

การออกแบบและพัฒนาเครื่องสีข้าวกล้องพลังงานแสงอาทิตย์

Design and Development of Solar Powered Brown Rice Milling Machine

ปาวริศ กล้วยอ่อน* รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ จตุรงค์ ลังกาพินธุ์

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

Pawarit Kluay-on* Roongruang Kalsirisilp Jaturong Langapin

Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology

Thanyaburi (RMUTT), Pathumthani, 12110

*Corresponding author Email: pawarit_k@mail.rmUTT.ac.th

(Received: May 29, 2023; Revised: August 29, 2023 ; Accepted: September 28, 2023)

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องสีข้าวกล้องพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องสีข้าวกล้องพลังงานแสงอาทิตย์ประกอบด้วยโครงสร้างหลัก 5 ส่วน 1.แผงโซลาร์เซลล์ 2.แบตเตอรี่ 3.ชุดอินเวอร์เตอร์ 4.ชาร์จเจอร์ 5. เครื่องสีข้าวกล้องแบบ 5 ลูกยาง ศึกษาความเร็วรอบมอเตอร์ที่ 1,300, 1,400 และ 1,500 รอบต่อนาที ระยะห่างระหว่างลูกยางที่ใช้ในการทดสอบ 0.8, 0.9 และ 1.0 มิลลิเมตร พันธุ์ข้าวเปลือกที่ใช้ในการทดสอบจำนวน 3 สายพันธุ์ ได้แก่ หอมมะลิ ข้าวหอมปทุม และข้าวหอมพวง การทดสอบจะควบคุมความชื้นของข้าวเปลือกอยู่ในช่วงระหว่าง 13-15 เปอร์เซ็นต์ (ความชื้นฐานเปียก) โดยมีค่าชี้ผลในการศึกษา ได้แก่ ความสามารถในการกะเทาะข้าวเปลือก เปอร์เซ็นต์ข้าวหัก และดัชนีการกะเทาะ โดยทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 888 -2532 ผลการทดสอบเครื่องสีข้าวสายพันธุ์หอมมะลิ พบว่า ความเร็วรอบมอเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการสีข้าวกล้องเท่ากับ 1,400 รอบต่อนาที ระยะห่างระหว่างลูกยางที่เหมาะสม 0.9 มิลลิเมตร ความสามารถในการกะเทาะข้าวเปลือก 17.25 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ข้าวแตกหัก 0.46 เปอร์เซ็นต์ และดัชนีการกะเทาะ 96.85 เปอร์เซ็นต์ สำหรับข้าวเปลือกสายพันธุ์หอมพวง และ หอมปทุม พบว่าความเร็วรอบมอเตอร์ที่เหมาะสมในการกะเทาะเท่ากับ 1,500 รอบต่อนาทีและระยะห่างระหว่างลูกยางที่เหมาะสม 0.9 มิลลิเมตร มีค่าความสามารถในการกะเทาะข้าวเปลือกเท่ากับ 21.51 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และ 19.18 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ มีค่าดัชนีการกะเทาะเท่ากับ 96.87 และ 96.87 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์ พบว่าเมื่อใช้เครื่องสีข้าวกล้อง 2,400 ชั่วโมงต่อปี มีค่าใช้จ่ายในการทำงาน 1.68 บาทต่อกิโลกรัม จุดคุ้มทุนในการทำงาน 337 ชั่วโมงต่อปี มีระยะเวลาในการคืนทุน 0.62 ปี

คำสำคัญ: เครื่องสีข้าวกล้องแบบ 5 ลูกยาง พลังงานแสงอาทิตย์ ดัชนีการกะเทาะ

ABSTRACT

This research project aims to design and develop a solar powered brown rice milling machine. Solar powered brown rice milling machine consists of five main structures: 1. solar panel 2. battery 3. inverter set 4. charger 5. brown rice milling machine with five rubber rolls. The motor speeds were set

to 1,300, 1,400, and 1,500 rpm. The clearance between the cylinders was set at 0.8, 0.9, and 1.0 mm. Three varieties of paddy namely Thai jasmine rice, Pathum Thani rice and jasmine 85 rice. The moisture content of paddy in the range between 13-15 percent (wet basis) was used in this study. The performance parameters investigated were machine capacity, percentage of broken rice and husking index. The research study was conducted based on Thai Industrial Standards 888-2532. The machine performance test for Thai jasmine rice revealed that the optimum speed and clearance between cylinders were 1,400 rpm and 0.9 mm, respectively. The machine capacity was 17.25 kg of rice per hour. The broken rice was 0.46%, respectively. The machine husking index was determined to be 96.85%. For Pathum Thani and jasmine 85 rice, the optimum revolution speed of motor and clearance between cylinders were 1,500 rpm and 0.9 mm, respectively. The machine capacity was 25.01 and 21.51 kg of rice per hour for Pathum Thani and jasmine 85 rice, respectively. The machine husking index was determined to be 96.87 and 96.87%, respectively. Based on the analysis of engineering economics, it was found that the rice milling machine worked 2,400 hours per year, with an average cost of 1.68 baht per kilogram. The break-even point of the machine was 337 hours per year with a payback period of 0.62 years.

Keyword: Brown rice milling machine with 5 rubber rolls, solar powered, husking index.

