บทความวิจัย

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เครื่องสีข้าวขนาดเล็กระดับชุมชน

ปิยะพงษ์ ศรีวงษ์ราช* และ ศักดา อินทรวิชัย
ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ธัญญะ เกียรติวัฒน์
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 08 1940 9903 อีเมล: agrpyp@ku.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2019.01.005
รับเมื่อ 9 พฤษภาคม 2561 แก้ไขเมื่อ 6 ธันวาคม 2561 ตอบรับเมื่อ 18 ธันวาคม 2561 เผยแพร่ออนไลน์ 31 มกราคม 2562
© 2019 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือการวิเคราะห์ค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องสีข้าวขนาดเล็กที่คณะผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น โดยเครื่องสีข้าวที่พัฒนาขึ้นมีหลักการทำงาน คือ การทำความสะอาด การสี การขัดขาว และการคัดขนาด ตลอดจนสามารถสีข้าวเปลือกให้เป็นข้าวกล้อง ข้าวซ้อมมือ และข้าวขาวได้ตามความต้องการของผู้บริโภค จากการทดสอบเครื่องสีข้าว สีข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่มีความชื้นไม่เกิน 14% พบว่าเครื่องสีข้าวมีความสามารถในการสีข้าวเปลือกเท่ากับ 100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพการสีข้าวเท่ากับ 66% และประสิทธิผลการสีข้าวเท่ากับ 42% สำหรับจากการพิจารณาค่าต้นทุนคงที่และค่าต้นทุนแปรผันของการใช้งานเครื่องสีข้าว ในกรณีที่ขายผลผลิตจากการสีข้าวได้ทั้งหมด ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าจุดคุ้มทุนในการสีข้าวกล้องและการสีข้าวขาวเท่ากับ 1,103.76 และ 6,259.08 กิโลกรัมข้าวเปลือกต่อปี ตามลำดับ และระยะเวลาในการคืนทุนของเครื่องสีข้าว ในกรณีสีข้าวกล้องจำหน่าย และสีข้าวขาวจำหน่ายมีค่าเท่ากับ 262.56 และ 1,537 ชั่วโมง ตามลำดับ

คำสำคัญ: เครื่องสีข้าว, ข้าวกล้อง, ลูกยางกะเทาะ

การอ้างอิงบทความ: ปิยะพงษ์ ศรีวงษ์ราช ศักดา อินทรวิชัย และ ธัญญะ เกียรติวัฒน์, "การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เครื่องสีข้าวขนาดเล็กระดับชุมชน," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 29, ฉบับที่ 2, หน้า 237–246, เม.ย.–มิ.ย. 2562.

Research Article

Economic Analysis of Community Level Small Rice Mill

Piyapong Sriwongras* and Sakda Intaravichai
Department of Farm Mechanics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, Thailand
Thanya Kiatiwat
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University, Bangkok, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 08 1940 9903, E–mail: agrpyp@ku.ac.th
DOI: 10.14416/j.kmutnb.2019.01.005
Received 9 May 2018; Revised 6 December 2018; Accepted 18 December 2018; Published online: 31 January 2019
© 2019 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

The objective of present project is focused on analyzing economic of the developed rice mill. The components of developed rice mill mainly consisted of cleaning system, husking system polishing system and sorting system. The machine is able to mill paddy to brown rice, semi-milled rice, and white rice depending on the needs of consumers freely. From result of testing the machine by milling Khao Dawk Mali 105 paddy which has its moisture content not more than 14%, it was found that a capacity of a developed machine is equal to 100 kg of paddy per hour, a rice milling performance of the machine is about 66%, and rice milling effectiveness of the machine is 42%. For economic analysis of rice mill developed, consideration of fixed cost and variable cost in using the machine was, in case of selling all products from rice milling process to customers completely, reported that Break-even Point of the machine in milling brown rice and white rice were 1,103.76 and 6,259.08 kilogram of paddy/year, respectively, and Payback Period of the machine in selling brown rice and white rice to buyers were equal to 262.56 and 1,537 hours, respectively.

Keywords: Rice Mill, Brown Rice, Roller Rubber

Please cite this article as: P. Sriwongras, S. Intaravichai, and T. Kiatiwat, "Economic analysis of community level small rice mill," *The Journal of KMUTNB*, vol. 29, no. 2, pp. 237–246, Apr.–Jun. 2019 (in Thai).

