

การออกแบบและประเมินสมรรถนะของเครื่องสับฟางข้าว
เพื่อเพิ่มอัตราการแปรรูปวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรสำหรับการผลิตกระดาษ
ในพื้นที่ตำบลคลองหลวงแพ่ง จังหวัดฉะเชิงเทรา

Design and Performance Evaluation of a Rice Straw Chopper for
Enhancing Agricultural Waste Processing Efficiency in Paper Production
in Khlong Luang Phaeng Sub-District Chachoengsao Province

กาหลง บัวนาค¹, นรินทร์ กุลนาคดล¹, ชัชวาล นิมโรธรม¹ และ สุรพงษ์ แก่นมณี^{2*}
Kalong Buanak¹, Narin Koolnapadol¹, Chatchawal Nimrotham¹, and Surapong Keanmanee^{2*}

¹สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลยานยนต์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์

²สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์

¹Department of Automotive Mechanical Engineering, Faculty of Industrial Technology, Rajabhat Rajanagarindra University

²Department of Electrical Engineering, Faculty of Industrial Technology, Rajabhat Rajanagarindra University

Email: surapong@techno.rru.ac.th

Received: November 3, 2025; Revised: April 22, 2026; Accepted: April 24, 2026

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนานวัตกรรมเครื่องสับฟางข้าว เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตกระดาษจากฟางข้าวของชุมชนคลองหลวงแพ่ง จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยการออกแบบและสร้างเครื่องสับฟางข้าวต้นแบบขนาด 1.5 แรงม้า การประเมินสมรรถนะเปรียบเทียบระหว่างค่าอ้างอิงของวิธีการสับแบบเดิม (การใช้มีดสับด้วยแรงงานคน) กับการทดลองโดยใช้เครื่องสับฟางข้าว ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าเครื่องสับฟางข้าวต้นแบบสามารถลดเวลาในการเตรียมวัตถุดิบลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าเฉลี่ยลดลงจาก 23.33 นาทีต่อกิโลกรัม เหลือ 1.21 นาทีต่อกิโลกรัม ในขณะที่พบการสูญเสียมวลฟางเพิ่มขึ้นเป็น 99.09 กรัม หรือร้อยละ 9.91 ของปริมาณฟางเริ่มต้น จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้เครื่องสับฟางข้าวสามารถแก้ไขปัญหาในการเตรียมวัตถุดิบที่เป็นปัญหาคอขวด ทำให้บรรลุเป้าหมายในการเพิ่มอัตราการผลิตได้เป็นอย่างดี เป็นการยกระดับความสามารถในการแปรรูปวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร อย่างไรก็ตาม ผลการสูญเสียวัสดุที่เพิ่มขึ้น เป็นประเด็นสำคัญสำหรับการพัฒนาการออกแบบเครื่องสับในอนาคต เพื่อให้ได้ระบบการแปรรูปที่มีประสิทธิภาพสูงสุดทั้งในด้านเวลาและการใช้ทรัพยากร

คำสำคัญ : การผลิตกระดาษ, เครื่องสับฟางข้าว, วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

Abstract

This research aims to develop a rice straw chopper innovation to enhance the efficiency of rice straw paper production within the Khlong Luang Phaeng community, Chachoengsao Province. The methodology involved the design and fabrication of a 1.5 horsepower rice straw chopper prototype, followed by a performance evaluation comparing the reference baseline of the conventional chopping method with experimental results obtained from the prototype. The results show that the prototype machine significantly decreased raw material preparation time, with the average duration decreasing from 23.33 minutes per kilogram to 1.21 minutes per kilogram. Concurrently, an increase in straw mass loss was observed, totaling 99.09 grams, or 9.91 percent of the initial straw volume. The experimental results

unequivocally indicate that the implementation of the rice straw chopper effectively resolves the raw material preparation bottleneck, successfully achieving the goal of increasing the production rate and elevating the overall capability for processing agricultural waste. However, the increased material loss presents a critical consideration for the future development of the chopper's design, necessary to attain a processing system that maximizes efficiency in both time and resource utilization.