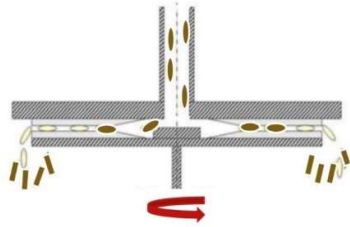
1. บทนำ

เครื่องจักรในการสีข้าว ได้รับการออกแบบให้สามารถกะเทาะข้าวเปลือก คัดแยกแกลบ ตลอดจนขบวนการขัดสีข้าวเปลือก ทำให้ได้ข้าวกล้องหรือข้าวสารที่สะอาด เหมาะสำหรับการบริโภค ปัจจุบันเกษตรกรรายย่อยในประเทศไทยนิยมใช้เครื่องสีข้าวขนาดเล็ก ในการสีข้าวเปลือกเพื่อการบริโภคในครัวเรือนหรือทำธุรกิจในครัวเรือน ซึ่งก่อให้เกิดรายได้และเกษตรกรมีความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น ขั้นตอนการกะเทาะนับเป็นหัวใจหลักของเครื่องสีข้าวกล้อง สามารถจำแนกได้ดังนี้ 1. การกะเทาะด้วยเพลาลูกเบี้ยว ใช้งานง่ายแต่เปอร์เซ็นต์การแตกหักสูง (รูปที่ 1) 2. การกะเทาะด้วยหินขัด ใช้หลักการเสียดสีของหินขัดทำให้เปลือกหลุดออก (รูปที่ 2) และ 3. การกะเทาะด้วยลูกยาง วิธีการกะเทาะแบบนี้มีประสิทธิภาพในการกะเทาะดีที่สุด เปอร์เซ็นต์ข้าวแตกหักต่ำ [1] (รูปที่3) เครื่องสีข้าวขนาดเล็กที่นิยมใช้ในประเทศไทย ได้แก่ เครื่องสีข้าวแบบลูกยางกะเทาะ ประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 5 ส่วน

ได้แก่ 1) โครงเครื่อง 2) ชุดป้อนข้าวเปลือก 3) ชุดลูกยางกะเทาะข้าวเปลือก 4) ชุดแยกแกลบ และ 5) ชุดมอเตอร์ต้นกำลัง ลูกยางกะเทาะจะมีขนาดความโตของเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากัน ความเร็วรอบของลูกยางกะเทาะจะต่างกันประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ หมุนในทิศทางตรงข้ามกัน ซึ่งจะดึงเมล็ดข้าวเปลือกลงมาด้านล่างตามการหมุนของลูกยางกะเทาะ และเกิดแรงเฉือนที่เมล็ดข้าวเปลือก ทำให้เปลือกหลุดออกจากเมล็ดข้าว [1]



รูปที่ 1 เครื่องกะเทาะข้าวเปลือกแบบเพลาลูกเบี้ยว



รูปที่ 2 การกะเทาะข้าวเปลือกแบบหินขัด



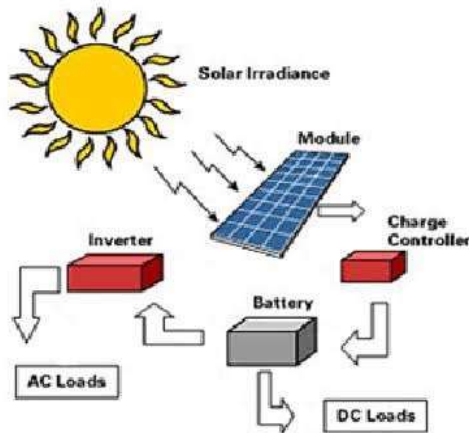
รูปที่ 3 การกะเทาะข้าวเปลือกแบบลูกยาง

สำหรับขั้นตอนการกะเทาะข้าวเปลือก เป็นขั้นตอนที่สำคัญมาก เนื่องจากเป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการสีข้าว ซึ่งจะส่งผลถึงเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดที่ได้รับ ในการกะเทาะข้าวเปลือกเป็นเวลานานจะทำให้อุณหภูมิของลูกยางกะเทาะสูงขึ้น ซึ่งเป็นผลให้ข้าวเปลือกที่อยู่ระหว่างลูกยางทั้งสองมีอุณหภูมิสูงขึ้น เกิดการแตกหักได้ง่าย และสภาพของลูกยางกะเทาะ เมื่อใช้งานเป็นเวลานาน จะทำให้ขนาดของลูกยางกะเทาะเล็กลง และขาดการปรับตั้งที่เหมาะสมทำให้ประสิทธิภาพการสีข้าวลดลงได้ ความเร็วรอบของลูกยางกะเทาะมีผลต่อการทำงานของ เครื่องสีข้าว เมื่อลดความเร็วรอบของลูกยางกะเทาะจะทำให้ อัตราการกะเทาะและปริมาณแกลบที่ได้ลดลง แต่จะได้ปริมาณต้นข้าวเพิ่มมากขึ้น ความชื้นของข้าวเปลือกก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อคุณภาพของข้าวกล้องหรือข้าวขาวที่ได้จากการสี ซึ่งโดยทั่วไปควรทำการสีเมื่อข้าวเปลือก มีค่าความชื้นอยู่ระหว่าง 13-15 เปอร์เซ็นต์ [2] ทักษะของผู้ควบคุมเครื่องสีข้าวก็เป็นปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการสีข้าวเปลือก [3] [4] ลักษณะรูปร่างของ

ข้าวเปลือก หรืออัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้างของข้าวเปลือกมีผลต่อคุณภาพของข้าวกล้องหรือข้าวขาวที่ได้จากการสี โดยข้าวเปลือกที่มีลักษณะเรียวยาว (Long slender) จะมีเปอร์เซ็นต์การแตกหักสูงกว่าข้าวเปลือกที่มีลักษณะสั้น ซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพและประสิทธิภาพการสีข้าว ระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อสมรรถนะการสีข้าว ระยะห่างระหว่างลูกยางที่มากขึ้น ทำให้เปอร์เซ็นต์การแตกหักของข้าวลดลงและมีเปอร์เซ็นต์ของต้นข้าว (Percent Brown Rice) และดัชนีการกะเทาะ (Husking Index) สูงขึ้น กล่าวโดยสรุปได้ว่า คุณภาพการสีข้าวขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ด้านได้แก่ ปัจจัยด้านวิศวกรรม (Engineering Factor) และ ปัจจัยด้านพันธุ์ข้าว (Variety Factor) โดยปัจจัยด้านวิศวกรรมได้แก่ กระบวนการเก็บเกี่ยว การลดความชื้นข้าวเปลือก การเก็บรักษา และขั้นตอนการสีข้าวเปลือก ส่วนปัจจัยด้านพันธุ์ข้าว ได้แก่ ลักษณะทางกายภาพ และสมบัติเชิงกลของข้าวเปลือก การทดสอบเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก สำหรับพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ และพันธุ์ข้าวสันป่าตอง 1 ได้เปอร์เซ็นต์ ข้าวดีร้อยละ 80, 85% อัตราการสีข้าว 32, 35 กิโลกรัม/วัน ตามลำดับ ที่ความเร็วรอบ 1,440 รอบต่อนาที [5] ประสิทธิภาพของการสีข้าวอยู่ระหว่าง 65 ถึง 93 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพของการสีข้าวอยู่ระหว่าง 50 ถึง 71 เปอร์เซ็นต์ ร้อยละข้าวเต็มเมล็ดอยู่ระหว่าง 54 ถึง 81 เปอร์เซ็นต์ [6]

ประเทศไทยใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้นทุกปี ตามการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม แต่แหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้าภายในประเทศลดน้อยลงและกำลังจะหมดไป การใช้โซลาร์เซลล์ผลิตพลังงานไฟฟ้าเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง ที่มีความเหมาะสมกับตำแหน่งพื้นที่ของประเทศ ประกอบกับคุณสมบัติของโซลาร์เซลล์ การใช้และบำรุงรักษาง่ายอายุการใช้งานยาวนาน ขนาดเล็ก ปัจจุบันราคาถูกลงที่สำคัญ เป็นพลังงานสะอาดช่วยลดโลกร้อน ดังนั้นหากเกษตรกรมีเครื่องสีข้าวที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นของตัวเองจะทำให้ เกษตรกรลดต้นทุนและประหยัดพลังงานไฟฟ้า ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อประเมิน

สมรรถนะของเครื่องสีข้าวพลังงานแสงอาทิตย์นี้โดยใช้พลังงานจากโซลาร์เซลล์ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แผนภาพระบบโซลาร์เซลล์ [7]

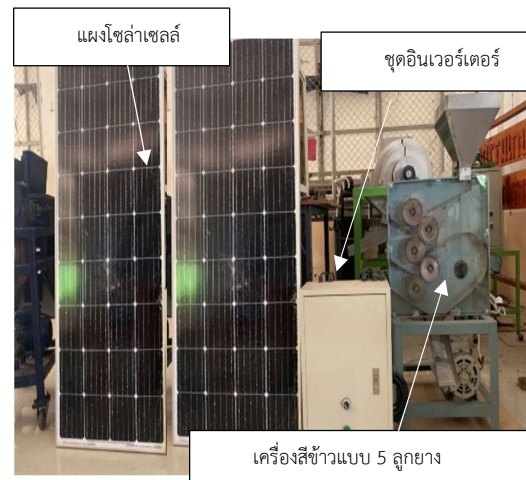
2. วิธีการดำเนินงาน

2.1 การออกแบบและพัฒนาเครื่องต้นแบบ

จากการศึกษาข้อมูลที่สำคัญและเกี่ยวข้องกับการออกแบบเครื่องแล้วจึงได้ดำเนินการ ออกแบบเครื่องสีข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งเกณฑ์และรายละเอียดในการออกแบบเครื่อง มีข้อกำหนดที่สำคัญ ดังต่อไปนี้ ใช้ระบบกะเทาะแบบ 5 ลูกยาง กลไกการทำงานของเครื่อง ทำงานง่าย ไม่ซับซ้อนมากเกินไป ใช้โซลาร์เซลล์เป็นต้นกำลังบำรุงรักษาง่าย สามารถปฏิบัติงานได้สะดวกและปลอดภัย ใช้ผู้ปฏิบัติงาน 1 คน สร้างจากวัสดุที่มีจำหน่ายในประเทศ อุปกรณ์ชิ้นส่วนมาตรฐานต่างๆ หากเกิดการชำรุดสามารถถอดเปลี่ยนได้ง่าย และมีจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด

2.1.1 โครงสร้างเครื่อง

เครื่องสีข้าวกลึงพลังงานแสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้นจะทำงานอาศัยพลังงานจากแสงอาทิตย์โดยรับแสงเข้าแผงโซลาร์เซลล์จากแผงโซลาร์เซลล์เข้ามาเก็บในแบตเตอรี่ จากแบตเตอรี่จะส่งไปยังอินเวอร์เตอร์จากนั้นอินเวอร์เตอร์จะส่งพลังงานไฟฟ้าไปยังมอเตอร์ ทำการใส่เมล็ดข้าวเปลือกลงไปในห้องป้อน และกลไกชุดลูกยางกะเทาะจะทำการสีข้าว ดังรูปที่ 5

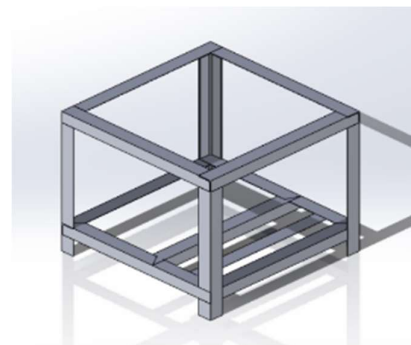


รูปที่ 5 เครื่องสีข้าวพลังงานแสงอาทิตย์

เครื่องสีข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ได้ออกแบบให้มีเครื่องสีข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ ประกอบด้วยโครงสร้างหลักได้แก่ 1.โครงเครื่อง 2.ชุดป้อนข้าวเปลือก 3.ชุดลูกยางกะเทาะข้าวเปลือก 4.ชุดส่งกำลัง 5.ชุดโซลาร์เซลล์ มีรายละเอียดในการออกแบบดังนี้