1. บทนำ

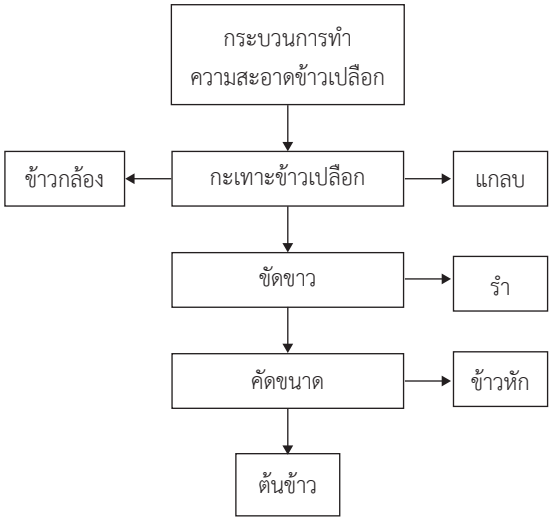
ข้าวจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีผลผลิตต่อปีมากที่สุดของประเทศไทย ปัจจุบันพบว่ามีเกษตรกรผู้ปลูกข้าวจำนวน 3.7 ล้านครัวเรือน หรือร้อยละ 66 ของเกษตรกรในประเทศ ในขั้นตอนการสีข้าวเกษตรกรจะนำข้าวเปลือกไปสีให้เป็นข้าวสารที่โรงสีประจำท้องถิ่นที่รับจ้างสีข้าว ทำให้เกษตรกรมีค่าใช้จ่ายสูงในการขนส่งข้าวเปลือกไปยังโรงสีและค่าใช้จ่ายในการจ้างสีข้าว ดังนั้นเพื่อหาวิธีการลดค่าใช้จ่ายให้เกษตรกร เครื่องสีข้าวขนาดเล็กจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่เกษตรกรสามารถลดต้นทุนในการแปรรูปข้าวด้วยการสีข้าวเอง ปัจจุบันได้มีนักวิจัยจำนวนหนึ่งพัฒนาเครื่องสีข้าวขนาดเล็กกันอย่างต่อเนื่อง Apinun *et al*. [1] ได้พัฒนาเครื่องสีข้าวกล้องชนิดลูกยางคู่และทำการทดสอบความเร็วในการหมุนทำงานของลูกยางคู่ที่ความเร็วรอบต่างๆ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเมื่อลดความเร็วรอบของลูกยางกะเทาะให้น้อยลงจะทำให้อัตราการทำงาน อัตราการกะเทาะและปริมาณแกลบที่ได้ลดลง แต่จะทำให้ได้รับปริมาณต้นข้าวเพิ่มขึ้น Surin *et al*. [2] ได้ทำการประยุกต์ใช้ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์มาควบคุมการทำงานของเครื่องสีข้าวขนาดเล็กสำหรับครัวเรือน จากการทดสอบพบว่าความเร็วรอบมอเตอร์ที่เหมาะสมกับการสีข้าวขาวและการสีข้าวกล้องนั้นจะอยู่ที่ประมาณ 3,300 และ 2,500 รอบต่อนาที ตามลำดับ Dusit *et al*. [3] ได้สร้างเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก 6 แรงม้าต้นแบบ ที่สามารถสีข้าวได้ 200 กิโลกรัมข้าวเปลือกต่อชั่วโมง โดยชุดกะเทาะถูกออกแบบให้เป็นแบบลูกยางวางคู่หมุนในทิศทางตรงกันข้าม จากการทดสอบการสีข้าวของเครื่องต้นแบบ พบว่าเครื่องสีข้าวมีประสิทธิภาพในการสีข้าวกล้องเท่ากับร้อยละ 68–72 และได้ข้าวขาวเต็มเมล็ดร้อยละ 55–60 จะเห็นได้ว่าการพัฒนาเครื่องสีข้าวขนาดเล็กมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าความต้องการใช้งานเครื่องสีข้าวขนาดเล็กยังมีความต้องการที่สูง แต่อย่างไรก็ตามรูปแบบการทำงานของเครื่องสีข้าวขนาดเล็กที่มีจำหน่ายอยู่ในปัจจุบัน มีการแยกอุปกรณ์ทำงานเป็นชุดๆ เช่น ชุดทำความสะอาดข้าวเปลือก ชุดกะเทาะข้าวเปลือก ชุดขัดขาว ชุดแยกกาก และชุดคัดขนาดเมล็ด ทำให้เมื่อนำชุดอุปกรณ์ต่างๆ มาประกอบรวมกันจะทำให้ต้องใช้พื้นที่ในการติดตั้งมากและมีความยากลำบากในการเคลื่อนย้าย ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงพัฒนาและสร้างเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก ที่มีหลักการทำงานที่เป็นมิตรกับผู้ปฏิบัติงาน สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก และมีค่าประสิทธิภาพการสีข้าว (Milling Rice Recovery) และประสิทธิผลการสีข้าว (Head Rice Recovery) เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก มอก. 888-2532 [4] เพื่อให้กลุ่มเกษตรกรสาขาปลูกข้าวหรือกลุ่มผู้ที่สนใจสามารถนำเครื่องสีข้าวไปใช้ในระดับชุมชนได้ ซึ่งจะเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการสีข้าวของเกษตรกรเองและเป็นการเพิ่มรายได้โดยการขายผลพลอยได้จากการสีข้าว เช่น รำ ข้าวหัก และแกลบ โดยที่เนื้อหาของบทความวิจัยนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การออกแบบและสร้างเครื่องสีข้าวและการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องสีข้าว

2. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 การพัฒนาและออกแบบเครื่องสีข้าวขนาดเล็กระดับชุมชน

หลักในการออกแบบและพัฒนาเครื่องสีข้าวขนาดเล็กระดับชุมชน คือ เครื่องสีข้าวสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก ใช้ผู้ปฏิบัติงานกับเครื่องสีข้าวหนึ่งคน มีมอเตอร์ไฟฟ้า 1 เฟส เป็นต้นกำลัง วัสดุสิ้นเปลืองของเครื่องสามารถหาซื้อหาได้ง่ายและเครื่องสีข้าวมีการทำงานที่ง่ายไม่สลับซับซ้อน ซึ่งในการสีข้าวของโรงสีจะมีหลายขั้นตอน เริ่มตั้งแต่กระบวนการทำความสะอาด การแยกหิน การกะเทาะ การแยกแกลบ การแยกข้าวกล้อง การขัดขาว การขัดมัน การคัดขนาด การยิงสี [5] หลังจากการศึกษากระบวนการสีข้าวทั่วไป คณะผู้วิจัยสามารถสรุปขั้นตอนที่จะสามารถนำมาออกแบบและพัฒนาเครื่องสีข้าวได้อย่างเหมาะสมโดยขั้นตอนการทำงานเครื่องสีข้าวแสดงดังรูปที่ 1 โดยชุดอุปกรณ์ต่างๆ ในกระบวนการสีข้าวจะถูกออกแบบและพัฒนาให้อยู่ในเครื่องสีข้าวเพียงเครื่องเดียว ซึ่งถือว่าเป็นข้อได้เปรียบเมื่อเทียบกับเครื่องสีข้าวขนาดเล็กที่มีอยู่ในปัจจุบัน