Keywords : Paper Production, Rice Straw Chopper, Agricultural Waste

1. บทนำ

จังหวัดฉะเชิงเทรามีพื้นที่ทั้งหมด 3,344,375 ไร่ เป็นพื้นที่เกษตรกรรม 2,316,913 ไร่ (69.25 % ของพื้นที่ทั้งหมด) เป็นพื้นที่นา 721,818 ไร่ พืชไร่ 274,401 ไร่ ไม้ผล 84,754 ไร่ ไม้ยืนต้น 837,818 พืชสวน 5,411 ไร่ ประมง 327,319 ไร่ ปศุสัตว์ 19,888 ไร่ และพื้นที่เกษตรกรรมอื่น ๆ 504 ไร่ [1] พื้นที่ตำบลคลองหลวงแพ่ง อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา เป็นพื้นที่เกษตรกรรมที่มีประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพหลักคือ การปลูกข้าว โดยมีพื้นที่ทำข้าวนาปีและนาปรังประมาณ 10,210 ไร่ [2] ในฤดูกาลเก็บเกี่ยวจะมีฟางข้าวเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในปริมาณมาก แม้ฟางข้าวจะเป็นทรัพยากรที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์และจำหน่ายได้ แต่ปัจจุบันยังคงมีราคาจำหน่ายต่ำ จากการสำรวจพบว่า รายได้จากการจำหน่ายผลผลิตข้าวต่อพื้นที่ 1 ไร่ จะสามารถทำฟางอัดก้อนจำนวน 35 ก้อน จำหน่ายในราคาก่อนละ 10 บาท จึงมีแนวโน้มที่ฟางข้าวจะถูกกำจัดด้วยวิธีการเผาทำลาย ซึ่งเป็นการทำลายโครงสร้างดิน ทำลายธาตุอาหารในดิน ทำให้ดินเป็นกรดมากขึ้น ทำลายสิ่งมีชีวิตที่มีประโยชน์ในดิน ทำให้เกิดฝุ่นควันและก๊าซพิษ [3] ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของคนในชุมชน

องค์การบริหารส่วนตำบลคลองหลวงแพ่ง จังหวัดฉะเชิงเทราตระหนักถึงศักยภาพของฟางข้าว จึงได้ริเริ่มแนวคิดในการแปรรูปฟางข้าวเป็นกระดาษและเยื่อกระดาษ เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มและเป็นอาชีพเสริมให้กับคนในท้องถิ่น อย่างไรก็ตามจากการดำเนินการผลิตกระดาษที่ผ่านมาพบว่าปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ (การตัดและสับฟางข้าว) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ต้องใช้เครื่องมือพื้นฐาน เช่น มีดหรือเครื่องมือที่ต้องใช้แรงกายสูง ปัญหาเหล่านี้ส่งผลกระทบโดยทำให้เกิดความล่าช้าในการดำเนินงาน จึงไม่สามารถผลิตในปริมาณมากพอสำหรับจำหน่ายเชิงพาณิชย์ และไม่สามารถต่อยอดให้เกิดรายได้ในครัวเรือน นำไปสู่ความเสียหายที่โครงการจะไม่สามารถดำเนินต่อไปได้อย่างต่อเนื่องและยั่งยืน เพื่อหาแนวทางการแก้ไข ปัญหา คณะผู้วิจัยจึงได้วิเคราะห์ปัญหาทั้ง 2 ด้าน ได้แก่

- ด้านประสิทธิภาพและการจัดการ เมื่อเกิดความล่าช้าในขั้นตอนการสับฟางข้าว จะทำให้เกิดปัญหากลายเป็นคอขวดในกระบวนการผลิต ทำให้ไม่สามารถขยายกำลังการผลิตเพื่อรองรับความต้องการของตลาดได้

- ด้านความยั่งยืนของโครงการ หากกระบวนการผลิตขาดเครื่องมือทุนแรง อาจทำให้กลุ่มผู้ผลิตถอดใจ ซึ่งจะนำไปสู่การยุติโครงการในที่สุด

