การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากฟางข้าวโดยไม่ใช้สารเคมี กรณีศึกษากลุ่มเกษตรนาแปลงใหญ่ ต.บ้านด้าย อ.เมืองแม่สาย จ.เชียงราย*

TECHNOLOGY TRANSFER FOR THE CHEMICAL-FREE PRODUCTION OF PAPER FROM RICE STRAW. CASE STUDY: LARGE-SCALE RICE FARMING GROUP, BAN DAI SUBDISTRICT, MUEANG MAE SAI DISTRICT, CHIANG RAI PROVINCE

ภักดี สิทธิฤทธิ์กวิน[1], ไพทูรย์ ยศกาศ[2] และ กิตติคม นนท์ประสาท[3]

Pakdee Sittiritkawin[1], Paitoon Yotkat[2] and Kittikhom Nonprasat[3]

[1-3]คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยเชียงราย

[1-2]Faculty of Engineering, Chiang Rai College, Thailand

Corresponding Author's Email: pakdee.me@gmail.com

วันที่รับบทความ : 16 ตุลาคม 2568; วันแก้ไขบทความ 5 ธันวาคม 2568; วันตอบรับบทความ : 7 ธันวาคม 2568

Received 16 October 2025; Revised 5 December 2025; Accepted 7 December 2025

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้การผลิตกระดาษจากฟางข้าวในวิธีการที่ไม่ใช้สารเคมีและศึกษาคุณสมบัติของกระดาษจากฟางข้าว และ 2) เพื่อศึกษาต้นทุนการผลิตกระดาษจากฟางข้าวอินทรีย์พัฒนาเป็นสินค้าชุมชนเพิ่มรายได้ให้กับกลุ่ม

Citation:

* ภักดี สิทธิฤทธิ์กวิน, ไพทูรย์ ยศกาศ และ กิตติคม นนท์ประสาท. (2568). การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากฟางข้าวโดยไม่ใช้สารเคมี กรณีศึกษากลุ่มเกษตรนาแปลงใหญ่ ต.บ้านด้าย อ.เมืองแม่สาย จ.เชียงราย. วารสารส่งเสริมและพัฒนาวิชาการสมัยใหม่, 3(6), 1100-1121.

Pakdee Sittiritkawin, Paitoon Yotkat and Kittikhom Nonprasat. (2025). Technology Transfer For The Chemical-Free Production Of Paper From Rice Straw. Case Study: Large-Scale Rice Farming Group, Ban Dai Subdistrict, Mueang Mae Sai District, Chiang Rai Province. Modern Academic Development and Promotion Journal, 3(6), 1100-1121.;

DOI: https://doi.org/10.

https://so12.tci-thaijo.org/index.php/MADPIADP/

วิสาหกิจ เป็นการวิจัยแบบผสานวิธี เก็บข้อมูลโดยการคัดเลือกแบบเจาะจงจากกลุ่มปลูกข้าวใน ต.บ้านด้าย อ.เมืองแม่สาย จ.เชียงราย มีผู้เข้าร่วมทั้งหมดจำนวน 36 คน เก็บรวบรวมข้อมูลโดยแบบสอบถามและแบบสัมภาษณ์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า 1) การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตกระดาษโดยใช้ จุลินทรีย์ พด.2 ผู้เข้าร่วมอบรมจำนวน 36 คน มี ความรู้ความเข้าใจเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 90 และมีความ พึงพอใจต่อขั้นตอนการปฏิบัติในระดับมากที่สุด (4.88) กระบวนการผลิตเยื่อกระดาษด้วยชีววิธีช่วยประหยัดพลังงาน เมื่อนำกระดาษที่ได้มาอัดขึ้นรูปเป็นจานกระดาษ พบว่าการใช้เยื่อกระดาษในปริมาณที่ให้ความหนา 0.35 มิลลิเมตร เป็นค่าที่เหมาะสมที่สุด โดยจานกระดาษที่ได้มี ความต้านทานแรงดึงดีที่สุด และมีการดูดซึมน้ำลดลงอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับบรรจุภัณฑ์ 2) ต้นทุนการผลิตกระดาษขนาด 90x60 เซนติเมตร อยู่ที่ 84 สตางค์ต่อแผ่น เมื่อจำหน่ายในราคา 20 บาทต่อแผ่น พบว่า จุดคุ้มทุน (Break-Even Point) อยู่ที่ 32 แผ่นต่อวัน ซึ่งเป็นระดับที่กลุ่มสามารถผลิตและจำหน่ายได้จริง และสามารถทำกำไรได้ดี กลุ่มมีวัตถุดิบ (ฟางข้าวอินทรีย์) ในปริมาณมากถึง 27.9 ตันต่อปี ทำให้มีศักยภาพในการผลิตอย่างต่อเนื่อง

คำสำคัญ: กระดาษ, ฟางข้าว, สารเคมี

Abstract

This research article has objectives which are 1) to transfer the chemical-free knowledge of rice straw paper production and study the paper's properties, and 2) to study the production cost of organic rice straw paper products to enhance income for the community enterprise group. The study was conducted using purposive sampling on 36 participants from the rice farming group in Ban Dai Sub-district, Mueang Mae Sai District, Chiang Rai Province. Data collection involved questionnaires and interviews, analyzed using descriptive statistics (mean, percentage, standard deviation) and economic analysis. The key findings are: 1) Knowledge Transfer and Paper Properties: The technology transfer, employing Phod. 2 microorganism for straw digestion, was highly successful; 36 participants showed a knowledge increase of 90% and the

highest satisfaction level (4.88) with the practical procedures. The biopulping process is energy-saving. When the resulting paper was compressed into plate products, a thickness of 0.35 mm was found to be the optimal value, yielding plates with the best tensile strength and lowest water absorption, making them suitable for packaging. 2) Production Cost and Income Enhancement: The production cost of one paper sheet (90x60 cm) was found to be only 84 Satang. With a selling price of 20 Baht per sheet, the Break-Even Point (BEP) is 32 sheets per day, a level easily achievable by the group, leading to good profitability. The group possesses a significant amount of organic rice straw (27.9 tons per year), ensuring continuous production capacity. This chemical-free, low-cost product provides a competitive advantage in the health- and environment-conscious market.