2.1.2 โครงเครื่อง

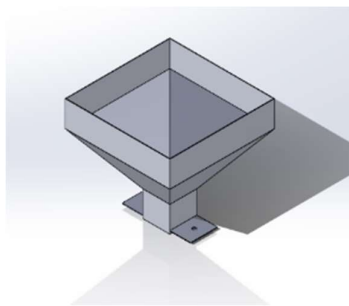
โครงเครื่องทำจากเหล็กฉากหน้าตัด 4 เซนติเมตร x 4 เซนติเมตร นำมาตัดประกอบเชื่อม ให้มีความกว้าง x ความยาว x ความสูง เท่ากับ 40 เซนติเมตร 40 เซนติเมตร 50 เซนติเมตร มีหน้าที่เป็นโครงตัวยึดให้กับชุดต้นกำลัง ชุดลูกยางกะเทาะ และชุดป้อนเมล็ดข้าวเปลือก มีลักษณะดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 โครงเครื่อง

2.1.3 ชุดป้อนเมล็ดข้าวเปลือก

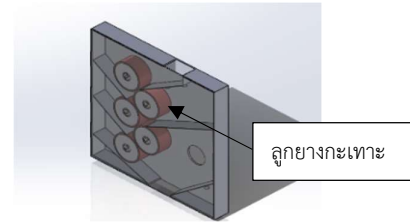
ชุดป้อนเมล็ดข้าวเปลือกทำจากเหล็กแผ่นหนา 1.5 มิลลิเมตร กว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร โดยถังป้อนเมล็ดข้าวเปลือกจะมีหน้าที่ในการป้อนเมล็ดข้าวไม่ให้ไหลลงมากจนเกินไป ซึ่งออกแบบให้มีมุมลาดเอียงของชุดป้อนข้าวเปลือกมีมุม 65 องศา และมีความจุในการเทเมล็ดข้าวแต่ละครั้งได้ 5 กิโลกรัม ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 ชุดป้อนเมล็ดข้าวเปลือก

2.1.4 ชุดลูกยางกะเทาะข้าวเปลือก

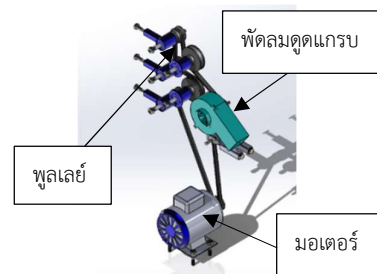
ชุดลูกยางกะเทาะข้าวเปลือกมีหน้าที่สำหรับกะเทาะข้าวเปลือก ส่วนมากทำจากยางพาราโดยใช้ลักษณะการเสียดสี กะเทาะให้แกลบหลุดจากตัวเมล็ดข้าว โดยมี ลูกยาง 2 ลูกหมุนด้วยความเร็วไม่เท่ากัน ทำหน้าที่ฉีกเปลือกของเมล็ดข้าวแยกออกจากแกลบ ลูกยางกะเทาะจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4x6 นิ้ว ระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะสามารถปรับได้ในช่วง 0.8 ถึง 1.0 มิลลิเมตร จำนวนลูกยางกะเทาะออกแบบให้มีจำนวนลูกกะเทาะ 5 ลูก ดังรูปที่ 8 ซึ่งเครื่องสีข้าวเปลือกโดยทั่วไปที่มีขายตามท้องตลาดจะมีจำนวนลูกยางกะเทาะ 2 ถึง 3 ลูก ข้อดีคือสามารถสีข้าวเปลือกเพียงครั้งเดียวจะได้ข้าวกล้องเกือบทั้งหมด มีข้าวเปลือกที่ไม่ผ่านการกะเทาะน้อยมาก ขณะที่เครื่องสีข้าวกล้องแบบ 2 หรือ 3 ลูกยางจะต้องสีข้าวอย่างน้อย 2 ถึง 3 ครั้ง จึงจะสามารถกะเทาะเปลือกได้หมด ดังนั้นจึงทำให้เกษตรกรมีเวลาสำหรับการทำกิจกรรมอื่นๆ เพื่อเสริมรายได้ของครอบครัว



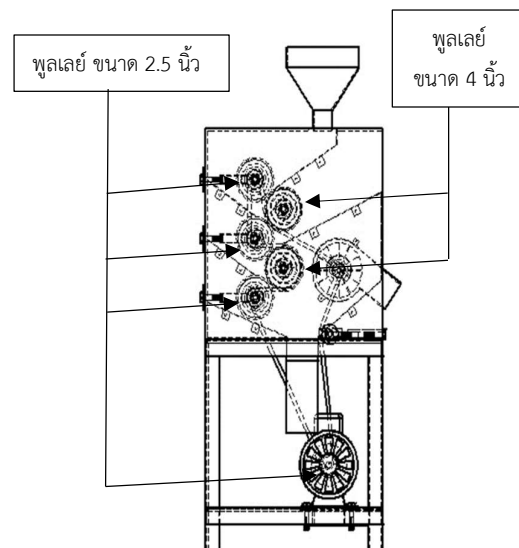
รูปที่ 8 ชุดลูกยางกะเทาะข้าวเปลือก

2.1.5 ชุดส่งกำลัง

ชุดระบบส่งและถ่ายทอดกำลังใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 HP เป็นต้นกำลังเพื่อถ่ายทอดกำลังไปยังพูลเลย์ และลูกยางกะเทาะ เพื่อขับให้ลูกยางกะเทาะหมุนฉีกเปลือกของเมล็ดออก ชุดส่งกำลัง มีลักษณะตามรูปที่ 9-10