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง พบว่าที่ผ่านมามีการพัฒนาเครื่องตัดและสับฟางข้าวเพื่อแก้ไขปัญหาการจัดการวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอย่างต่อเนื่อง ดังเช่นงานวิจัยของปณณวิชญ์ ทองคำ และคณะ [4] ซึ่งได้ออกแบบและสร้างเครื่องตัดฟางข้าวซึ่งประกอบด้วยชุดโครงสร้าง ชุดป้อนลำเลียง ชุดใบมีดตัด โดยใช้มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า ทำการทดสอบความเร็วของใบมีด 3 ระดับ และมุมของใบมีด 3 มุม ผลการทดลองดีที่สุดที่ความเร็วใบมีด 7.80 เมตรต่อวินาที มุมใบมีด 45 องศา พบว่าเครื่องตัดสามารถทำงานได้มากกว่าแรงงานคน 6.7 เท่า ซึ่งมีความโดดเด่นในด้านกำลังการผลิต ในขณะที่อิริช ลีตระกูล และคณะ [5] ได้สร้างเครื่องสับฟางข้าวที่มุ่งเน้นกำลังการผลิตเพื่อรองรับปริมาณฟางจำนวนมาก โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 3 แรงม้า ชุดสับใบมีด 120 องศา หมุนด้วยความเร็ว 1,400 รอบต่อวินาที พร้อมชุดป้อนวัสดุ พูลเล่ย์และสายพาน ตะแกรงร่อน ฝาครอบเครื่องและถาดคายวัสดุ ทดสอบประสิทธิภาพเครื่องสับโดยการคำนวณน้ำหนักฟางข้าวหลังสับเทียบกับก่อนสับคิดเป็นร้อยละ ซึ่งผลการทดสอบพบว่าเครื่องมีประสิทธิภาพเฉลี่ยมากกว่าร้อยละ 80 และได้รับผลการประเมินภาพรวมจากผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับดีมาก อย่างไรก็ตาม เครื่องจักรที่พัฒนาขึ้นก่อนหน้านี้รวมไปถึงเครื่องสับฟางข้าวเชิงพาณิชย์ที่มีจำหน่ายทั่วไปส่วนมากมักมุ่งเน้นที่ปริมาณผลผลิตสูงสุด มีกลไกการทำงานซับซ้อน โครงสร้างขนาดใหญ่ หรือใช้ต้นกำลังขนาดใหญ่ เพื่อมุ่งเน้นสมรรถนะและปริมาณผลผลิตต่อชั่วโมงเป็นหลัก และมีราคาสูง ซึ่งอาจไม่สอดคล้องกับบริบทของวิสาหกิจชุมชนขนาดเล็กที่มีข้อจำกัดด้านงบประมาณ ทำให้เกิดช่องว่างในการพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมที่เน้นความประหยัด สะดวกในการใช้งาน ลดภาระทางกายภาพควบคู่ไปกับประสิทธิภาพการทำงานที่เพียงพอต่อการผลิต

จากการวิเคราะห์ปัญหาดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงมีกรอบแนวคิดในการสร้างเครื่องสับฟางข้าวและประเมินประสิทธิภาพของนวัตกรรมต่อการลดภาระแรงงานและเพิ่มผลผลิต เพื่อให้สามารถเพิ่มผลผลิต ใช้งานได้ง่าย และคำนึงถึงหลักการยศาสตร์ เป็นเครื่องที่สามารถบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงได้ง่าย หลักการทำงานไม่ซับซ้อน และสามารถหาอะไหล่สำรองได้ในท้องตลาด โดยคณะผู้วิจัยมีความคาดหวังว่าเครื่องสับฟางข้าวจะสามารถเพิ่มผลผลิตในการทำกระดาษจากฟางข้าว เพื่อจำหน่ายเป็นรายได้เสริม เป็นการเสริมสร้างความเข้มแข็งของเศรษฐกิจฐานรากและคุณภาพชีวิตของประชากรในชุมชนอย่างยั่งยืนต่อไป

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

2.1 การวิเคราะห์ปัญหาในกระบวนการผลิต

กลุ่มผู้ผลิตกระดาษในตำบลคลองหลวงแพ่งมีความคาดหวังในการช่วยแก้ปัญหาการจำหน่ายฟางข้าวในราคาถูก และปัญหาการกำจัดวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรได้ อีกทั้งยังมีแนวคิดในการขึ้นรูปกระดาษเป็นบรรจุภัณฑ์เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าของวัสดุ การมีเป้าหมายในการจำหน่ายเชิงพาณิชย์ จำเป็นต้องมีกำลังการผลิตสูงที่สูงขึ้น รูปที่ 1 แสดงกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษและผลิตภัณฑ์กระดาษ ซึ่งประกอบด้วย การสับฟางข้าว โดยใช้มีดสับให้ได้ความยาว 2-5 เซนติเมตร แล้วนำไปแช่สารละลายต่าง 1.25% (โซดาไฟ 187-188 กรัม ต่อน้ำ 15 ลิตร) รูปที่ 1(ก) แสดงกระบวนการต้มฟางซึ่งใช้เวลา 1 ชั่วโมง โดยกวนเป็นระยะ จะได้ฟางที่พร้อมเข้าสู่กระบวนการตีเยื่อดังแสดงในรูปที่ 1(ข) จากนั้นนำไปตีเยื่อฟางโดยเครื่องปั่น และเข้าสู่กระบวนการขึ้นรูปแผ่นกระดาษ รูปที่ 1(ค) และ 1(ง) จะได้แผ่นกระดาษที่สามารถนำไปประดิษฐ์หรือทำบรรจุภัณฑ์ต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 1(จ) และ 1(ฉ)