Keywords: Paper, Rice Straw, Chemicals

บทนำ

จังหวัดเชียงรายมีพื้นที่ปลูกข้าว 1,412,575 ไร่ และถ้าคิดเฉพาะการปลูกข้าวอินทรีย์จะมีพื้นที่ 4,757 ไร่ จะมีปริมาณฟางข้าวอินทรีย์เฉลี่ยประมาณปีละ 3,092 ตัน กลุ่มวิสาหกิจเกษตรอินทรีย์ ข้าวหอมละไม ต.บ้านด้าย อ.แม่สาย จ.เชียงราย เป็นกลุ่มที่เกษตรกรรวมตัวกันปลูกข้าวอินทรีย์ซึ่งรายได้หลักมาจากการจำหน่ายข้าวอินทรีย์ ในส่วนของฟางข้าวถือเป็นวัสดุอินทรีย์ที่จำหน่ายไปแล้วไม่ได้ราคา ซึ่งฟางข้าวเหล่านั้นมีมูลค่าน้อยแต่ถ้าเราสามารถแปรรูปฟางเพื่อเพิ่มมูลค่าให้สูงขึ้นได้ เช่น การแปรรูปฟางข้าวอินทรีย์ให้เป็นกระดาษและนำไปทำเป็นภาชนะใส่อาหารที่ปลอดภัย โดยทั่วไปขบวนการผลิตกระดาษฟางข้าวในกลุ่มเกษตรกรที่นิยมทำกันโดยส่วนใหญ่จะต้องใช้สารเคมีเช่นโซดาไฟ สารฟอกขาว ซึ่งทำให้กระดาษฟางเหล่านั้นปนเปื้อนสารเคมีไม่ปลอดภัยต่อผู้ใช้งานและยุ่งยากในการกำจัดสารเคมีจากขบวนการผลิตรวมไปถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แต่จากการศึกษาข้อมูลที่ผ่านมาพบว่าในการผลิตกระดาษฟางข้าวไม่จำเป็นต้องใช้สารเคมีเพื่อให้ได้เยื่อกระดาษฟางซึ่งมีการใช้วิธีทางชีวภาพมาช่วยในการผลิตเยื้อกระดาษจากการหมักฟางด้วยเชื้อราบางชนิดที่สามารถย่อยสลายสารลิกนินในเนื้อไม้ได้และในการผลิตกระดาษที่ผ่านมามีพยายามลดการใช้สารเคมีที่ผ่านมาพบงานวิจัยการใช้

เชื้อราเพียงอย่างเดียวย่อยลิกนินในเซลพืชเพื่อการผลิตเยื่อกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าโดย Ritthisorn et al. (2011) และงานวิจัยของ Yamdeeka et al. (2022) ศึกษาผลของน้ำหมักชีวภาพต่อการย่อยสลายและสมบัติทางเคมีของฟางข้าว โดยเปรียบเทียบชนิด ความเข้มข้น และอัตราส่วนของน้ำหมักที่ต่างกัน โดยที่ทั้งสองงานวิจัยพบว่า น้ำหมักชีวภาพจากการหมักปลามีประสิทธิภาพสูงสุดในการย่อยสลายและเพิ่มปริมาณไนโตรเจน ขณะที่น้ำหมัก พด.2 เจือจาง 10 เท่า ให้ปริมาณอินทรียวัตถุสูงสุด การหมักยังช่วยเพิ่มค่า pH ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงดินและการผลิตปุ๋ยหมักจากฟางข้าว

นอกจากการมุ่งเน้นลดการใช้สารเคมีในการผลิตกระดาษจากฟางข้าวยังต้องมีการพัฒนากระดาษที่ได้จากกระบวนการดังกล่าวและต้องการปรับปรุงคุณสมบัติกระดาษเพื่อให้สามารถนำไปพัฒนาให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่จะเพิ่มมูลค่าให้กับกระดาษต่อได้อีก อย่างเช่น Chaliewsak (2021) มีการศึกษาการสกัดเส้นใยเซลลูโลสฟางข้าวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในภาวะที่ต่างกันเพื่อหาสมบัติการดูดซับน้ำมันทอดอาหารของนอนวูฟเวนจากเส้นใยเซลลูโลสฟางข้าวพบว่า ความสามารถในการดูดน้ำมัน และการดูดซึมน้ำมันของนอนวูฟเวนฟางข้าวจะเพิ่มขึ้น เมื่อน้ำหนักเส้นใยต่อพื้นที่เพิ่มขึ้น นอกจากนั้นยังพบว่า Chungsiriporn et al. (2021) มีการศึกษาการผลิตบรรจุภัณฑ์จากฟางข้าวและชานอ้อยโดยใช้แป้งมันเป็นสารเชื่อมประสาน และเคลือบผิวด้วยไคโตซาน พบว่า ปริมาณเส้นใย 200 กรัม และสารเชื่อมประสาน 50 กรัมต่อชิ้น ให้ผลดีที่สุดการเคลือบหลังการขึ้นรูปช่วยลดการซึมน้ำได้มากกว่าบรรจุภัณฑ์ที่ได้มีความแข็งแรงพอสำหรับใช้งานได้ทั้งอาหารแห้งและเปียก

การถ่ายทอดองค์ความรู้จากงานวิจัยให้กับชุมชนยังเป็นประเด็นที่ต้องดำเนินการโดยเฉพาะในด้านการนำเศษวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างเช่น Ployiam and Panya (2020) มีการพัฒนากระดาษและผลิตภัณฑ์กระดาษจากเศษของป่านศรนารายณ์ ของชุมชนหุบกระพง จังหวัดเพชรบุรี เพื่อส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน พบว่ากระดาษจากเศษป่านศรนารายณ์โดยใช้ NaOH ความเข้มข้น 2% และ 4% ต้มที่ 200°C เป็นเวลา 2, 4 และ 6 ชั่วโมง ได้กระดาษที่มีคุณสมบัติเหมาะสม น้ำหนัก 42.15–65.89 g/m² และความทนทานดี ผลิตภัณฑ์ที่ได้ถูกนำไปทำของตกแต่งและของที่ระลึก โดยผู้เข้าอบรมมีความพึงพอใจในด้านวัสดุ ราคา และโอกาสจำหน่ายในระดับมากถึงมากที่สุด ยังพบงานวิจัยของ Champa et al. (2023) มีการถ่ายทอดเทคโนโลยีเครื่องขึ้นรูปภาชนะด้วยกระดาษจากเยื่อเศษอ้อยเพื่อ

ต้องการลดวัสดุเหลือทิ้งจากเกษตรและช่วยลดปัญหาฝุ่น PM 2.5 ในพื้นที่อำเภอบ่อพลอย ให้กับกลุ่มเกษตรผู้ปลูกอ้อย

จากข้อมูลงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่ากลุ่มเกษตรกรโดยทั่วไปให้ความสนใจ ต้องการเรียนรู้การผลิตกระดาษที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมประกอบกับทางกลุ่มวิสาหกิจมีฟางข้าวอินทรีย์ที่ปลอดภัยอยู่แล้ว ดังนั้นทางทีมวิจัยจึงมีวัตถุประสงค์ในการวิจัยดังนี้ 1) เพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้การผลิตกระดาษจากฟางข้าวในวิธีการที่ไม่ใช้สารเคมีและศึกษาคุณสมบัติของกระดาษจากฟางข้าว 2) เพื่อศึกษาต้นทุนการผลิตกระดาษจากฟางข้าวอินทรีย์พัฒนาเป็นสินค้าชุมชนเพิ่มรายได้ให้กับกลุ่มวิสาหกิจ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้การผลิตกระดาษจากฟางข้าวในวิธีการที่ไม่ใช้สารเคมีและศึกษาคุณสมบัติของกระดาษจากฟางข้าว

2. เพื่อศึกษาต้นทุนการผลิตกระดาษจากฟางข้าวอินทรีย์พัฒนาเป็นสินค้าชุมชนเพิ่มรายได้ให้กับกลุ่มวิสาหกิจ

