก <http://www.xxxxxxxxx>

ตัวอย่าง

บงการ หอมนาน. (2551). เทคโนโลยีกับการควบคุมด้วยตรรกะฟัซซีตามขั้นตอนและฟังก์ชันสมาชิก.

ไมโครคอมพิวเตอร์, 26(271), 153-156. สืบค้น 22 มิถุนายน 2554, จาก <http://www.dpu.ac.th/laic/page.php?id=5753>

Judson, R. A., & Klee, E. (2011). Big bank, small bank: Monetary policy implementation and banks' reserve management strategies. *Journal of Economics and Business*, 63(4), 306-328. Retrieved June 23, 2011, from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0148619511000142>