กระบวนการสีข้าวจะเริ่มตั้งแต่การทำความสะอาดข้าวเปลือก ข้าวเปลือกสะอาดจะถูกลำเลียงผ่านชุดกะเทาะ



รูปที่ 1 การทำงานของเครื่องสีข้าวที่ถูกพัฒนา

ข้าวเปลือก ข้าวกล้องและแกลบจะเป็นสิ่งที่ได้หลังจากการกะเทาะ แกลบจะถูกดูดด้วยระบบลมดูดไปยังถุงบรรจุแกลบ และข้าวกล้องจะถูกส่งผ่านไปยังชุดขัดขาวซึ่งทำหน้าที่แยกรำออกจากผิวของเมล็ดข้าวกล้อง จากนั้นรำข้าวที่ได้จากการขัดจะถูกดูดด้วยระบบลมดูดไปยังถุงบรรจุรำข้าว ส่วนข้าวที่ถูกขัดขาวจะมีขนาดของเมล็ดข้าวที่แตกต่างกันจึงต้องถูกคัดขนาดด้วยชุดตะแกรงคัดขนาด เพื่อทำการแยกต้นข้าวและข้าวหักออกจากกัน โดยที่คุณภาพของข้าวกล้องหรือข้าวขาวจะขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นของข้าวเปลือกโดยปกติจะค่าเท่ากับ 13–15% [6]

2.2 การทดสอบเครื่องสีข้าวขนาดเล็กระดับชุมชน

การทดสอบเครื่องสีข้าวจะถูกดำเนินการหลังจากมีการปรับปรุงการทำงานของเครื่องสีข้าวให้คงที่ตามมาตรฐานการทดสอบ มอก.888-2532 ในการทดสอบการทำงานของเครื่องสีข้าวแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การทดสอบการสีข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ปริมาณ 100 กิโลกรัม ให้เป็นข้าวกล้อง และการทดสอบการสีข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ปริมาณ 100 กิโลกรัม ให้เป็นข้าวขาว ข้าวเปลือกที่นำมาทดสอบสีมีระดับความชื้นไม่เกิน 14% สำหรับการประเมินการทำงานของเครื่องสีข้าวจะพิจารณาจากประสิทธิภาพการสีข้าวและประสิทธิผลการสีข้าว ตามมาตราฐาน มอก. 888-2532 ดังสมการต่อไปนี้

ประสิทธิภาพการสีข้าว

$$\text{ร้อยละ} = \frac{A+B+C+D+E}{T} \times 100$$

ประสิทธิผลการสีข้าว

$$\text{ร้อยละ} = \frac{B+C}{T} \times 100$$

โดย A คือ ปริมาณปลายข้าว (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)
B คือ ปริมาณข้าวเต็มเมล็ด (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)
C คือ ปริมาณต้นข้าว (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)
D คือ ปริมาณข้าวหักใหญ่ (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)
E คือ ปริมาณข้าวหัก (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)
T คือ ปริมาณเมล็ดข้าวเปลือกที่ถูกป้อน (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

2.3 การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์เครื่องสีข้าวขนาดเล็กระดับชุมชน

ค่าทางเศรษฐศาสตร์ที่ถูกพิจารณาจะเป็นประโยชน์ในการตัดสินใจของเกษตรกรหรือผู้สนใจที่จะเลือกใช้เครื่องสีข้าวที่ทางคณะผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น ค่าเศรษฐศาสตร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วย ค่าจุดคุ้มทุน (Break-even Point; BEP) ค่าเสื่อมราคา (Depreciation; DP) ดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาส (Interest on Investment; I) และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period; PBP) สูตรที่ใช้ในการคำนวณแสดงได้ดังสมการต่อไปนี้ [7]

$$\text{จุดคุ้มทุน (BEP)} = \frac{\text{ต้นทุนคงที่ (บาท/ปี)}}{\text{ราคาต่อหน่วย} - \text{ต้นทุนแปรผันต่อหน่วย}}$$

$$\text{ค่าเสื่อมราคา} = \frac{\text{ราคาเครื่องจักร (บาท)} - \text{มูลค่าซาก (บาท)}}{\text{อายุการใช้งาน (ปี)}}$$

$$\text{ค่าเสียโอกาส} = \frac{\text{ราคาเครื่องจักร (บาท)} + \text{มูลค่าซาก (บาท)}}{2} \times \text{อัตราดอกเบี้ยต่อปี}$$

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน (PBP)} = \frac{\text{ต้นทุนสร้างเครื่อง (บาท)}}{\text{กำไรสุทธิต่อปี (บาท/ปี)}}$$

3. ผลการพัฒนาและอภิปรายผล

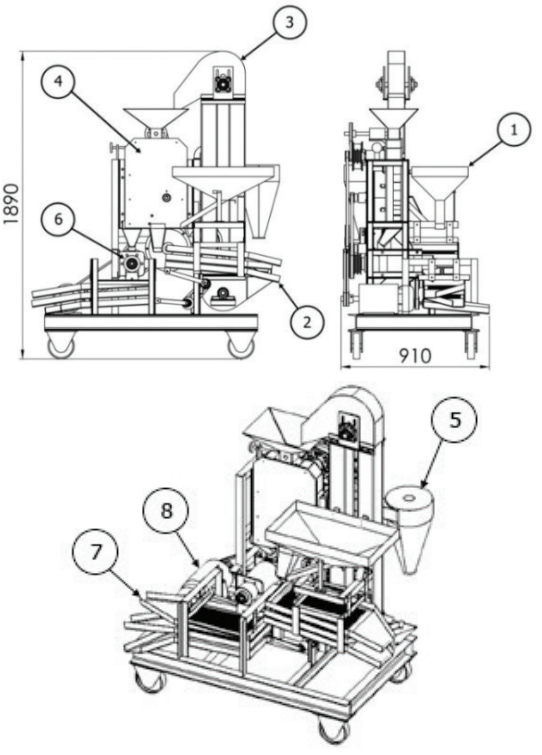
3.1 ผลการออกแบบและพัฒนาเครื่องสีข้าวขนาดเล็กระดับชุมชน