รูปที่ 10 ชุดส่งกำลัง



รูปที่ 9 ภาพด้านหน้าของระบบการส่งถ่ายกำลังของชุดลูกยางกะเทาะ

2.1.6 ชุดโซลาร์เซลล์

ชุดโซลาร์เซลล์ประกอบด้วยแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 450 วัตต์ จำนวน 2 แผง แปลงพลังงานแสงอาทิตย์จ่ายให้กับ ขาเจอร์ เพื่อชาร์จแบตเตอรี่ ขนาด 100 แอมป์แอมป์ 12 โวลต์ แบตเตอรี่ทำหน้าที่จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับ อินเวอร์เตอร์ขนาด 3,500 วัตต์ 12 โวลต์ เพื่อแปลงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ดังรูปที่ 10-12



รูปที่ 11 ชุดอินเวอร์เตอร์



รูปที่ 12 แผงโซลาร์เซลล์ขนาด 450 วัตต์ 12 โวลต์



รูปที่ 13 แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์
100 แอมป์แอมป์

หลักการทำงานของเครื่องสีข้าวกลึงแบบ 5 ลูกยาง ที่สร้างขึ้นจะทำงานโดยอาศัยพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ เมื่อมอเตอร์เริ่มทำงานจะทำให้ชุดส่งกำลังทำงานตามไปด้วย หลังจากนั้นชุดส่งกำลังจะทำการส่งกำลังให้กับชุดลูกยางเพื่อให้ชุดลูกยางนั้นทำงาน เมื่อชุดลูกยางกะเทาะเริ่มทำงานก็ทำการใส่เมล็ดข้าวเปลือกลงไปในช่องป้อน และกลไกชุดลูกยางกะเทาะจะเริ่มทำการสีข้าว ในขณะที่ชุดพัดลมทำความสะอาด จะทำหน้าที่ดูดกลีบที่ได้จากการสีข้าวเปลือกไปยังชุดรวบรวมกลีบ

2.2 วิธีการทดสอบ

มีขั้นตอนและรายละเอียดการทดสอบดังนี้ พันธุ์ข้าวเปลือกที่ใช้ในการทดสอบได้แก่ พันธุ์หอมมะลิ พันธุ์ข้าวหอมพวง และพันธุ์ข้าวหอมปทุม ตรวจสอบเครื่องสีข้าวเปลือกให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน สุ่มวัดความชื้นข้าวเปลือก นำข้าวเปลือกจำนวน 1 กิโลกรัม ใส่ไปยังชุดป้อนข้าวเปลือก ความเร็วรอบของมอเตอร์ ที่ศึกษาได้แก่ 1,300, 1,400 และ 1,500 รอบต่อนาที ซึ่งที่ความเร็วรอบดังกล่าวจะมีความเร็วเชิงเส้นของลูกยางกะเทาะที่ 8.64, 9.31 และ 9.97 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ ระยะห่างระหว่างลูกยางที่ใช้ในการทดสอบ 0.8, 0.9 และ 1.0 มิลลิเมตร ในแต่ละการทดสอบทำซ้ำ 3 ครั้ง เพื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติ ตามแผนการทดลองแบบ 3x3x3 factorial experiments in CRD มีค่าซีผลในการศึกษาได้แก่ อัตราการกะเทาะ เปอร์เซนต์ข้าวหัก ดัชนีการกะเทาะ ประสิทธิภาพและประสิทธิผลการสีข้าว โดยทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมตาม มอก.888-2532 [8]

2.2.1 อัตราการกะเทาะ

หาได้จากน้ำหนักข้าวกลึงที่ผ่านการกะเทาะหารด้วยเวลาที่ใช้ในการกะเทาะด้วยสมการที่ (1)

$$TR = \frac{W_{BR}}{T \times 1000} \quad (1)$$

เมื่อ

TR = อัตราการกะเทาะ (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

W_{BR} = น้ำหนักข้าวกลึง (กรัม)

T = เวลาที่ใช้ในการกะเทาะ (ชั่วโมง)

2.2.2 ประสิทธิภาพการสีข้าว

หาได้จากน้ำหนักของข้าวกล้องที่กะเทาะได้หารด้วย
น้ำหนักของข้าวเปลือกที่ใช้ในการทดสอบแสดงดังสมการ
ที่ (2)

$$PTR = \frac{W_{BR}}{W_1} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ

PTR = ประสิทธิภาพการสีข้าว (เปอร์เซ็นต์)

W_{BR} = น้ำหนักข้าวกล้อง (กรัม)

W_1 = น้ำหนักข้าวเปลือกที่ทดสอบ (กรัม)

2.2.3 ประสิทธิภาพการสีข้าว

หาได้จากน้ำหนักของข้าวกล้องเต็มเมล็ดหารด้วย
น้ำหนักของข้าวกล้องที่ได้จากการกะเทาะที่ใช้ในการ
ทดสอบแสดงดังสมการที่ (3)

$$PTE = \frac{W_{HBR}}{W_{BR}} \times 100 \quad (3)$$

เมื่อ

PTE = ประสิทธิภาพการสีข้าว (เปอร์เซ็นต์)

W_{BR} = น้ำหนักข้าวกล้อง (กรัม)

W_{HBR} = น้ำหนักข้าวกล้องเต็มเมล็ด (กรัม)

2.2.4 ดัชนีการกะเทาะ เป็นค่าที่สำคัญในการประเมิน
สมรรถนะของเครื่องสีข้าว คำนวณได้จากสมการ (4)

$$HI = 100 \times \left(1 - \frac{W_{US}}{W_1}\right) \times \frac{W_{HBR}}{(W_1 - W_{US} - W_H)} \quad (4)$$

เมื่อ

HI = ดัชนีการกะเทาะ (เปอร์เซ็นต์)

W_1 = น้ำหนักข้าวเปลือกที่ทดสอบ (กรัม)

W_{US} = น้ำหนักข้าวเปลือกที่ไม่ผ่านการสี (กรัม)

W_{HBR} = น้ำหนักข้าวกล้องเต็มเมล็ด (กรัม)

W_H = น้ำหนักของแกลบ (กรัม)

2.2.5 เปอร์เซ็นต์ข้าวหัก [9]