การทบทวนวรรณกรรม

1. แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับการผลิตเยื่อกระดาษด้วยชีววิธี (Biopulping) และเทคโนโลยีจุลินทรีย์ คือการใช้ จุลินทรีย์ (Microorganism) หรือเอนไซม์จากจุลินทรีย์ (โดยเฉพาะเชื้อราที่ย่อยลิกนิน) มาช่วยในการย่อยสลายโครงสร้างของลิกนินในเส้นใยพืช เช่น ฟางข้าว แทนการใช้สารเคมีที่มีฤทธิ์กัดกร่อนสูงและเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม เช่น โซดาไฟและสารฟอกขาว งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (เช่น Yamdeeka et al., 2022) ยืนยันว่าการใช้สารเร่งซุปเปอร์ พด.2 ในการหมักฟางข้าวสามารถเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุและช่วยในการย่อยสลายได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสนับสนุนกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษจากฟางข้าวโดยไม่ใช้สารเคมีในงานวิจัยนี้ ทำให้ได้เยื่อกระดาษที่มีความปลอดภัย และเป็นแนวทางที่ช่วย ประหยัดพลังงาน และ ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เมื่อเทียบกับการต้มด้วยสารเคมีที่ต้องใช้เวลานานกว่า

2. แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับคุณสมบัติและการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกระดาษเยื่อพืช แนวคิดนี้เกี่ยวข้องกับการศึกษา คุณสมบัติทางกล และ คุณสมบัติทางเคมี ของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อใยพืช (เช่น ฟางข้าว, ชานอ้อย) เพื่อปรับปรุงให้สามารถนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้

งานได้จริง โดยเฉพาะภาชนะบรรจุอาหาร การวิจัยมุ่งเน้นที่การควบคุม ความหนาแน่น และความแข็งแรง ของกระดาษ เช่น งานศึกษาของ Chungsiriporn et al. (2021) ที่เน้นการใช้แป้งมันเป็นสารเชื่อมประสานและการเคลือบผิวเพื่อ ลดการซึมน้ำ ซึ่งเป็นคุณสมบัติสำคัญสำหรับภาชนะใส่อาหารเปียก งานวิจัยที่นำเสนอแสดงให้เห็นว่า การใช้ปริมาณเยื่อกระดาษที่เหมาะสม (เช่น 220 กรัม/เฟรม) และการปรับปรุงด้วยสารธรรมชาติ (เช่น แป้งข้าวเจ้า) ช่วยให้กระดาษฟางข้าวที่ได้มี ความต้านทานแรงดึงที่ดีขึ้นรูปได้ดี

3. แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับการถ่ายทอดเทคโนโลยี (Technology Transfer) และเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) คือการนำความรู้ นวัตกรรม และเทคนิคทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากงานวิจัยไปเผยแพร่สู่ผู้ใช้งานจริงในบริบทของชุมชนหรือวิสาหกิจชุมชน เพื่อนำไปสู่การพัฒนาอาชีพและยกระดับคุณภาพชีวิต งานวิจัยนี้ใช้การถ่ายทอดองค์ความรู้ในรูปแบบ การอบรมเชิงปฏิบัติการ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยอื่น (เช่น Ployiam and Panya, 2020) ที่พบว่าผู้เข้าอบรมมีความพึงพอใจสูงและสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้จริง

สรุป งานวิจัยเรื่องนี้อิงอยู่บนรากฐานของแนวคิดที่สำคัญ 3 ประการคือ 1) Biopulping (การผลิตเยื่อกระดาษด้วยชีววิธี) 2) Technology Transfer (การถ่ายทอดเทคโนโลยี) และ 3) Circular Economy (เศรษฐกิจหมุนเวียน) แนวคิด Biopulping โดยใช้เทคโนโลยีจุลินทรีย์ เข้ามาช่วยย่อยสลายฟางข้าวเป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ยืนยันว่าสามารถผลิตเยื่อกระดาษได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมโดยไม่ต้องพึ่งพาสารเคมี ซึ่งกระบวนการนี้จะถูกนำมาใช้และเผยแพร่ผ่านกลไกของ Technology Transfer หรือการถ่ายทอดองค์ความรู้และทักษะในรูปแบบการอบรมเชิงปฏิบัติการให้กับกลุ่มเกษตรกร

วิธีดำเนินการวิจัย

เป็นการวิจัยแบบผสานวิธี (Mixed Methods Research) ระยะเวลาในการวิจัยดำเนินการวิจัยช่วงเดือนกรกฎาคม 2566 ถึง เมษายน 2567 ขอบเขตของพื้นที่ในการดำเนินการวิจัย วิสาหกิจชุมชนกลุ่มนาแปลงใหญ่บ้านสันทรายน้อย เลขที่ 33/1 หมู่ที่ 4 ต.บ้านด้าย อ.แม่สาย จ.เชียงราย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

พื้นที่ศึกษาวิจัยของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มนาแปลงใหญ่บ้านสันทรายน้อยโดยพิจารณาเลือกพื้นที่แบบเจาะจงเฉพาะพื้นที่ดังกล่าวจำนวน 36 คน เนื่องจากเป็นการรวมของเกษตรกร

กลุ่มปลูกข้าวมีพื้นที่ปลูกข้าว 97 ไร่ ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย แบบสอบถาม โดยแบ่งออกเป็น 2 ตอน ประกอบด้วย ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานทางสังคมทั่วไป ตอนที่ 2 ปัญหาด้านการเกษตรของเกษตรกรผู้ปลูกข้าว มีลักษณะเป็นคำถามปลายปิด และปลายเปิด

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ประชุมวางแผนกับผู้นำชุมชนและหน่วยงานท้องถิ่นเทศบาลตำบลบ้านด้ายและการสำรวจเก็บข้อมูลเพิ่มเติมในท้องถิ่น
ต่างๆร่วมกับผู้นำกลุ่มในประเด็น ฟางข้าวอินทรีย์ ปริมาณฟางของกลุ่มวิสาหกิจ คุณภาพฟาง

2. จัดกิจกรรมอบรมให้ความรู้ เป็นการอบรมภาคทฤษฎี และภาคปฏิบัติ เกี่ยวกับวิธีการผลิตกระดาษจากฟางข้าวอินทรีย์และการนำกระดาษไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์มีรายละเอียดดังนี้

2.1 การเตรียมฟางข้าวด้วยเครื่องจักรเป็นการเตรียมฟางข้าวเพื่อทำเป็นเยื่อกระดาษด้วยเครื่องสับย่อยเอนกประสงค์ โดยนำฟางข้าวเข้าเครื่องสับฟางอเนกประสงค์ให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาด 2 – 4 เซนติเมตร แสดงดังภาพที่ 1

(a) (b)

ภาพที่ 1 Rice straw chopped by machinery: a. Multipurpose straw chopper, b. Straw after chopping

2.2 การหมักฟางข้าวด้วยน้ำหมักชีวภาพเป็นการเตรียมฟางด้วยวิธีทางชีวภาพโดยใช้สารเร่งซุปเปอร์ พด. 2 ที่ขยายเชื้อ (Microbial activators PD2; M) แสดงดังภาพที่ 2 ใช้ความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพ เจือจาง 10 เท่า และใช้อัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ

1:10 กก./ล. ร่วมกับกากน้ำตาล (Office of Land Development Technology Supervision and Transfer, 2007) หลังจากนั้นนำน้ำหมักที่ได้มาใส่ในฟางข้าวและแช่ไว้เป็นเวลา 30 วัน

ภาพที่ 2 Soaking straw with microorganisms, Super PD2 accelerator.