เครื่องสีข้าวถูกออกแบบและพัฒนาให้สามารถสีข้าวเปลือกให้เป็นข้าวกล้อง ข้าวซ้อมมือ และข้าวขาว โดยผู้ปฏิบัติงานจะต้องเป็นคนปรับตั้งเครื่องสีข้าวให้ทำการสีข้าวได้ตามชนิดข้าวที่ต้องการ ในกระบวนการสีข้าวของเครื่องสีข้าวที่ได้พัฒนาขึ้นแกลบและรำจะถูกแยกเก็บออกจากกัน ขนาดของเครื่องสีข้าวเท่ากับ 1,530 × 1,890 × 910 มิลลิเมตร น้ำหนักเครื่องสีข้าวรวมเท่ากับ 360 กิโลกรัม ส่วนประกอบหลักมีทั้งหมด 8 องค์ประกอบ ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยสามารถอธิบายรายละเอียดของอุปกรณ์ที่สำคัญได้ดังนี้

1. ถังบรรจุข้าวเปลือก เป็นถังทรงพีระมิดคว่ำสามารถบรรจุข้าวเปลือกได้ประมาณ 15 กิโลกรัม โดยที่ถังบรรจุข้าวเปลือกจะถูกติดตั้งอยู่เหนือชุดตะแกรงทำความสะอาดข้าวเปลือกและที่ส่วนล่างของถังบรรจุข้าวเปลือกมีช่องเลื่อนเปิดปิดสำหรับควบคุมการปล่อยข้าวเปลือกลงสู่ชุดตะแกรงทำความสะอาดข้าวเปลือก

2. ตะแกรงทำความสะอาดข้าวเปลือก ถูกติดตั้งอยู่ทางด้านล่างของถังบรรจุข้าวเปลือก ชุดตะแกรงประกอบด้วยตะแกรงสามชั้น หลักการทำงานของชุดตะแกรงอาศัยการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาของตะแกรง เพื่อทำการแยกสิ่งเจือปนออกจากข้าวเปลือก สิ่งเจือปนที่มีขนาดใหญ่กว่าเมล็ดข้าวเปลือกจะถูกแยกออกด้วยตะแกรงชั้นบนและสิ่งเจือปนที่มีขนาดเล็กกว่าเมล็ดข้าวเปลือกจะถูกแยกออกด้วยตะแกรงชั้นล่าง ส่วนข้าวเปลือกสะอาดจะถูกคัดแยกอยู่ในตะแกรงชั้นกลาง ซึ่งตะแกรงชั้นกลางจะลำเลียงเมล็ดข้าวเปลือกไปยังอุปกรณ์ถัดไป

3. กะพ้อลำเลียงข้าวเปลือก ทำหน้าที่ลำเลียงข้าวเปลือกสะอาดจากชุดตะแกรงทำความสะอาดข้าวเปลือกไปยังชุดลูกยางกะเทาะ สายพานลำเลียงแบบกะพ้อถูกเลือกใช้ในการลำเลียงข้าวเปลือกจากด้านล่างไปยังด้านบนของเครื่องสีข้าว โดยความเร็วในการเคลื่อนที่ของสายพานมีความเร็วเหมาะสมกับปริมาณการไหลของข้าวเปลือกจากชุดตะแกรงทำความสะอาดข้าวเปลือก เพื่อป้องกันการติดขัดของกะพ้อลำเลียง เนื่องจากปริมาณข้าวเปลือกไหลลงสู่กะพ้อมากเกินไป



1) ถังบรรจุข้าวเปลือก 2) ตะแกรงทำความสะอาดข้าวเปลือก 3) กะพ้อลำเลียงข้าวเปลือก 4) ชุดลูกยางกะเทาะ 5) กรวยดูดแกลบ 6) ชุดขัดขาว 7) ตะแกรงคัดแยกขนาด 8) มอเตอร์ไฟฟ้า

รูปที่ 2 ส่วนประกอบเครื่องสีข้าวที่ได้พัฒนาขึ้น

4. ชุดลูกยางกะเทาะ ทำหน้าที่ในการกะเทาะแกลบออกจากเมล็ดข้าว ลูกยางกะเทาะขนาด 6 นิ้ว จำนวน 2 ลูก ถูกนำมาใช้ในเครื่องสีข้าวนี้ ลักษณะการหมุนของลูกยางกะเทาะแบบคู่มีทิศทางการหมุนตรงกันข้ามกันและค่าความเร็วรอบการหมุนของลูกยางกะเทาะทั้งสองก็แตกต่างกัน ลูกยางกะเทาะจะถูกติดตั้งอยู่ภายในห้องกะเทาะโดยที่ระยะห่างระหว่างพื้นผิวของลูกยางคู่สามารถปรับตั้งได้เพื่อให้มีระยะห่างที่เหมาะสมกับการสีข้าวเปลือกแต่ละพันธุ์

5. กรวยดูดแกลบ ทำหน้าที่แยกแกลบออกจากข้าวกล้องโดยอาศัยหลักการลมดูด ชุดกรวยดูดแกลบจะถูกติดตั้งอยู่

ทางด้านหลังของห้องกะเทาะ โดยการสร้างลมดูดจะอาศัยชุดพัดลมดูดซึ่งถูกติดตั้งอยู่ระหว่างห้องกะเทาะกับชุดกรวยดูดแกลบ ชุดกรวยดูดแกลบจะมีอุปกรณ์ปรับปริมาณการดูดอากาศแบบบานเลื่อนเปิดปิด เพื่อให้การแยกแกลบเป็นไปอย่างเหมาะสมและยังเป็นการป้องกันแรงลมดูดที่อาจจะสูงเกินไปทำให้มีการดูดข้าวกล้องบางส่วนออกจากเครื่องสีข้าวได้