จากการศึกษาปัญหาในการผลิต เกิดขึ้นในขั้นตอนการเตรียมฟางข้าว ขั้นตอนการต้ม และการตีเยื่อฟาง ซึ่งผู้วิจัยมีแนวคิดในการยกระดับกระบวนการเตรียมฟางข้าว หรือ การสับฟางข้าว ซึ่งเป็นขั้นตอนแรกของการผลิต เนื่องจากหากขั้นตอนการเตรียมเกิดปัญหาเป็นคอขวด (Bottleneck) ซึ่งหมายถึง กระบวนการที่จำกัดผลผลิตของทั้งระบบ มีรอบเวลาช้าที่สุด หรือกำลังการผลิตต่ำที่สุด ทำให้เกิดเวลาสูญเสียเปล่า หรือเกิดงานสะสมที่ขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง จะทำให้กระบวนการผลิตทั้งระบบต้องหยุดชะงักและล่าช้าตามไปด้วย [6] ทำให้ไม่สามารถเริ่มกระบวนการผลิตขึ้นต่อไปได้ ในกรณีของการผลิตกระดาษด้วยฟางข้าว ขั้นตอนการสับฟางข้าวด้วยมีดมีความล่าช้าและอาจทำให้เกิดความเมื่อยล้า โดยเฉพาะในกรณีที่ต้องสับในปริมาณมาก หากขั้นตอนนี้ใช้

ระยะเวลานานในการเตรียมจะทำให้ไม่สามารถดำเนินการในขั้นต่อไปได้



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)



(จ)



(ฉ)

รูปที่ 1 กระบวนการผลิตกระดาษจากฟางข้าวและผลิตภัณฑ์

2.2 การออกแบบและสร้างนวัตกรรม

2.2.1 การออกแบบโครงสร้างและส่วนประกอบ

การออกแบบเครื่องสับฟางข้าวคำนึงถึงหลักการยศาสตร์ เนื่องจากหากเครื่องจักรและเครื่องมือเครื่องใช้ที่ถูกออกแบบมาไม่เหมาะสมกับสภาพร่างกายของผู้ใช้ ไม่สอดคล้องกับความแตกต่างและข้อจำกัดของมนุษย์ ตลอดจนท่าทางการทำงานที่ผิดธรรมชาติ อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อการทำงานได้ โดยแบ่งเป็น 2 ลักษณะ ประกอบด้วย ผลกระทบต่อผู้ปฏิบัติงาน และผลกระทบต่อปริมาณและคุณภาพของงาน [7]

การออกแบบจึงเน้นการปรับปรุงจุดที่มีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้งาน เช่น การป้อน การควบคุม และความสูง รายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ออกแบบฐานให้มีความมั่นคงโดยใช้โครงสร้างเหล็กให้มีจุดศูนย์ถ่วงต่ำ ป้องกันการลื่นสะเทือนในขณะที่ทำงาน
2. ความสูงของช่องป้อนฟางออกแบบให้อยู่ในระดับเอวถึงข้อศอกของผู้ใช้งานทั่วไป โดยสูงจากพื้น 100-110 เซนติเมตร ป้องกันการก้มหลังที่มากเกินไป และทำให้การ

- ขั้นตอนการหยุดทำงาน โดยแบ่งเป็นการหยุดปกติ โดยการกดปุ่ม STOP → ตัดวงจรควบคุม → Coil ไม่มีแรงดัน → Contacts เปิด → มอเตอร์หยุด ส่วนการหยุดฉุกเฉินเมื่อเกิดกระแสไฟฟ้าเกินปกติ Thermal Overload Relay จะตรวจจับความร้อนที่สูงขึ้นและจะสั่งตัดการทำงานของวงจรควบคุม ทำให้วงจรหลักที่จ่ายไฟให้มอเตอร์ถูกตัด ส่งผลให้มอเตอร์หยุดการทำงาน

รูปที่ 4 แสดงการประกอบส่วนถึงบรรจุกับมอเตอร์ และภาพเครื่องสับฟางข้าวที่เสร็จสมบูรณ์