2.3 การทำเยื่อกระดาษจากฟางข้าวและการขึ้นรูปกระดาษ เริ่มต้นด้วยการผลิตเยื้อฟางข้าวโดยนำฟางที่ผ่านการแช่ด้วยจุลินทรีย์มาแล้วเป็นเวลา 30 วันจนฟางมีความอ่อนนุ่ม แล้วนำมาต้มด้วยแก๊ส LPG ในถังขนาด 200 ลิตรเป็น เวลา 30 นาทีโดยใช้ฟางจำนวน 3 กิโลกรัม ต่อการต้มหนึ่งครั้ง แล้วนำไปปั่นย่อยให้เยื่อฟางมีขนาดเล็กด้วยเครื่องปั่นอเนกประสงค์ จากนั้นกรองเอาแต่เฉพาะเยื่อฟางเพื่อนำไปทำกระดาษโดยการนำเยื้อฟางมาผลิตเป็นกระดาษจะใช้เฟรมขนาด 90 x 60 เซนติเมตร แสดงดัง Figure 3 a โดยกำหนดปริมาณเยื้อกระดาษต่อหนึ่งเฟรมไว้ 3 ระดับคือ 110, 180, 220 กรัม/แผ่น และปรับปรุงคุณภาพกระดาษเพิ่มคุณสมบัติของกระดาษด้วยแป้งข้าวเจ้า ให้มีความแข็งแรงโดยการนำแป้งต้มสุกที่มีความเข้มข้นของแป้งร้อยละ 6 ผสมลงไปในน้ำในขั้นตอนขึ้นรูปกระดาษด้วยเฟรม และนำกระดาษที่ไปทดสอบคุณสมบัติของกระดาษนำไปอัดขึ้นรูปเป็นนภาชนะจานกระดาษขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 24 เซนติเมตรด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปจานแสดงดังภาพที่ 3 b

a b

ภาพที่ 3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการขึ้นรูปกระดาษ

3. การทดสอบคุณสมบัติของกระดาษ

3.1 ความหนากระดาษ โดยใช้ตัวอย่างกระดาษ จำนวน 12 ชิ้น วัดความหนาของแต่ละชิ้นที่ 8 ตำแหน่งต่างๆกัน หาค่าเฉลี่ยของความหนาที่วัดได้

3.2 การทดสอบแรงดึงด้วยเครื่อง universal testing machine โดยใช้ load cell ขนาด 500 นิวตัน เตรียมชิ้นทดสอบขนาด 1.5 เซนติเมตร x 14 เซนติเมตร จำนวน 5 ชิ้น โดยตัดจากจานกระดาษที่ผ่านการอัดขึ้นรูปแล้ว เพื่อใช้สำหรับวัดค่าความต้านทานต่อแรงดึงที่ใช้ทดสอบ 5 มิลลิเมตรต่อนาที มีระยะห่างระหว่างตัวหนีบเท่ากับ 100 มิลลิเมตรแล้วนำไปคำนวณความต้านแรงดึง

3.3 การทดสอบสมบัติการดูดซึมน้ำของกระดาษจากจานกระดาษทำโดยเตรียมชิ้นกระดาษตัวอย่างขนาด 2.5 เซนติเมตร x 5 เซนติเมตร บันทึกค่าน้ำหนักแห้งก่อนแช่น้ำและนำชิ้นงานไปแช่น้ำในน้ำกลั่นเป็นระยะเวลา 2 นาที แล้วผึ่งให้เสด็จน้ำเป็นระยะเวลา 45 วินาที แล้วนำไปคำนวณค่าเฉลี่ยของน้ำหนักเพื่อใช้ในการคำนวณค่าการดูดซับน้ำ (% water absorption)

4. การเก็บค่าพลังงาน ในการผลิตกระดาษจากฟางข้าว การวัดปริมาณแก๊ส LPG ที่ใช้ในการต้มฟางข้าวโดยการจับเวลาในการต้มฟางจากนั้นน้ำแก๊สไปชั่งน้ำหนักหาปริมาณน้ำหนักแก๊สที่ใช้ไป แล้วนำไปคำนวณเป็นจำนวนเงินโดยคิดจากราคาก๊าซหุงต้มในราคาปัจจุบัน 28 บาท/กิโลกรัม ในส่วนของการวัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตในขั้นตอนการสับย่อยฟางด้วย

เครื่องสับและการปั่นสับละเอียดด้วยเครื่องปั่นละเอียด โดยใช้มิเตอร์วัดปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ไป เป็นหน่วย กิโลวัตต์ ชั่วโมง

5. การคำนวณจุดคุ้มทุนระยะเวลาคืนทุนการคำนวณหาระดับราคาคุ้มทุนช่วยให้กลุ่มวิสาหกิจทราบว่าราคาคุ้มทุนของกระดาษจากฟางข้าวเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับราคาที่ขายได้จะทำให้เกษตรกรทราบได้ว่าขาดทุนหรือได้กำไรในการขาย ณ ระดับราคาตลาดที่เป็นอยู่ มีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$\text{จุดคุ้มทุน} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายคงที่ทั้งสิ้น}}{\text{(ราคาขายต่อหน่วย – ค่าใช้จ่ายผันแปรต่อหน่วย)}} \quad (1)$$

ระยะเวลาคืนทุนเป็นการคาดคะเนว่าเมื่อลงทุนใช้เครื่องจักรกลอุปกรณ์ในการผลิตกระดาษจากฟางข้าวไปแล้วทางกลุ่มจะได้รับผลตอบแทนกลับคืนมาในจำนวนเงินเท่ากับที่ลงทุนไปแล้วภายในระยะกี่เดือน โดยคิดจากราคาในการลงทุนซื้อของเครื่องจักรอุปกรณ์ในการผลิตกระดาษและผลกำไรสุทธิที่คาดว่าจะได้รับในการใช้งานของ 5 – 10 ปี คำนวณได้จากสมการที่ 2

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{เงินลงทุนซื้อเครื่องจักร อุปกรณ์}}{\text{กำไรสุทธิจากการขาย}} \quad (2)$$

6. การติดตามและประเมินผล โดยมีการศึกษาถึงระดับความรู้ความเข้าใจในการผลิตใช้แบบสอบถามที่มีข้อคำถามเป็นคำถามปลายปิด แบบ Rating Scale 5 ระดับ และวิเคราะห์ผลการอบรมโดยใช้สถิติได้แก่ ค่าความถี่ ร้อยละ และค่าเฉลี่ย สำหรับการอบรมให้ความรู้ในการผลิตกระดาษจากฟางข้าวและการอบรมเชิงปฏิบัติการ คณะผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหาเพื่อสรุปถึงผลที่ได้จากการอบรม และนำผลการศึกษาไปดำเนินการต่อไป ทั้งนี้ ในการแปลผลการประเมินตามวิธี Likert-Scale ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ค่าเฉลี่ยตามเกณฑ์ของเบสท์

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานและผลการประเมินการถ่ายทอดเทคโนโลยี โดยใช้ค่าความถี่ และ ร้อยละ ในการบรรยายข้อมูลทางสังคมและเศรษฐกิจของกลุ่มเกษตรกร และใช้

ค่าเฉลี่ย และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เพื่อเปรียบเทียบระดับความรู้ความเข้าใจก่อนและหลังการอบรม รวมถึงวิเคราะห์ ความพึงพอใจ ต่อกิจกรรมการถ่ายทอดด้วยแบบสอบถาม Likert-Scale 5 ระดับ ส่วนการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ (Qualitative) ใช้ การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) เพื่อสรุปปัญหาความต้องการของชุมชนและผลลัพธ์ที่ได้จากการอบรมเชิงปฏิบัติการ