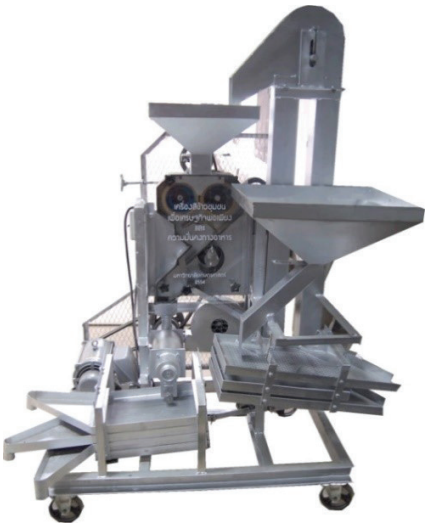
6. ชุดขัดขาว ทำหน้าที่ขัดรำออกจากข้าวกล้อง ชุดขัดขาวจะถูกติดตั้งอยู่ระหว่างชุดลูกยางกะเทาะกับชุดตะแกรงคัดแยกขนาด หลักการทำงานของชุดขัดขาวอาศัยการสร้างแรงเสียดทานบนเมล็ดข้าวกล้อง โดยที่เมล็ดข้าวกล้องจะไหลผ่านช่องว่างระหว่างเพลาหมุนที่มีการติดครีบและตะแกรงทรงกระบอกที่ไม่มีการเคลื่อนที่ การปรับระดับการขัดรำสามารถปรับตั้งได้ที่อุปกรณ์ปรับตั้งการขัดรำซึ่งถูกติดตั้งอยู่ทางด้านหน้าของชุดขัดขาว ส่วนรำที่ได้จากกระบวนการขัดจะถูกเป่าออกไปทางด้านล่างของชุดขัดขาวด้วยระบบลมเป่า

7. ชุดตะแกรงคัดแยกขนาด ทำหน้าที่คัดแยกขนาดเมล็ดหลังจากผ่านกระบวนการสีข้าว ชุดตะแกรงคัดแยกขนาดข้าวจะถูกติดตั้งใกล้กับชุดขัดขาว หลักการทำงานของชุดตะแกรงนี้จะอาศัยการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาของตะแกรงที่มีขนาดของรูเจาะที่เหมาะสมกับขนาดของเมล็ดข้าว จำนวนชั้นของตะแกรงมีทั้งหมด 3 ชั้น โดยที่ตะแกรงชั้นบนสุดจะทำการคัดแยกข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าว ตะแกรงชั้นตรงกลางจะทำการคัดแยกข้าวหักใหญ่และข้าวหัก ตะแกรงชั้นล่างสุดทำการคัดแยกปลายข้าว

8. มอเตอร์ไฟฟ้า ทำหน้าที่เป็นต้นกำลังในการขับระบบเครื่องสีข้าว มอเตอร์ไฟฟ้าที่เลือกใช้มีขนาด 3 แรงม้า ใช้ไฟฟ้า 220 โวลต์ มอเตอร์ไฟฟ้าจะถูกติดตั้งอยู่ทางด้านหลังของเครื่องสีข้าว ซึ่งขนาดมอเตอร์ไฟฟ้าดังกล่าวมีกำลังเพียงพอต่อการสีข้าวได้อย่างต่อเนื่อง โดยที่ระบบการส่งกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้าไปยังชิ้นส่วนของเครื่องสีข้าวจะอาศัยการส่งกำลังด้วยสายพานทั้งหมด

3.2 ขั้นตอนการทำงานเครื่องสีข้าวขนาดเล็กระดับชุมชน

การทำงานของเครื่องสีข้าวที่ได้พัฒนาขึ้นดังแสดง



รูปที่ 3 เครื่องสีข้าวขนาดเล็กระดับชุมชนที่ได้พัฒนาขึ้น

ในรูปที่ 3 เริ่มจากการเติมข้าวเปลือกลงไปในถังบรรจุข้าวเปลือก เปิดสวิตท์ให้เครื่องสีข้าวทำงาน จากนั้นปล่อยเมล็ดข้าวเปลือกไหลลงสู่ตะแกรงทำความสะอาด สิ่งเจือปนจะถูกแยกออกจากข้าวเปลือกและข้าวเปลือกสะอาดจะถูกลำเลียงด้วยกะพ้อลำเลียงไปยังชุดลูกยางกะเทาะ ข้าวเปลือกจะถูกสีที่ชุดลูกยางกะเทาะคู่ ผู้ควบคุมเครื่องสีข้าวจะต้องสังเกตและปรับตั้งระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะให้เหมาะสมกับขนาดเมล็ดข้าวเปลือก เพื่อให้การสีข้าวมีประสิทธิผลที่ดี หลังจากการกะเทาะด้วยชุดลูกยางคู่ แกลบจะถูกดูดแยกออกจากเครื่องสีด้วยกรวยดูดแกลบ ส่วนข้าวกล้องที่ได้จะไหลลงสู่ชุดขัดขาว ชุดขัดขาวจะขัดข้าวกล้องให้เป็นข้าวขาวหรือข้าวซ้อมมือตามการปรับตั้งของผู้ควบคุมเครื่องสีข้าว แต่อย่างไรก็ตามผู้ควบคุมเครื่องสีข้าวสามารถปรับตั้งให้ชุดขัดขาวไม่ทำการขัดรำในกรณีที่ต้องการสีข้าวเปลือกให้เป็นข้าวกล้อง เมื่อได้ข้าวขาวแล้วขั้นตอนสุดท้ายคือการคัดแยกขนาดของเมล็ดข้าว ซึ่งในกระบวนคัดแยกจะได้เมล็ดข้าวออกเป็น 3 ขนาด คือ ข้าวเต็มเมล็ดปนกับต้นข้าว ข้าวหักใหญ่ปนกับข้าวหัก และปลายข้าว