รูปที่ 4 เครื่องสับฟางข้าว

2.3 การทดสอบและประเมินสมรรถนะเครื่องสับฟางข้าว

การทดสอบและประเมินสมรรถนะเชิงกลไกของเครื่องสับ ด้วยการทดลองใช้เครื่องสับในสถานการณ์จริงโดยเทียบกับวิธีการสับแบบเดิม การวิเคราะห์ข้อมูลประกอบด้วย

1. ปริมาณฟางข้าวที่สูญเสีย โดยพื้นที่ทดลองเป็นที่โล่งไม่มีสิ่งกีดขวาง เพื่อให้สามารถเก็บเศษฟางข้าวที่ฟุ้งกระจายได้ทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 5 น้ำหนักฟางข้าวเริ่มต้นที่ใช้ในการทดลอง 1,000 กรัม (W_{in}) ทำการสับจนกว่าจะได้รับความยาวของฟางข้าวที่ต้องการ (ไม่เกิน 5 เซนติเมตร) ซึ่งน้ำหนักฟางข้าวที่ถูกสับ (W_{out}) ทำการทดลอง 5 ครั้ง หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) เปรียบเทียบอัตราการสูญเสียต่อการสับในแต่ละครั้งกับค่าอ้างอิงของระบบการผลิตแบบเดิม โดยอัตราฟางข้าวที่สูญเสียคิดเป็นร้อยละดังสมการที่ (1)

$$Mass\ Loss\ (\%) = \left(\frac{W_{in} - W_{out}}{W_{in}} \right) \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ W_{in} คือ น้ำหนักฟางข้าวเริ่มต้น (กรัม)

W_{out} คือ น้ำหนักฟางข้าวที่ผ่านการสับ (กรัม)

ค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน (Coefficient of variation, CV) ใช้ในการเปรียบเทียบการกระจายของข้อมูลชุดต่าง ๆ ซึ่งมีค่าเท่ากับอัตราส่วนระหว่างส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) กับค่าสัมบูรณ์ของค่าเฉลี่ย (Mean) ดังแสดงในสมการที่ (2)

$$Coefficient\ of\ variation\ (CV) = \frac{SD}{Mean} \quad (2)$$

เมื่อ CV คือ ค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน

SD คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

Mean คือ ค่าสัมบูรณ์ของค่าเฉลี่ย

หากข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันสูง จะแสดงให้เห็นว่าข้อมูลชุดนั้นมีการกระจายตัวสูงมากซึ่งทำให้เกิดความน่าเชื่อถือในข้อมูลน้อยหรืออาจมีค่าผิดปกติ ในทำนองเดียวกันหากข้อมูลชุดใดมีการกระจายน้อยกว่าย่อมดีกว่าข้อมูลที่มีการกระจายมาก [8] โดยทั่วไปไม่ควรให้ค่านี้เกินร้อยละ 10 [9]

2. ระยะเวลาที่ใช้ในการสับ ทดสอบการสับฟางข้าว 1,000 กรัม โดยจับเวลาเป็นนาที ตั้งแต่เริ่มป้อนฟางข้าวเข้าเครื่องจนกระทั่งฟางที่ถูกตัดออกจากเครื่องทั้งหมด เปรียบเทียบระยะเวลาของการสับในแต่ละครั้งกับค่าอ้างอิงของระบบการผลิตแบบเดิม



รูปที่ 5 การทดสอบเครื่องสับฟางข้าว

3. อัตราการสิ้นเปลืองไฟฟ้า คำนวณได้จากการสมการที่ (3) [10]

$$P = \frac{IVt}{1000} \quad (3)$$

เมื่อ P คือ การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (kW-hr)

I คือ กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)

V คือ แรงเคลื่อนไฟฟ้า (โวลต์)

t คือ เวลา (ชั่วโมง)

3. ผลการวิจัย

3.1 ผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องสับฟางข้าว

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองแสดงในตารางที่ 1 ในด้านปริมาณความสูญเสียของฟางข้าว พบว่าในการตัดฟางข้าวปริมาณ 1,000 กรัม เมื่อเทียบกับค่าอ้างอิงที่ใช้วิธีตัดด้วยมีด จะได้ฟางข้าวที่มีความยาวตามที่ต้องการ 980.00 กรัม ฟางข้าวที่สูญเสียไป 20.00 กรัม คิดเป็นร้อยละ 2.00 ซึ่งเกิดจากการฟุ้งกระจายในกรรมวิธีการสับ เมื่อเทียบกับการใช้เครื่องสับที่จะได้ฟางข้าวที่ 900.91 กรัม ฟางข้าวที่สูญเสียไป 99.09 กรัม คิดเป็นร้อยละ 9.91 ซึ่งมากกว่าการสับแบบวิธีเดิมร้อยละ 7.91 ทั้งนี้เนื่องจากในระหว่างการทำทดลองมีฟางข้าวที่ถูกสับละเอียดจนกลายเป็นผง และมีการฟุ้งกระจายออกนอกภาชนะขณะสับ และบางส่วนตกค้างอยู่ใต้ใบมีดภายในถังบรรจุ ค่า SD อยู่ที่ 8.72

การเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการสับฟางข้าว ค่าอ้างอิงที่ใช้วิธีตัดด้วยมีดจะใช้เวลาเฉลี่ย 23.33 นาที ส่วนการใช้เครื่องสับใช้เวลาเฉลี่ยเพียง 1.21 นาที แสดงให้เห็นว่า การใช้เครื่องสับสามารถลดเวลาการทำงานลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยลดลงจาก 23.33 นาทีต่อกิโลกรัม เหลือ 1.21 นาทีต่อกิโลกรัม ซึ่งลดระยะเวลาที่ใช้ในการสับฟางลงได้ถึงร้อยละ 94.81 แสดงถึงกำลังการผลิตต่อหน่วยเวลาที่เพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก ค่า SD ของเครื่องสับเท่ากับ 0.12 ถือว่ามีค่าน้อยเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ย แสดงให้เห็นว่าเครื่องสับมีความสม่ำเสมอในการทำงานสูง

ตารางที่ 1 ข้อมูลฟางข้าวที่สูญเสียไปในกระบวนการสับและเวลาที่ใช้ในการสับฟางข้าว 1,000 กรัม

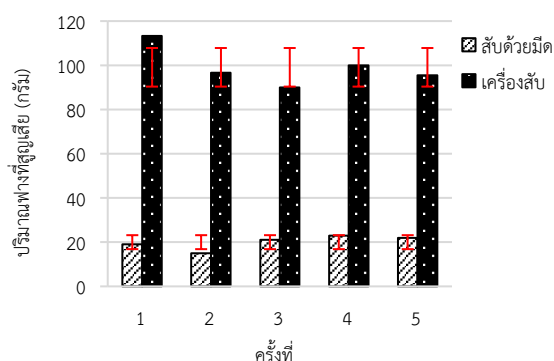
ครั้งที่	ปริมาณฟางข้าวที่สูญเสีย (กรัม)		เวลาที่ใช้ในการสับ (นาที)	
	สับด้วยมีด	เครื่องสับ	สับด้วยมีด	เครื่องสับ
1	19.00	113.33	20.05	1.00
2	15.00	96.67	22.05	1.30
3	21.00	90.00	23.50	1.30
4	23.00	100.00	25.45	1.20
5	22.00	95.50	25.59	1.25
เฉลี่ย	20.00	99.00	23.33	1.21
SD	3.06	12.02	2.35	0.12

รูปที่ 6 แสดงปริมาณฟางข้าวที่สูญเสียในกระบวนการสับเปรียบเทียบระหว่างการใช้วิธีเดิมคือการสับด้วยมีดและการใช้เครื่องสับ แกน x แสดงจำนวนครั้งที่ใช้ในการทดลอง แกน y แสดงปริมาณฟางข้าว (กรัม) จากภาพแสดงให้เห็นว่า

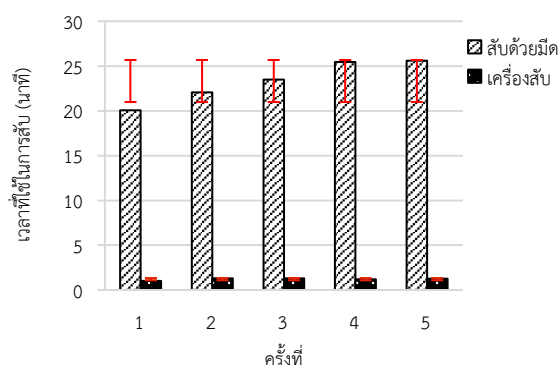
การใช้เครื่องสับจะมีปริมาณฟางข้าวที่สูญเสียมีมวลสูงขึ้นมาเมื่อเทียบกับการใช้วิธีเดิม แถบความคลาดเคลื่อนในกราฟแท่งแสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของข้อมูลรอบค่าเฉลี่ย จากรูปการทดลองหาความสูญเสียโดยใช้เครื่องสับมีแถบความคลาดเคลื่อนยาวกว่าของเวลา (SD=12.02) ซึ่งหมายถึงข้อมูลมีความแปรปรวนมากกว่า มีความแม่นยำและความสม่ำเสมอต่ำกว่า แต่ยังคงอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ สำหรับการทดลองในสภาพแวดล้อมที่ใกล้เคียงกับการใช้งานจริง