คำนวณได้จากสมการที่ 5

$$Br = 100 \times \frac{W_{BE}}{(W_{HBR} + W_{BE})} \quad (5)$$

เมื่อ

Br = เปอร์เซ็นต์ข้าวหัก (เปอร์เซ็นต์)

W_{HBR} = น้ำหนักข้าวกล้องเต็มเมล็ด (กรัม)

W_{BE} = น้ำหนักข้าวหักที่แตกหัก (กรัม)

2.2.7 วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์

วัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการทำงาน
จุดคุ้มทุน และวิเคราะห์หาระยะเวลาในการคืนทุนของ
เครื่อง วิธีการประเมินค่าใช้จ่ายโดยรวม ในการใช้งาน
เครื่องโดยพิจารณาจาก เกษตรกรซื้อเครื่องแทนวิธีการใช้
แรงงานคน ซึ่งค่าใช้จ่ายโดยรวมจะประกอบด้วยต้นทุน
คงที่และต้นทุนผันแปร โดยต้นทุนคงที่ได้แก่ ค่าเสื่อม
ราคาของเครื่อง (คิดค่าเสื่อมราคาโดยวิธีเส้นตรงเมื่อ
ประมาณอายุการใช้งานของเครื่องสีข้าวพลังงาน
แสงอาทิตย์เท่ากับ 5 ปี) และค่าเสียโอกาสของเงินทุน
(คิดอัตราดอกเบี้ย 10 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งค่าใช้จ่ายที่เป็น
ต้นทุนคงที่จะไม่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณของการใช้
งานของเครื่องสีข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ อย่างไรก็ตามการ
วิเคราะห์จะไม่คิดต้นทุนคงที่เกี่ยวกับค่าประกันภัย ค่า
ภาษี ค่าโรงเรือน และค่าจ้างขนย้ายเครื่องสีข้าวพลังงาน
แสงอาทิตย์ไปทำงานตามสถานที่ต่าง ๆ เป็นต้น
สำหรับต้นทุนผันแปรซึ่งเป็นต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงไปตาม
ปริมาณของการทำงาน ได้แก่ ค่าจ้างแรงงานคนเพื่อ
ทำงานร่วมกับเครื่อง ค่าบำรุงรักษาและค่าซ่อมแซม เป็น
ต้น

1. ค่าเสื่อมราคา คำนวณได้จากสมการที่ 6 [10]

$$D = \left(\frac{P-S}{L}\right) \quad (7)$$

เมื่อ

D = ค่าเสื่อมราคา (บาทต่อปี)

P = ราคาเครื่องจักร (บาท)

S = มูลค่าซาก (บาท)

L = อายุการใช้งาน (ปี)

2. ค่าดอกเบี้ย หรือค่าเสียโอกาสในการลงทุน
สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 7 [10]

$$I = \frac{(P+S)}{2} \times i \quad (8)$$

เมื่อ

I = ค่าดอกเบี้ย (บาทต่อปี)

i = อัตราดอกเบี้ยทศนิยม

3. ระยะเวลาในการคืนทุน

เป็นการคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนของเครื่องจักรว่า
มีระยะเวลานานเท่าไรเมื่อลงทุนในเครื่องจักรไปแล้ว จะ
ได้รับผลตอบแทนกลับคืนมาในจำนวนเงินเท่ากับที่ลงทุน
ไปแล้วภายในระยะเวลาที่ปี คำนวณได้จากสมการที่ 8
[11]

$$PBP = \frac{P}{R} \quad (9)$$

เมื่อ

PBP = ระยะเวลาในการคืนทุน (ปี)

p = ราคาเครื่องจักร (ปี)

R = กำไรสุทธิต่อปี (บาทต่อปี)

4. จุดคุ้มทุน

จุดคุ้มทุนในการทำงานของเครื่องคือจุดที่รายได้และ
รายจ่ายจากการใช้เครื่องมีค่าเท่ากัน หรือจุดที่ไม่ก่อให้เกิด
ผลกำไร คำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างผลรวมของ
ค่าใช้จ่ายคงที่กับผลต่างระหว่างอัตราการรับจ้างและ
ค่าใช้จ่ายผันแปร ดังสมการที่ 9 [10]

$$PBP = \frac{F_c}{B-VC} \quad (10)$$

เมื่อ

BEP = จุดคุ้มทุน (ชั่วโมงต่อปี)

F_c = ค่าใช้จ่ายคงที่ (บาทต่อปี)

B = อัตราการรับจ้าง (บาทต่อปี)

VC = ค่าใช้จ่ายผันแปร (บาทต่อชั่วโมง)

5. ค่าใช้จ่ายรวมของเครื่อง

ค่าใช้จ่ายรวมของเครื่องสี่ขาพลังงานแสงอาทิตย์
ได้แก่ผลรวมของค่าใช้จ่ายคงที่และค่าใช้จ่ายผันแปร
คำนวณได้จากสมการที่ 10 [10]

$$TC = \frac{F_c}{X} + VC \quad (11)$$

เมื่อ

TC = ค่าใช้จ่ายรวมของเครื่อง (บาทต่อชั่วโมง)

F_c = ค่าใช้จ่ายคงที่ (บาทต่อปี)

X = ชั่วโมงการทำงานต่อปี (ชั่วโมง)

VC = ค่าใช้จ่ายผันแปร (บาทต่อชั่วโมง)