3.3 ผลการทดสอบเครื่องสีข้าวขนาดเล็กระดับชุมชน

จากการทดสอบเบื้องต้นพบว่าความสามารถในการ

ทำงานเครื่องสีข้าวที่พัฒนาขึ้นมีค่าเท่ากับ 100 กิโลกรัมข้าวเปลือกต่อชั่วโมง ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงแบ่งทำการทดสอบเครื่องสีข้าว ด้วยการสีข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จำนวน 200 กิโลกรัม โดยปริมาณข้าวเปลือก 100 กิโลกรัมจะถูกสีเป็นข้าวกล้อง และปริมาณข้าวเปลือกอีก 100 กิโลกรัมจะถูกสีเป็นข้าวขาว โดยผลผลิตที่ได้หลังจากการสีข้าวเปลือกด้วยเครื่องสีข้าวสามารถแสดงดังในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลผลิตการสีข้าวเปลือกให้เป็นข้าวกล้องและข้าวขาวด้วยเครื่องสีข้าวภายใน 1 ชั่วโมง

รายการ / ผลผลิต	การสีข้าวกล้อง (กก.)	การสีข้าวขาว (กก.)	ราคา (บาท/กิโลกรัม)
ข้าวเปลือก	-	-	13.36
ข้าวกล้อง	75	-	50
ข้าวเต็มเมล็ด +ต้นข้าว	-	42	33
ข้าวหักใหญ่ +ข้าวหัก +ปลายข้าว	-	24	13
รำ	-	9	9.5
แกลบ	25	25	2.5
รวม	100	100	-

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าการสีข้าวเปลือกให้เป็นข้าวกล้องสิ่งที่ได้หลังจากกระบวนการสีประกอบด้วยข้าวกล้องและแกลบ โดยปริมาณข้าวกล้องจะมีค่าเท่ากับ 75 กิโลกรัม และปริมาณแกลบมีค่าเท่ากับ 25 กิโลกรัม จากน้ำหนักข้าวเปลือก 100 กิโลกรัม โดยข้าวกล้องที่สีได้เป็นข้าวเต็มเมล็ดเนื่องจากการใช้ลูกยางกะเทาะเพียง 2 ลูก สามารถช่วยลดการหักของเมล็ดข้าวได้อย่างมากในระหว่างกระบวนการกะเทาะ

สำหรับการสีข้าวเปลือกให้เป็นข้าวขาวพบว่า ในกระบวนการสีข้าวขาวของเครื่องสีข้าวที่พัฒนาขึ้นปริมาณข้าวเต็มเมล็ดกับต้นข้าวที่ได้หลังจากกระบวนการคัดแยกจะถูกเก็บอยู่ในภาชนะเดียวกัน ส่วนข้าวหักใหญ่และข้าวหักจะถูกคัดแยกและเก็บอยู่ในภาชนะเดียวกัน ส่วนปลายข้าวจะถูกแยกเก็บในภาชนะต่างหากและมีปริมาณน้อย ซึ่งจะเห็นได้ว่าในกระบวนการคัดแยกผลผลิตที่ได้จากการสีข้าวยังมีข้อจำกัดในการทำงาน เนื่องจากเป็นเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก จึงไม่สามารถคัดแยกข้าวเต็มเมล็ด ต้นข้าว ข้าวหักใหญ่ ข้าวหักและปลายข้าว ได้อย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับคุณภาพการคัดแยกผลผลิตข้าวของเครื่องสีข้าวขนาดใหญ่ สำหรับการการสีข้าวเปลือก 100 กิโลกรัม ให้เป็นข้าวขาว พบว่าน้ำหนักข้าวเต็มเมล็ดรวมกับต้นข้าว น้ำหนักข้าวหักรวมกับปลายข้าว น้ำหนักรำ และน้ำหนักแกลบมีค่าเท่ากับ 42, 24, 9 และ 25 กิโลกรัม ตามลำดับ สำหรับการคำนวณหาค่าประสิทธิภาพการสีข้าวและประสิทธิผลการสีข้าวพบว่ามีค่าเท่ากับร้อยละ 66 และ 42 ตามลำดับ ซึ่งผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก มอก.888-2532

จากการสำรวจราคาของข้าวเปลือก ข้าวกล้อง ต้นข้าว ข้าวหัก รำข้าว และแกลบพบว่าราคาผลผลิตมีค่าเท่ากับ 13.36, 50, 33, 13, 9.5 และ 2.5 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งข้อมูลดังกล่าว จะถูกนำไปวิเคราะห์ค่าทางเศรษฐศาสตร์ที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกใช้เครื่องสีข้าวที่พัฒนาขึ้น

3.4 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เครื่องสีข้าวขนาดเล็กระดับชุมชน

การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ได้ถูกนำมาใช้ในการพิจารณาเพื่อเป็นข้อมูลในการตัดสินใจเลือกใช้งานเครื่องสีข้าว โดยค่าทางเศรษฐศาสตร์ที่ถูกใช้ในการคำนวณ คือ ค่าจุดคุ้มทุน (Break–even Point) และค่าระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

3.4.1 จุดคุ้มทุน (Break–even Point)

ค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่องสีข้าว ประกอบด้วย ต้นทุนคงที่ คือ ค่าเสื่อมราคาของเครื่องสีข้าว โดยกำหนดให้ราคาเครื่องสีข้าวมีค่าเท่ากับ 110,000 บาท และให้มูลค่าซากของเครื่องสีข้าวเมื่อสิ้นปีที่ 5 มีมูลค่าคงเหลือเท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นค่าเสื่อมราคาของเครื่องสีข้าวเท่ากับ 19,800 บาทต่อปี และดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาสเมื่อกำหนดให้อัตราดอกเบี้ยต่อปีเท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นค่าเสียโอกาสสำหรับเครื่อง