การวิเคราะห์เชิงลึกเพื่อประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยในเชิงวิทยาศาสตร์ มีการวิเคราะห์คุณสมบัติของกระดาษฟางข้าวที่ผลิตได้ด้วย ค่าเฉลี่ย ของการวัด ความหนา ความต้านทานต่อแรงดึง (Tensile Strength) และ การดูดซึมน้ำ (% Water Absorption) เพื่อหาปริมาณเยื่อที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการขึ้นรูปภาชนะ และในเชิงเศรษฐศาสตร์ มีการคำนวณ ต้นทุนคงที่ และ ต้นทุนผันแปร เพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์ จุดคุ้มทุน (Break-Even Point) และ ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) ซึ่งเป็นการประเมินความสามารถในการแข่งขันและโอกาสในการสร้างรายได้ที่ยั่งยืนให้กับวิสาหกิจชุมชนจากการใช้ฟางข้าวที่ไม่มีการปนเปื้อนสารเคมีในกระบวนการผลิต

ผลการวิจัย

1) องค์ความรู้การผลิตกระดาษจากฟางข้าวในวิธีการที่ไม่ใช้สารเคมีและศึกษาคุณสมบัติของกระดาษจากฟางข้าว

ผลการศึกษาข้อมูลพื้นฐาน

จากการประชุมวางแผนงานร่วมกับตัวแทนกลุ่มวิสาหกิจสร้างความเข้าใจกับกลุ่มเกษตรผลิตข้าวอินทรีย์ด้วยการสัมภาษณ์แสดงดัง Figure 4 ซึ่งมีจำนวนสมาชิกจำนวนทั้งหมด 36 คน มีจำนวนแปลงนาข้าวอินทรีย์ในกลุ่มมีทั้งหมด 97 ไร่ มีความเห็นเรื่องการทำกิจกรรมในลักษณะต้องใช้เทคโนโลยีที่ไม่ซับซ้อนเข้าใจง่าย และการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากฟางข้าวที่ไม่ใช้สารเคมีในขบวนการผลิตเนื่องจากกลุ่มเกษตรเป็นเกษตรอินทรีย์ ทางทีมวิจัยจึงได้นำข้อมูลมาออกแบบกิจกรรมโดยมีการอบรมความรู้เรื่องวิธีการผลิตกระดาษจากฟางข้าวเป็นการบรรยายให้ความรู้ทฤษฎีการผลิตกระดาษเบื้องต้นและลงมือปฏิบัติผลิตกระดาษรวมถึงการพัฒนาไปเป็นผลิตภัณฑ์ขั้นต้นเช่น การอัดขึ้นรูปเป็นภาชนะกระดาษ ทำเป็นถุงบรรจุภัณฑ์ใส่ข้าวสาร

ภาพที่ 4 Field planning with communities

ข้อมูลพื้นฐานทางสังคมประกอบด้วย ข้อมูล เกี่ยวกับ เพศ อายุ ระดับการศึกษา จำนวนสมาชิกในครัวเรือน สถานภาพทางสังคม อาชีพผลการสำรวจพบว่าสมาชิกกลุ่มฯ ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 68.09 มีอายุเฉลี่ย 55 ปี สูงสุด 74 ปี การศึกษาส่วนใหญ่ร้อยละ 76.30 จบการศึกษาระดับประถมศึกษา ร้อยละ 93.57 มีอาชีพเกษตรกรทำนา แต่ยังมีบางส่วนที่มีการประกอบอาชีพรับจ้างทั่วไป

ข้อมูลทางด้านเศรษฐกิจของสมาชิกกลุ่มฯ จากการสำรวจพบว่า มีพื้นที่ทำการเกษตรเฉลี่ย 15.4 ไร่/ครอบครัว มีพื้นที่ทำนาอินทรีย์ 12 ไร่/ครอบครัว รายได้ต่อปีจากการทำเกษตรพบว่ามีรายได้ เฉลี่ย 150,222.2 บาท สภาพการผลิตรูปแบบในการทำนาข้าวของสมาชิกกลุ่มเกษตรในปัจจุบันมีจำนวนสมาชิก 36 คน หมู่ 6 ต.บ้านด้าย อ.แม่สาย ประมาณการผลผลิตข้าว 64 ตันต่อปี และมีปริมาณฟางข้าว 27.9 ตันต่อปี

ปัญหาความต้องการของสมาชิกกลุ่มเกษตรและกลุ่มผู้ร่วมวิจัยได้ดำเนินการสนทนากลุ่มเพื่อให้สมาชิกกลุ่มฯ แต่ละคนได้แสดงความคิดเห็น โดยร่วมกันอภิปรายถึงปัญหาในการจัดการฟางข้าวที่เหลือหลังจากการเก็บเกี่ยว ซึ่งที่ผ่านมาทางกลุ่มได้จำหน่ายเป็นฟางอัดก้อนขายในราคาประมาณ 25 บาท/ก้อน โดยทางกลุ่มต้องการเพิ่มมูลค่าของฟางข้าวด้วยการแปรรูปไปเป็นสินค้าให้มีมูลค่าที่สูงขึ้นเพื่อที่จะเพิ่มรายได้ให้กับกลุ่ม และฟางข้าวจากแปลงเกษตรอินทรีย์เป็นฟางที่ไม่มีสารเคมีปนเปื้อน จึงได้ตกลงร่วมกันกับทางทีมวิจัยในการพัฒนาขบวนการผลิตกระดาษจากฟางข้าวอินทรีย์ในแบบที่ไม่ใช้สารเคมีเพื่อลดผลกระทบกับสิ่งแวดล้อม

กิจกรรมอบรมเชิงปฏิบัติการผลิตกระดาษ

หลังจากการอบรมให้ความรู้เกี่ยวกับการทำกระดาษจากฟางข้าวเรียบร้อยแล้วจากนั้นได้ให้ผู้เข้าอบรมจำนวน 36 คน ได้ทดลองลงมือปฏิบัติจริง โดยนำเยื่อฟางที่ผ่านการหมักจากสารเร่งชีวภาพ พ.ด. 2 เป็นเวลา 30 วัน และผ่านการต้มเป็นเวลา 30 นาที แสดงดังรูปที่ 5 ผลการหมักพบว่าฟางข้าวมีลักษณะอ่อนนุ่มและเส้นใยแยกออกจากกันได้ดี (Figure 5a) และมีประสิทธิภาพในการย่อยสลายฟางได้ดีและนำฟางข้าวปต้มในน้ำเดือด (100°C) เป็นเวลา 30 นาที และล้างเยื่อในถังขนาด 200 ลิตร เพื่อให้ได้เยื่อฟางที่พร้อมนำไปใช้ต่อไป (ภาพที่ 5 b)

a b

ภาพที่ 5 Rice straw fermented with fermented water: a. one-day fermented straw, b. 30-day fermented straw.