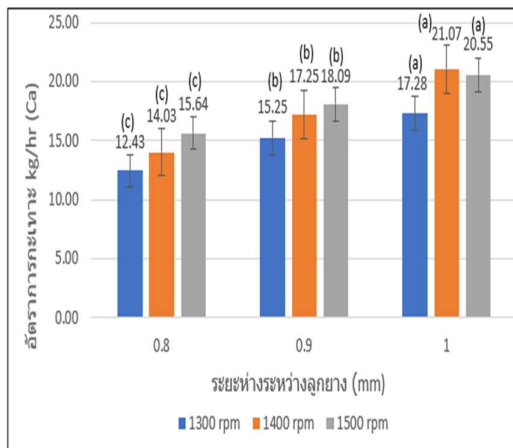
3. ผลการศึกษา

3.1 ความสามารถในการสี่ขา

สมรรถนะและประสิทธิภาพการสี่ขาล้อทองมะลิ ที่
ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,300 1,400 และ 1,500 รอบต่อ
นาที และระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะเท่ากับ 0.8 0.9
และ 1.0 มิลลิเมตร แสดงดังรูปที่ 14-18 ที่ความเร็วรอบ
มอเตอร์ 1,300 รอบต่อนาที ความเร็วรอบของลูกยาง
กะเทาะรอบเร็วเท่ากับ 1,300 รอบต่อนาที ขณะที่
ความเร็วรอบของลูกยางกะเทาะรอบช้าเท่ากับ 780 รอบ
ต่อนาที จากรูปที่ 14-18 สรุปได้ว่าที่ความเร็วรอบลูกยาง
กะเทาะรอบเร็ว 1,400 รอบต่อนาที และความเร็วรอบลูก
ยางกะเทาะรอบช้าที่ 885 รอบต่อนาที ระยะห่างระหว่าง
ลูกยางที่ 0.9 มิลลิเมตร จะให้อัตราการกะเทาะขั้วกลิ้ง
สูงสุดเท่ากับ 17.25 กิโลกรัมขั้วกลิ้งต่อชั่วโมง
เปอร์เซ็นต์ขั้วแตกหัก 0.46 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพการ
กะเทาะ 86.69 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพการกะเทาะ
87.09 เปอร์เซ็นต์ และดัชนีการกะเทาะ 96.85 เปอร์เซ็นต์
ประสิทธิภาพและดัชนีการกะเทาะขั้วกลิ้งที่ความเร็ว

รอบของลูกยางกะเทาะรอบเร็วเท่ากับ 1,300 รอบต่อนาที ความเร็วรอบของลูกยางกะเทาะรอบช้าเท่ากับ 780 รอบต่อนาที ระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะ 0.9 มิลลิเมตร มีค่าเท่ากับ 81.76 และ 97.02 เปอร์เซ็นต์ และมีเปอร์เซ็นต์ข้าวแตกหัก 0.49 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเพิ่มความเร็วรอบลูกยางกะเทาะรอบเร็วเป็น 1,400 รอบต่อนาที ระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะ 0.8 มิลลิเมตร ความเร็วรอบของลูกยางกะเทาะรอบช้าเท่ากับ 840 รอบต่อนาที ประสิทธิภาพและดัชนีการกะเทาะข้าวกล้องมีค่าเท่ากับ 84.91 และ 97.72 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเพิ่มความเร็วรอบลูกยางกะเทาะรอบเร็วเป็น 1,500 รอบต่อนาที ระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะ 0.8 มิลลิเมตร ความเร็วรอบของลูกยางกะเทาะรอบช้าเท่ากับ 885 รอบต่อนาที ประสิทธิภาพและดัชนีการกะเทาะข้าวกล้องมีค่าเท่ากับ 74.61 และ 97.74 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

รูปที่ 14 อัตราการกะเทาะข้าวกล้องที่ความเร็วรอบ

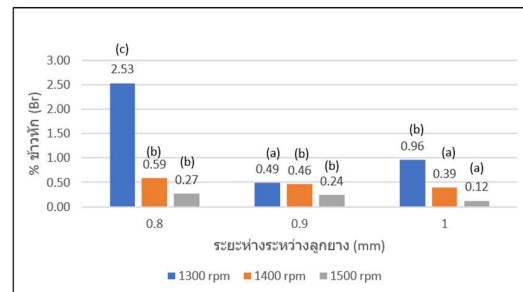


และระยะห่างระหว่างลูกยางต่างกัน (ข้าวหอมมะลิ)

abc อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละสภาวะทดสอบแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากข้อมูลการทดสอบ พบว่า ระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การแตกหักของข้าวกล้อง ถ้าระยะห่างระหว่างลูกยางน้อยเกินไป (0.8 มิลลิเมตร) จะทำให้มีเปอร์เซ็นต์การแตกหักของข้าวสูงขึ้น ประมาณ 30

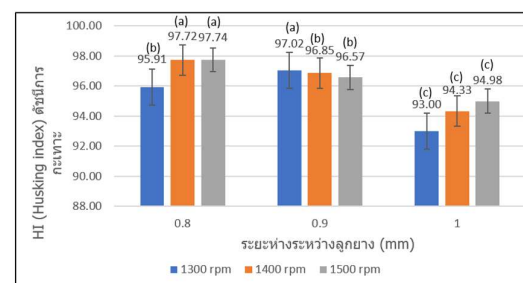
เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่เดียวกันถ้าระยะห่างระหว่างลูกยางมากเกินไป (1.0 มิลลิเมตร) ค่าดัชนีการกะเทาะจะจะมีค่าลดลงตามไปด้วย ขณะที่ผลของความเร็วรอบของมอเตอร์ต่อ เปอร์เซ็นต์การแตกหักของข้าว พบว่า ความเร็วรอบของมอเตอร์ที่สูงมากเกินไป (มากกว่า 1,300 รอบต่อนาที) ทำให้เปอร์เซ็นต์การแตกหักของข้าวเพิ่มขึ้นถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น ความเร็วรอบและระยะห่างระหว่างลูกยางที่เหมาะสมสำหรับการสีข้าวกล้องหอมมะลิ 1,400 รอบต่อนาที และ 0.9 มิลลิเมตร ตามลำดับ



รูปที่ 15 เปอร์เซ็นต์ข้าวหักของข้าวกล้องที่ความเร็ว

รอบและระยะห่างระหว่างลูกยางต่างกัน (ข้าวหอมมะลิ)