รูปที่ 7 แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการสับจะเห็นได้ว่าเวลาในการสับลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ในกรณีเครื่องสับฟางค่า SD ที่ 0.12 แสดงแถบความคลาดเคลื่อนที่สั้นมาก แสดงให้เห็นว่าเครื่องสับช่วยลดความแปรปรวนของเวลาในการทำงานได้จริง ทำให้ผลผลิตมีความสม่ำเสมอมากขึ้น

อย่างไรก็ตามค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน (CV) ของข้อมูลปริมาณฟางข้าวที่สูญเสีย และระยะเวลาที่ใช้ในการสับของการใช้เครื่องสับที่มีค่าเท่ากับ 12.14 และ 10.29 ตามลำดับ แสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของข้อมูลแต่อยู่ในเกณฑ์ที่ไม่สูงมาก ชี้ให้เห็นว่าข้อมูลมีความน่าเชื่อถือ ซึ่งสาเหตุของการกระจายตัวของข้อมูลอาจเกิดจากวิธีการทดสอบ หรือจำนวนครั้งในการทดสอบ



รูปที่ 6 ปริมาณฟางข้าวที่สูญเสียในกระบวนการสับ



รูปที่ 7 ระยะเวลาที่ใช้ในการสับ

นอกจากระยะเวลาที่ลดลงแล้ว เมื่อพิจารณาลักษณะทางกายภาพของฟางข้าว พบว่าฟางข้าวที่ผ่านเครื่องสับมีขนาดเล็ก สมำเสมอ และเส้นใยแตกตัวได้ดีกว่าการสับด้วยมีด ซึ่งลักษณะดังกล่าวส่งผลต่ออย่างยิ่งต่อกระบวนการผลิตในขั้นตอนต่อไป เนื่องจากช่วยลดระยะเวลาในการต้มและทำให้การตีเยื่อกระดาษละเอียดและเป็นเนื้อเดียวกันได้ง่ายขึ้น

3.2 อัตราการสิ้นเปลืองไฟฟ้า

ในกรณีสับฟาง 1 กิโลกรัม โดยใช้เวลา 1.21 นาที หรือ 0.02017 ชั่วโมง กำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ 1 เฟส 220 โวลต์ 1.5 แอมป์ เท่ากับ 1119 วัตต์ กระแสไฟฟ้าเท่ากับ 5.09 แอมแปร์ จะสามารถคำนวณอัตราการสิ้นเปลืองไฟฟ้าได้ 0.0225 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

3.3 ผลกระทบด้านประสิทธิภาพและการจัดการ

1. ลดภาระแรงงาน เนื่องมาจากการลดเวลาสับฟางลงจาก 23.33 นาทีต่อกิโลกรัม เหลือ 1.21 นาทีต่อกิโลกรัม คิดเป็นการลดของเวลาลงร้อยละ 94.81 ซึ่งจะช่วยลดความเสี่ยงของอาการบาดเจ็บจากการทำงานซ้ำซาก

2. เพิ่มความปลอดภัย การใช้เครื่องจักรแทนการใช้มีดช่วยลดความเสี่ยงของการบาดเจ็บจากอุบัติเหตุเฉียบพลัน

3. เพิ่มความสามารถในการผลิต ด้วยเวลาที่ลดลงอย่างมากในการสับ จะทำให้สามารถผลิตกระดาษได้ในปริมาณที่สูงขึ้นในระยะเวลาเท่าเดิม ทำให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการเชิงพาณิชย์ได้

4. การดำรงอยู่ของกลุ่มอาชีพ การใช้เครื่องจักรทำให้สามารถทำงานต่อไปได้นานขึ้นและมีประสิทธิภาพมากขึ้น ทำให้โครงการมีความยั่งยืนทางสังคมและเศรษฐกิจ

4. สรุปผลและอภิปรายผล

1. เครื่องจักรต้นแบบสามารถลดเวลาในการเตรียมวัตถุดิบลงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งแสดงถึงการยกระดับประสิทธิภาพการแปรรูปวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ถือเป็น การแก้ปัญหาคอขวดในสายการผลิตได้เป็นอย่างดี