นำเยื่อกระดาษมาล้างทำความสะอาดให้เยื่อฟางมีสีสว่างมากขึ้น และตีปั่นละเอียดด้วยเครื่องปั่นแล้วนำไปขึ้นรูปด้วยเฟรมตาข่ายด้วยวิธีแตะสมาชิกได้ร่วมกันทดลองทำการขึ้นรูปกระดาษแสดงดัง Figure 6 กระดาษฟางที่ขึ้นรูปเรียบร้อยแล้วนำไปผึ่งแดดให้แห้งโดยใช้เวลาประมาณ 2 วัน แล้วจึงลอกกระดาษฟางออกมาได้ แสดงดัง Figure 7 และทำการทดลองสมบัติกระดาษที่เหมาะสมร่วมกับชุมชนได้ผลทดสอบดัง Table 1.และอัดขึ้นรูปเป็นจานกระดาษ

ภาพที่ 6 Forming paper pulp from straw in a frame Group members take turns experimenting with forming paper.

ภาพที่ 7 The molded straw paper is dried.

จากผลการทดสอบสมบัติกระดาษที่นำไปอัดขึ้นรูปเป็นจานกระดาษแสดงดังตารางที่ 1 พบว่าการใช้เยื่อกระดาษที่น้ำหนัก 220 กรัมต่อเฟรมทำให้กระดาษมีความความหนา 0.35 มิลลิเมตรมีความต้านทานแรงดึงมากที่สุด 47.3 นิวตัน และเมื่อนำไปขึ้นรูปเป็นจานกระดาษทำให้ขึ้นรูปได้ดีไม่เสียรูปทรง ไม่พบรอยแตกขาดของขอบจานและยังดูดซึมน้ำได้น้อยกว่าที่ ร้อยละ 71.2 ซึ่งแตกต่างจากกระดาษที่บางกว่าที่ความหนา 0.13 มิลลิเมตร จานกระดาษมีรูปทรงไม่สวยงามเกิดรอยขาดตามขอบจานจำนวนมาก

ตารางที่ 1 Results of testing rice straw paper

Pulp weight (g)	Thickness (mm)	Tensile strength (N)	Water absorption (%)	ภาพ
110	0.13	28.5	79.3	
180	0.25	38.2	76.1	
220	0.35	47.3	71.2	

หลังจากที่ชุมชนได้ลงมือปฏิบัติการทำกระดาษจากฟางข้าวแล้วจากนั้นได้ร่วมหารือกับชุมชนในการนำกระดาษไปพัฒนาต่อยอดไปเป็นผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าวเบื้องต้น เช่น ถุงกระดาษใส่ผลิตภัณฑ์ของกลุ่มเองเช่นข้าวหอมละมัยขนาด 1 กิโลกรัม จำหน่ายให้กับลูกค้าเพื่อทำให้บรรจุภัณฑ์ดูสวยงามน่าสนใจมากขึ้น และยังสามารถนำไปผลิตเป็นจานกระดาษที่มีขนาด 24 เซนติเมตร เพื่อใช้ไปเป็นผลิตภัณฑ์ออกจำหน่ายต่อไปในอนาคต แสดงดังภาพที่ 8

ภาพที่ 8 Characteristics of products made from straw paper jointly developed with the community.

จากการอบรมให้ความรู้และประเมินความรู้พบว่าผลการประเมินความรู้ความเข้าใจในการอบรมบรรยายและเชิงปฏิบัติการ ซึ่งมีผู้เข้าร่วมการฝึกอบรมฯ ทั้งหมดจำนวน 36 คน

พบว่าสมาชิกกลุ่มสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานได้และสุดท้ายคือสามารถนำความรู้ไปเผยแพร่/ถ่ายทอดได้ มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ตามลำดับ การประเมินความรู้ก่อนและหลังการอบรมพบว่าคะแนนความรู้ก่อนการอบรมคะแนนเต็ม 15 มีค่าเฉลี่ย คือ 6.25 คะแนน โดยคะแนนความรู้หลังการอบรม มีค่าเฉลี่ย คือ 13.55 และมีระดับความพึงพอใจในการได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากฟางข้าวโดยรวมค่าเฉลี่ยความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุดค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.67 โดยหัวข้อย่อยในการประเมินที่ได้คะแนนมากที่สุด 4.88 คะแนน แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 Satisfaction with participating in activities and learning about practical activities

Satisfaction with Technology Transfer	$\bar{x}$	S.D.	Level of Satisfaction
1. Knowledge transfer on paper production by the speaker.	4.51	0.51	Very High
2. Format of the technology transfer activities.	4.45	0.52	High
3. Clear and understandable practical steps.	4.88	0.33	Very High
4. Appropriate environment and venue.	4.82	0.57	Very High
5. Ability to apply acquired knowledge, e.g., paper plates and packaging paper.	4.88	0.41	Very High
6. Confidence in applying the acquired knowledge in practice.	4.47	0.44	High
Total	4.67	0.46	Very High

2) ต้นทุนการผลิตกระดาษจากฟางข้าวอินทรีย์พัฒนาเป็นสินค้าชุมชนเพิ่มรายได้ให้กับกลุ่มวิสาหกิจ

ในการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนและระยะเวลาคืนทุนของการผลิตกระดาษของกลุ่มเกษตรเพื่อวางแผนการจำหน่ายในอนาคต แสดงข้อมูลต้นทุนการผลิตด้านต่างๆใน ตารางที่ 3

1) การกำหนดราคาขายต่อหน่วยพิจารณาจากราคาตลาดที่มีการขายสินค้าออนไลท์ โดยกำหนดราคาขายเบื้องต้น 20 บาท/แผ่น

2) ค่าแรงงานในการผลิตกระดาษ เช่นการต้มฟาง การขึ้นรูปกระดาษฟาง เป็นค่าแรงทางตรงที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการเตรียมฟางข้าวไปเป็นเยื่อฟาง ผู้ผลิตกระดาษฟางใช้แรงงานในกลุ่มวิสาหกิจเป็นหลัก สามารถระบุค่าแรงงานต่อวันได้ประมาณ 300 บาท/คน จำนวน 2 คน สามารถผลิตกระดาษฟางจำนวน 55 แผ่น/วัน ข้อมูลได้จากการร่วมทดลองปฏิบัติงานร่วมกับกลุ่มวิสาหกิจ

3) ฟางข้าวอินทรีย์ เป็นวัตถุดิบทางตรงที่สำคัญในการผลิตกระดาษ เป็นฟางจากแปลงนาข้าวของกลุ่มเกษตรกร ราคาฟางข้าวแห้ง 1 ก้อนมีน้ำหนักเฉลี่ย 10 กิโลกรัม ราคาต้นทุนการจัดเก็บก้อนละ 14.2 บาท ปริมาณฟางที่ใช้ต่อการผลิตกระดาษหนึ่งแผ่น เมื่อนำไปผลิตกระดาษที่มีความหนา 0.35 มิลลิเมตร ดังนั้นต้นทุนฟางต่อแผ่นอยู่ที่ 0.17 บาท/แผ่น

ตารางที่ 3 Cost information for producing paper from rice straw

No.	List	Amount (baht)
1	Selling price per sheet of paper	20
Fixed costs		
2.	Labor cost 300 baht/day x 2 people	600
3.	The rental fee is not included because it is owned by the enterprise group.	-
The rental fee is not included because it is owned by the enterprise group.		
4.	Rice straw	0.17
5.	Electricity charge	0.055
6.	LPG fuel cost for boiling rice straw	0.52
7.	Rice flour	0.11
8.	Bio-initiator for decomposing rice straw	-
Total variable costs per sheet		0.84

4) สารเร่งหัวเชื้อจุลินทรีย์ซองละ 30 บาท นำไปผสมน้ำเพื่อขยายเชื้อได้ไม่จำกัดจำนวนจึงไม่นำมาคิดเป็นต้นทุน