สีข้าวมีค่าเท่ากับ 6,050 บาทต่อปี โดยต้นทุนคงที่ทั้งหมดของเครื่องสีข้าวต่อปีสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2: ต้นทุนคงที่ของเครื่องสีข้าวต่อปี

ต้นทุนคงที่	ค่าใช้จ่าย (บาท/ปี)
ค่าเสื่อมราคา	19,800
ดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาส	6,050
รวม	25,850

ในส่วนของต้นทุนแปรผันประกอบด้วย ค่าจ้างแรงงานในการสีข้าวเท่ากับ 500 บาทต่อวัน (ทำงานวันละ 6 ชั่วโมง) ค่าบำรุงรักษาเครื่องสีข้าวเท่ากับ 300 บาทต่อวัน ค่าไฟฟ้าที่ถูกใช้ในการสีข้าวของเครื่องสีข้าวเท่ากับ 30 บาทต่อวัน คิดที่อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า 2.24 กิโลวัตต์-ชั่วโมง และค่าข้าวเปลือกเท่ากับ 13.36 บาทต่อกิโลกรัม โดยความสามารถของเครื่องสีข้าวมีค่าเท่ากับ 100 กิโลกรัมข้าวเปลือกต่อชั่วโมง และเครื่องสีข้าวถูกใช้งาน 260 วันต่อปี ดังนั้นต้นทุนแปรผันของเครื่องสีข้าวต่อปีมีค่าแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ต้นทุนแปรผันของเครื่องสีข้าวต่อปี

ต้นทุนแปรผัน	ค่าใช้จ่าย (บาท/ปี)
ค่าแรงงานในการสีข้าว	130,000
ค่าบำรุงรักษาเครื่องสีข้าว	78,000
ค่าไฟฟ้าสำหรับการสีข้าว	10,483
ค่าข้าวเปลือก	2,084,160
รวม	2,302,643

จากข้อมูลต้นทุนคงที่ต่อปีและต้นทุนแปรผันต่อปีของเครื่องสีข้าวทำให้สามารถทราบได้ว่าต้นทุนรวมในการสีข้าวเปลือกเท่ากับ 14.93 บาทต่อกิโลกรัม

เมื่อพิจารณาราคาผลผลิตต่างๆ ที่ได้จากการสีข้าวเปลือกดังแสดงในตารางที่ 1 และต้นทุนแปรผันของเครื่องสีข้าวต่อปีตามตารางที่ 3 พบว่าในกรณีที่ทำการสีข้าวกล้องจำหน่าย ผลผลิตที่ได้จะประกอบด้วยข้าวกล้องและแกลบ หากสามารถขายข้าวกล้องและแกลบได้หมดจะต้องทำการสีข้าวเปลือกเท่ากับ 1,103.76 กิโลกรัมต่อปี จึงจะถึงจุดคุ้มทุนของเครื่องสีข้าว และในกรณีที่ทำการสีข้าวขาวจำหน่ายด้วยเครื่องสีข้าว ผลผลิตที่ได้หลังจากการสีข้าวเปลือก คือ ข้าวเต็มเมล็ด ต้นข้าว ข้าวหัก ปลายข้าว รำ และแกลบ หากสามารถจำหน่ายผลผลิตที่ได้จากการสีข้าวทั้งหมด พบว่าจะต้องทำการสีข้าวเปลือกเท่ากับ 6,259.08 กิโลกรัมต่อปี จึงจะถึงจุดคุ้มทุนของเครื่องสีข้าวที่ได้พัฒนาขึ้น

3.4.2 ระยะเวลาคืนทุนในการใช้เครื่องสีข้าวขนาดเล็กระดับชุมชน

การพิจารณาระยะเวลาคืนทุนของเครื่องสีข้าวจะถูกแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ ระยะเวลาคืนทุนของเครื่องสีข้าวจากการสีข้าวกล้องจำหน่าย และระยะเวลาคืนทุนของเครื่องสีข้าวจากการสีข้าวขาวจำหน่าย โดยกำหนดให้เครื่องสีข้าวถูกใช้งาน 260 วันต่อปี ดังนั้นต้นทุนรวมในการสีข้าวต่อปีมีค่าเท่ากับผลรวมของต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผันของเครื่องสีข้าวซึ่งมีค่าเท่ากับ 2,328,493 บาทต่อปี

การคำนวณหารายได้ต่อปีสามารถแบ่งเป็น รายได้ต่อปีในกรณีสีข้าวกล้องจำหน่าย ซึ่งผลผลิตที่ได้จากการสีข้าวเปลือกด้วยเครื่องสีข้าวจะสามารถได้ข้าวกล้อง 117,500 กิโลกรัมต่อปี และได้แกลบเท่ากับ 39,000 กิโลกรัมต่อปี ดังนั้นหากจำหน่ายข้าวกล้องและแกลบได้ทั้งหมดจะมีรายได้ต่อปีดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 รายได้ต่อปีจากการจำหน่ายผลผลิตที่ได้จากการสีข้าวกล้อง

รายการ	ราคาต่อหน่วย (บาทต่อ กก.)	น้ำหนักผลผลิตที่ได้จากการสีข้าว (กก.ต่อปี)	รายได้สีข้าวกล้องจำหน่าย (บาทต่อปี)
ข้าวกล้อง	50	117,000	5,850,000
แกลบ	2.5	39,000	97,500
รวม	-	-	5,947,500

สำหรับรายได้ต่อปีในกรณีสีข้าวขาวจำหน่าย หากจำหน่ายผลผลิตที่ได้จากการสีข้าวขาวได้ทั้งหมดจะทำให้มีรายได้ต่อปีดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 รายได้ต่อปีจากการจำหน่ายผลผลิตที่ได้จากการสีข้าวขาว