2. แม้ว่าปริมาณฟางข้าวที่สูญเสียจะเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 2.00 เป็นร้อยละ 9.91 จำเป็นต้องมีการปรับปรุงเครื่องจักร โดยอาจมีการออกแบบเพิ่มเติม เช่น การเพิ่มฝาครอบหรือกลไกการเก็บฝุ่นผงจากการสับ หรือการทำตะแกรงเสริมใต้ใบมีด เพื่อไม่ให้ฟางข้าวลงไปติดอยู่ใต้ใบมีด ทำให้ใบมีดสับฟางข้าวได้ดีขึ้น อย่างไรก็ตามในมุมมองทางเศรษฐศาสตร์ การสูญเสียวัตถุดิบเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 9.91 จากการใช้เครื่องสับ เมื่อเทียบกับการที่สามารถลดเวลาการเตรียมวัตถุดิบได้ถึงร้อยละ 94.81 ยังถือว่าเป็นผลลัพธ์ที่คุ้มค่า อีกทั้งฟางข้าวเป็นวัสดุเหลือทิ้งที่มีราคาต่ำ การสูญเสียในปริมาณดังกล่าว

จึงไม่สร้างความเสียหายทางเศรษฐกิจมากเท่ากับการสูญเสียเวลาและสุขภาพของแรงงานในชุมชน

3. เครื่องสับฟางข้าวมีการสิ้นเปลืองไฟฟ้า แต่สามารถทำให้กระบวนการผลิตประหยัดเวลาร้อยละ 94.81 ทำให้ต้นทุนรวมของแรงงานลดลงอย่างมาก ซึ่งส่งผลให้ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องสับสูงขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้รับความร่วมมือจากหลายหน่วยงาน ในการนี้ผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏราชชนครินทร์ที่สนับสนุนด้านงบประมาณ ขอขอบคุณองค์การบริหารส่วนตำบลคลองหลวงแพ่ง อำเภอเมืองจังหวัดฉะเชิงเทรา ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านข้อมูล สภาพปัญหาและความต้องการ ทำให้เกิดแนวคิดในการพัฒนา งานวิจัย และบุคคลทุกฝ่ายที่มีส่วนร่วมมา ณ โอกาสนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Chachoengsao Provincial Agriculture and Cooperatives Office. Basic provincial information used to support official inspections and mobile cabinet meetings. [Online]. (2025). [Cited June 15, 2025]. Available: <https://www.opsmoac.go.th/chachoengsao-dwl-files-471391791050> (in Thai)
- [2] Khlong Luang Phaeng Subdistrict Administrative Organization. General condition information. [Online]. (2025). [Cited June 15, 2025]. Available: <https://klongluangpanag.go.th/public/list/data/index/menu/1144> (in Thai)
- [3] Plant Protection Group, Phichit Provincial Agriculture Office. Negative effects caused by rice straw burning. [Online]. (2024). [Cited January 10, 2025]. Available: <https://url.in.th/LsHRT> (in Thai)
- [4] P. Thongkham, J. Langkapin, R. Kalsirisilp and S. Parnsakhorn, "Design and Fabrication of Straw Cutting Machine," Srinakharinwirot University Engineering Journal, vol. 17, no. 2, pp. 31-41, 2022. (in Thai)
- [5] A. Leetrakool, J. Pitpeng, W. Vanpetch and A. Wannakayont, "Creation and Testing The Efficiency of The Rice Straw Chopper," Industrial Technology Journal, vol. 9, no. 1, pp. 126-139, 2024. (in Thai)

- [6] S. Sangsana. Bottleneck. [Online]. (2021). [Cited January 10, 2025]. Available: <https://goterrestrial.com/2021/01/18/bottleneck/> (in Thai)
- [7] P. Boriboonsuksri. Ergonomics or human factors engineering or human Factors Engineering. [Online]. (2020). [Cited May 15, 2024]. Available: <https://www.ohswa.or.th/17533379/ergonomics> (in Thai)
- [8] W. Suriyachatkul. Study on the efficiency of the sample coefficient of variation. [Online]. (2011). [Cited June 15, 2025]. Available: <https://www.lib.buu.ac.th/st/ST0002607.pdf> (in Thai)
- [9] V. Senasing. What does C.V.%. [Online] (2019). [Cited July 10, 2025]. Available: <https://www.scimath.org/article-mathematics/item/10626-c-v>. (in Thai)
- [10] H. W. Beaty, Handbook of Electric Power Calculations, 3rd ed., New York: McGraw-Hill, 2001.