5) ค่าเชื้อเพลิงแก๊สหุงต้ม LPG สำหรับต้มฟางข้าวใช้เวลา 30 นาทีต่อการต้มหนึ่งครั้ง สามารถผลิตกระดาษได้จำนวน 25 แผ่น ใช้เชื้อเพลิงไป 0.56 กิโลกรัม ดังนั้น ราคาเชื้อเพลิง

ต่อหนึ่งแผ่น คำนวณจากการใช้เชื้อเพลิงไป 0.56 กิโลกรัม x ราคาแก๊ส 28 บาท/กิโลกรัม = 0.52 บาท/แผ่น

6) ค่าไฟฟ้าในการสับย่อยฟางและการตีเยื่อฟาง ค่าไฟฟ้าเกิดขึ้นจากการตีเยื่อฟางโดยเครื่องสับ จำนวน 21 บาทต่อการสับย่อยฟาง 10 กิโลกรัม และผลิตกระดาษได้ 81 แผ่น ใช้ไฟฟ้าไป 1.12 กิโลวัตต์-ชั่วโมง คิดค่าไฟฟ้าปัจจุบัน 4.1 บาทต่อหน่วย ดังนั้นค่าไฟฟ้าต่อหนึ่งแผ่น 0.055 บาท/แผ่น

สรุป การผลิตกระดาษจากฟางข้าวมี จุดคุ้มทุน (BEP) ต่ำเพียง 32 แผ่นต่อวัน ด้วยต้นทุนผันแปร 0.84 บาท/แผ่น ทำให้กลุ่มมีกำไรสุทธิสูงถึง 13,110 บาทต่อเดือน เมื่อผลิตเฉลี่ย 55 แผ่นต่อวัน ที่สำคัญคือ ระยะเวลาคืนทุนของการลงทุนเพียง 6.2 เดือน ซึ่งแสดงถึงความคุ้มค่าและความมั่นคงทางเศรษฐกิจสูง

ตารางที่ 4 Investment in machinery and equipment for paper production from rice straw

List	Quantity	Price (Baht)	Service life (years)
1. Straw shredder	1	15,900	8
2. Straw mill	1	3,500	8
3. LPG gas tank	1	2,200	10
4. Gas stove	1	500	10
5. Straw boiler 200 liter	1	600	5
6. Water basin for paper frame	2	1,500	5
7. Greenhouse for paper production, size 6x4 m	1	50,000	20
8. Paper frame, size 90x60 cm	150	7500	3
รวม		81,700	

หมายเหตุ: จำนวนเฟรมคิดจากกำลังการผลิตกระดาษ 50 แผ่น/วัน จะต้องมีจำนวนเฟรมกระดาษ 150 เฟรมสำหรับหมุนเวียนใช้ระหว่างเฟรมกระดาษแห้งในแต่ละวัน

อภิปรายผล

อภิปรายผลวัตถุประสงค์ที่ 1 เพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้การผลิตกระดาษจากฟางข้าวในวิธีการที่ไม่ใช้สารเคมีและศึกษาคุณสมบัติของกระดาษจากฟางข้าว

การใช้จุลินทรีย์ พด.2 ช่วยให้ฟางย่อยสลายได้ดีขึ้นภายในเวลา 30 วัน โดยไม่ต้องใช้สารเคมี ทำให้ได้เยื่อที่มีคุณภาพดีซึ่งเป็นผลจากการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในน้ำหมักที่ผลิตเอนไซม์ช่วยย่อยสลายอินทรีย์สาร ผลสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chumthong and Phakdichanuan (2019) ที่ใช้เชื้อ Bacillus spp. หมักฟางข้าวโดยใช้เวลาเป็น 28 วันซึ่งใช้เวลาใกล้เคียงกัน และ Yamdeeka et al. (2022) ที่ศึกษาการใช้น้ำหมักชีวภาพย่อยสลายฟางข้าวโดยผสม พด.2 เจือจาง 10 เท่า ให้มีผลดีมีประสิทธิภาพสูงสุดในการย่อยสลาย หลังจากการหมักฟางและนำฟางมาต้มด้วยแก๊ส LPG ใช้เวลาเพียง 30 นาทีก็จะได้เยื่อกระดาษจากฟางข้าวที่ช่วยประหยัดพลังงานมากกว่าการต้มด้วยโซดาไฟที่ต้องใช้เวลาโดยทั่วไป 5 – 6 ชั่วโมง ซึ่งสะท้อนถึงแนวทางการผลิตกระดาษที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ เมื่อเทียบกับมาตรฐานกระดาษสำหรับบรรจุภัณฑ์แล้วพบว่าผลลัพธ์ที่ได้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมและสามารถพัฒนาไปใช้จริงได้ ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานกระดาษชนิดผิวกล่องของประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมที่ใช้สำหรับขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่อยู่ระหว่าง 125 – 230 g/m2 (Ministry of Industry Announcement No. 3688. B.E. 2007) เมื่อนำกระดาษที่ได้จากกระบวนการดังกล่าวมาผลิตเป็นภาชนะกระดาษโดยการอัดขึ้นรูปให้เป็นจานกระดาษขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 24 เซนติเมตร พบว่าสามารถใช้กระดาษที่มีความหนา 0.35 มิลลิเมตร จะทำให้จานกระดาษมีรูปทรงดี ไม่ขาด ต้านทานแรงดึงและลดการดูดซึมได้ได้ดีที่สุดเนื่องจากกระดาษมีความหนาแน่น ความหนามากกว่าซึ่งเกิดจากการอัดตัวแน่นในขณะเข้าเครื่องอัดขึ้นรูปทำให้ต้านทานแรงดึงได้ดีและดูซับน้ำได้น้อยกว่า ซึ่งแตกต่างจากการใช้เยื่อกระดาษที่น้อยกว่าอย่างเช่นที่ 0.11 มิลลิเมตร กระดาษที่ได้บางกว่าและเมื่อขึ้นรูปแล้วได้รูปทรงไม่ชัดเจนและมีการขาดตามขอบจาน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chungsiriporn et al. (2022) ที่ศึกษาการผลิตบรรจุภัณฑ์เยื่อกระดาษขึ้นรูปจากฟางข้าวและชานออ้อย โดยพบว่า การใช้ปริมาณเยื่อกระดาษที่ 200 กรัม/ชิ้นเป็นปริมาณที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์

การถ่ายทอดเทคโนโลยีประสบความสำเร็จสูง โดยผู้เข้ารับการอบรมมีความรู้ความเข้าใจในการผลิตกระดาษ เพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 90 และมีความ พึงพอใจต่อขั้นตอนการปฏิบัติในระดับมากที่สุด (4.88) เนื่องจากขั้นตอนมีความชัดเจนและสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ใน

การทำผลิตภัณฑ์ได้จริง ซึ่งผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Champa et al. (2023) ที่การถ่ายทอดเทคโนโลยีช่วยเพิ่มความรู้ความเข้าใจและความพึงพอใจในระดับสูงเช่นกัน ความสำเร็จนี้ตอบสนองความต้องการของชุมชนในการ เพิ่มมูลค่าฟางข้าวเหลือทิ้งให้สูงขึ้นกว่าการจำหน่ายเป็นฟางก้อน และเป็นทางออกในการจัดการวัสดุเหลือใช้