รายการ	ราคาต่อหน่วย (บาทต่อ กก.)	น้ำหนักผลผลิตที่ได้จากการสีข้าว (กก.ต่อปี)	รายได้สีข้าวขาวจำหน่าย (บาทต่อปี)
ข้าวเมล็ด +ต้นข้าว	34	65,520	2,227,680
ข้าวหักใหญ่ +ข้าวหัก +ปลายข้าว	13	37,440	486,720
รำ	9.5	14,040	133,380
แกลบ	2.5	39,000	97,500
รวม	-	-	2,945,280

เมื่อพิจารณาระยะเวลาคืนทุนจากต้นทุนรวมต่อปีในการสีข้าวและรายได้รับต่อปีในการจำหน่ายผลผลิตจากการสีข้าวและค่าใช้จ่ายในการลงทุนซื้อเครื่องสีข้าวมาใช้งานซึ่งมีค่าเท่ากับ 110,000 บาท พบว่าระยะเวลาในการคืนทุนของการใช้เครื่องสีข้าวสีข้าวกล้องจำหน่ายมีค่าเท่ากับ 262.56 ชั่วโมง และระยะเวลาในการคืนทุนของการใช้เครื่องสีข้าวสีข้าวขาวจำหน่ายมีค่าเท่ากับ 1,537 ชั่วโมง

ผลการพัฒนาเครื่องสีข้าวต้นแบบแสดงให้เห็นถึงการออกแบบเครื่องสีข้าวที่เหมาะสมสำหรับการสีข้าวในระดับชุมชน โดยมีรูปแบบการทำงานของเครื่องที่เป็นเอกลักษณ์ด้วยการนำเอาชุดทำความสะอาด ชุดลำเลียง ชุดกะเทาะ ชุดขัดขาวและชุดคัดแยกมารวมกันไว้ในเครื่องเดียว เพื่อให้การทำงานของเครื่องสีข้าวทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ยิ่งไปกว่านั้นจากการวิเคราะห์ค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องสีข้าว พบว่าการสีข้าวขาวจำหน่ายมีค่าจุดคุ้มทุนและค่าระยะเวลาคืนทุนมากกว่าการสีข้าวกล้องจำหน่าย ดังนั้นการใช้เครื่องสีข้าวที่ได้พัฒนาขึ้นเพื่อการสีข้าวกล้องจำหน่ายเป็นทางเลือกหนึ่งที่ทำให้เกษตรกรหรือผู้สนใจเลือกใช้งานเครื่องสีข้าวต้นแบบนี้มากยิ่งขึ้น

4. สรุป

เครื่องสีข้าวขนาดเล็กถูกพัฒนาให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานในระดับชุมชนเพื่อให้เกษตรกรสามารถสีข้าวไว้บริโภคและจำหน่ายได้เองโดยไม่จำเป็นต้องพึ่งพาโรงสีใหญ่ หลักการออกแบบและพัฒนาเครื่องสีข้าว คือ สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย กลไกการทำงานไม่ซับซ้อน และบำรุงรักษาได้ง่าย องค์ประกอบหลักของเครื่องสีข้าวที่ได้พัฒนาขึ้นประกอบถังบรรจุข้าวเปลือก ตะแกรงทำความสะอาดข้าวเปลือก กะพ้อลำเลียงข้าวเปลือก ชุดลูกยางกะเทาะ กรวยดูดแกลบ ชุดขัดขาวและตะแกรงคัดแยกขนาด โดยมีต้นกำลังเป็นมอเตอร์ไฟฟ้าในการขับเคลื่อนระบบ เครื่องสีข้าวสามารถสีข้าวเปลือกให้เป็นข้าวกล้อง ข้าวซ้อมมือ และข้าวขาวขึ้นอยู่กับการปรับตั้งเครื่อง จากการทดสอบเครื่องสีข้าวพบว่าเครื่องสีข้าวมีความสามารถในการสีข้าวเปลือกเท่ากับ 100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และการวิเคราะห์ค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องสีข้าวแสดงให้เห็นว่าการสีข้าวกล้องจำหน่ายมีค่าจุดคุ้มทุนและค่าระยะเวลาคืนทุนน้อยกว่าการสีข้าวขาวจำหน่าย

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร และภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่สนับสนุนบุคลากรและงบประมาณในการจัดทำเครื่องต้นแบบเครื่องสีข้าวขนาดเล็กระดับชุมชน

เอกสารอ้างอิง

[1] A. Jaikwang, S. Sarasit, and T. Muangmongkun, “Invention and testing of community brown rice milling machine with double rubber rollers,” *Rajabhat Maha Sarakham University Journal*, vol. 4, no. 2, pp. 9–15, 2010.

[2] S. Ngaemngam, S. Intarawong, T. Manpuak, T. chinnabud, A. Gunkaew, and P. Laopong, “Small rice milling machine for using in household,” in *Proceedings the 8th Thailand Renewable for Community Conference*, Pathum Thani province, 2015, pp. 8–11 (in Thai).

[3] Agricultural Technology and Innovation

Management Institute. (2017, January). Small rice mill for local community. NSTDA. Pathum Thani, Bangkok [Online]. Available: https://www.nstda.or.th/agritec/images/publication/poster/equipment-smart-farm/20170123-small-milling.pdf

[4] *Standard for Small Rice Mill*, TIS 888-2532, 1989.

[5] J. Nissayan and A. Artnaseaw, "Increasing an efficiency of jasmine rice mill," in *Proceedings 12th Khon Kaen University 2011 Graduate Research Conference, Khon Kaen Province*, 2011, pp. 328–336.

[6] P. Kumklam, "The mechanical strength of white rice kernel," Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Bangkok, 2014 (in Thai).

[7] S. Aliusman, R. Kalsirisilp, and J. Langkapin, "Testing and evaluation of rice milling machine based on Thai industrial standard," in *Proceedings the 18th TSAE National Conference and the 10th TSAE International Conference*, Bangkok, 2017, pp. 154–159.