อภิปรายผลวัตถุประสงค์ที่ 2 เพื่อศึกษาต้นทุนการผลิตกระดาษจากฟางข้าวอินทรีย์พัฒนาเป็นสินค้าชุมชนเพิ่มรายได้ให้กับกลุ่มวิสาหกิจ

การศึกษาต้นทุนการผลิตกระดาษจากฟางข้าวอินทรีย์พัฒนาเป็นสินค้าชุมชนเพิ่มรายได้ให้กับกลุ่มวิสาหกิจพบว่าต้นทุนการผลิตกระดาษหนึ่งแผ่น ขนาด 90x60 เซนติเมตร อยู่ 84 สตางค์ และมีการจำหน่ายเป็นกระดาษแผ่นซึ่งมีจำหน่ายในช่องทางออนไลท์ในราคา 20 บาท/แผ่น จะทำให้กลุ่มวิสาหกิจมีจุดคุ้มทุนอยู่ 32 แผ่น/วัน กรณีที่ใช้แรงงานขั้นต่ำ 2 คนซึ่งจะทำให้กลุ่มสามารถเพิ่มรายได้จากการจำหน่ายกระดาษได้และยังสามารถนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ภาชนะใส่อาหารได้ เนื่องจากทางกลุ่มมีวัตถุดิบที่เป็นฟางข้าวอินทรีย์จากพื้นที่เพาะปลูก 97 ไร่ และมีปริมาณฟางข้าว 27.9 ตันต่อปี ทำให้กลุ่มมีศักยภาพในการผลิตกระดาษจากฟางข้าวที่ไม่มีการใช้สารเคมีในขบวนการผลิตสามารถแข่งขันในตลาดได้ด้วยต้นทุนที่ต่ำกว่า ซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นจากกระดาษฟางข้าวดังกล่าวปลอดภัยต่อผู้บริโภคและไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมีความต้องการของตลาดกลุ่มรักสุขภาพและใส่ใจสิ่งแวดล้อม

สรุป/ข้อเสนอแนะ

จากผลการถ่ายทอดองค์ความรู้การผลิตกระดาษจากฟางข้าวให้กับกลุ่มปลูกข้าวในต.บ้านด้าย อ.เมืองแม่สาย จ.เชียงราย มีผู้เข้าร่วมทั้งหมดจำนวน 36 คน ได้รับความรู้เทคโนโลยีในการผลิตกระดาษโดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ พด.2 หมักฟางข้าวเป็นเวลา 30 วัน ช่วยให้ฟางย่อยสลายง่ายขึ้นแทนการใช้สารเคมี หลังจากการผ่านอบรมทำให้กลุ่มมีด้านความรู้ความเข้าใจเพิ่มมากขึ้นได้คะแนนเฉลี่ยสูงกว่าช่วงก่อนการอบรม มีความพึงพอใจต่อการสอน จนสามารถนำความรู้ลงไปสู่การปฏิบัติได้เยื่อกระดาษจากฟางข้าวที่มีความปลอดภัยและได้กระดาษที่มีความหนา 0.35 มิลลิเมตรไปอัดขึ้นรูปเป็นจานกระดาษและผลิตภัณฑ์อื่นๆที่สามารถใช้งานได้ และในการศึกษาต้นทุนการผลิตกระดาษพบว่าต้นทุนการผลิตกระดาษหนึ่งแผ่นอยู่ 84 สตางค์ สามารถนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ภาชนะใส่อาหารได้ เนื่องจากทางกลุ่มมี

วัตถุดิบที่เป็นฟางข้าวมีปริมาณ 27.9 ตันต่อปี ทำให้กลุ่มมีศักยภาพในการผลิตกระดาษจากฟางข้าวที่ไม่มีการใช้สารเคมีในกระบวนการผลิตซึ่งผู้วิจัยมีความคาดหวังว่าจะสามารถแข่งขันในตลาดได้ด้วยต้นทุนที่ต่ำ**ข้อเสนอแนะประกอบด้วย 1. ข้อเสนอแนะที่ได้จากการ** ภาครัฐควรส่งเสริมและสนับสนุนโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่เน้นการใช้ชีววิธี เช่น การใช้เชื้อจุลินทรีย์ พด.2 เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับฟางข้าวหรือเศษวัสดุทางการเกษตรอื่น ๆ แทนการเผา **2. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย** ควรมีการเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มเกษตรอินทรีย์กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปอย่างเป็นระบบ เพื่อให้เกิดการใช้ประโยชน์จากฟางข้าวอย่างครบวงจร และ **3. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป** ควรมีการวิจัยเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเชื้อจุลินทรีย์ชนิดอื่น หรือปรับปรุงสูตร/ระยะเวลาการหมัก เพื่อลดระยะเวลาในการย่อยสลายฟางข้าวให้สั้นลงกว่า 30 วัน และวิจัยเพื่อเพิ่มความแข็งแรง/ลดการดูดซึมน้ำของกระดาษเพิ่มเติม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเครือข่ายวิจัยภาคเหนือตอนบนที่สนับสนุนทุนวิจัยและวิทยาลัยเชียงรายที่สนับสนุนทุนในการพัฒนากระดาษจากฟางข้าวให้เป็นภาชนะจานกระดาษได้ในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Chumthong, A. and P. Phakdichanuan. (2019). Effect of bio-fermented water on rice straw decomposition and growth of local rice variety Ruangri. *Songklanakarin Journal of Plant Science,* 6(1), 82-90.

Chungsiriporn, J., P. Pongyeela and N. Chairerk. (2022). Production of Molded Pulp Packaging from Rice Straw and Bagasse Coating by Chitosan. *Burapha Science Journal,* 27(1), 20-30

Champa, L., N. Thongpan, N. Hadthamad, M. Opamawutthikul, K. Phattarakunamon, and P. Siriphonkun. (2023). The Transfer of Technology for Container-Forming Machines Using Sugarcane Waste Pulp as a Form of Knowledge Management Aims to Promote the Development of Environmentally Friendly Communities. *Pathumthani University Academic Journal,* 15(2), 24-38.

Chaliewsak, J. (2021). Fried Oil Absorption Property of Nonwoven from Rice Straw Cellulose Fiber. *RMUTP Research Journal,* 15(1): 77-90. (in Thai)

Ministry of Industry Announcement No. 3688. B.E. 2550. *Industrial Product Standards TIS. 170-2550 Sticky Paper.* Industrial Product Standards Office, Ministry of Industry. Bangkok.

Office of Land Development Technology Supervision and Transfer. (2007). *Expanding Production Culture with Molasses.* Bangkok: Ministry of Agriculture and Cooperatives.

Ployiam, U. and N. Panya. (2020). *Development of paper and paper products from sisal hemp waste of Hubkrapong community, Phetchaburi province to promote community enterprise.* Research report. Rajamangala University of Technology Phra Nakhon.

Ritthisorn, S., S. Rattanlertnuson and S. Lunprom. (2011), *Biopulping from banana pseudo - stem of num-wa by trichoderma viride.* Research Report, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi. (in Thai)

Yamdeeka, C., P. Nakayan, S. Konsaeng, P. Areesrisom and W. Nilawonk. (2022) Influence of Bio-Extracts on Decomposition and Chemical Property Changes of Rice Straw. *Khon Kaen Agriculture Journal,* 50(6), 1797-1807.