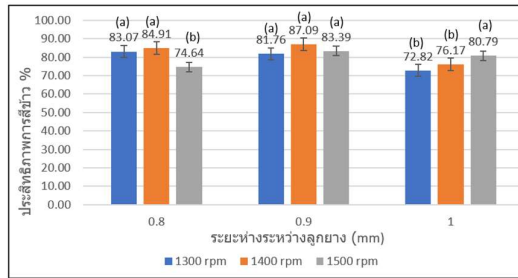
abc อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละสภาวะทดสอบแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



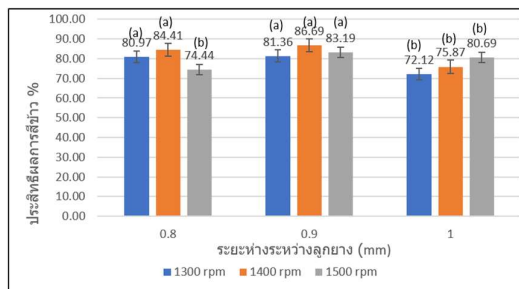
รูปที่ 16 ดัชนีการกะเทาะที่ความเร็วรอบและระยะห่าง

ระหว่างลูกยางต่างกัน (ข้าวหอมมะลิ)

abc อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละสภาวะทดสอบแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



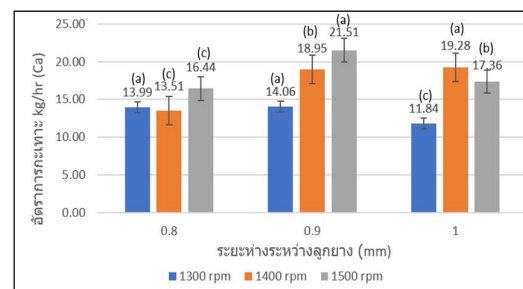
รูปที่ 17 ประสิทธิภาพการกะเทาะที่ความเร็วรอบ และระยะห่างระหว่างลูกยางต่างกัน (ข้าวหอมมะลิ)
abc อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละสภาวะทดสอบแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



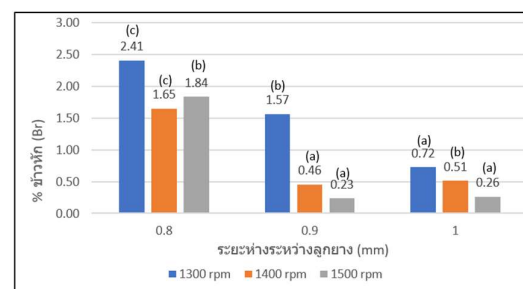
รูปที่ 18 ประสิทธิภาพการกะเทาะที่ความเร็วรอบ และระยะห่างระหว่างลูกยางต่างกัน (ข้าวหอมมะลิ)
abc อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละสภาวะทดสอบแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

สมรรถนะและประสิทธิภาพการสีข้าวหอมพวง ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,300 1,400 และ 1,500 รอบต่อนาที และระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะเท่ากับ 0.8 0.9 และ 1.0 มิลลิเมตร แสดง ดังรูปที่ 19-23 สรุปได้ว่าที่ความเร็วรอบลูกยางกะเทาะรอบเร็ว 1,500 รอบต่อนาที และความเร็วรอบลูกยางกะเทาะรอบช้าที่ 885 รอบต่อนาที ระยะห่างระหว่างลูกยางที่ 0.9 มิลลิเมตร จะให้อัตราการกะเทาะข้าวกล้องสูงสุดเท่ากับ 21.51 กิโลกรัมข้าวกล้องต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ข้าวแตกหัก 0.23 เปอร์เซ็นต์ และดัชนีการกะเทาะ 96.87 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งให้ผลการทดสอบเปอร์เซ็นต์การแตกหักน้อยที่สุด จากข้อมูลการทดสอบ พบว่า ระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะ

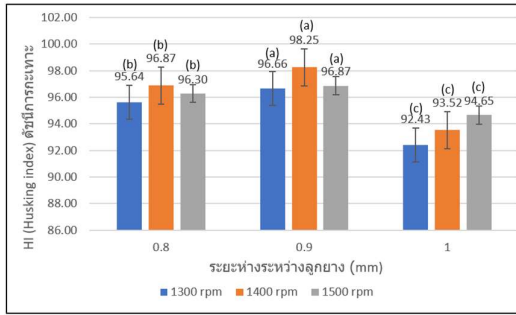
มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การแตกหักของข้าวกล้อง ถ้าระยะห่างระหว่างลูกยางน้อยเกินไป (น้อยกว่า 0.9 มิลลิเมตร) จะทำให้มีเปอร์เซ็นต์การแตกหักของข้าวมีแนวโน้มสูงขึ้น ขณะที่ผลของความเร็วเชิงเส้นของลูกยางกะเทาะต่อเปอร์เซ็นต์การแตกหักของข้าว พบว่า ความเร็วเชิงเส้นของลูกยางกะเทาะที่น้อยเกินไป (น้อยกว่า 1,500 รอบต่อนาที) ทำให้เปอร์เซ็นต์การแตกหักของข้าวเพิ่มขึ้นถึง 3 เปอร์เซ็นต์ และค่าดัชนีการกะเทาะมีแนวโน้มลดลงด้วย ดังนั้น ความเร็วเชิงเส้นและระยะห่างระหว่างลูกยางที่เหมาะสมสำหรับการสีข้าวหอมพวง อยู่ที่ 1,500 รอบต่อนาที และ 0.9 มิลลิเมตร ตามลำดับ



รูปที่ 19 อัตราการกะเทาะข้าวกล้องที่ความเร็วรอบ และระยะห่างระหว่างลูกยางต่างกัน (ข้าวหอมพวง)
abc อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละสภาวะทดสอบแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

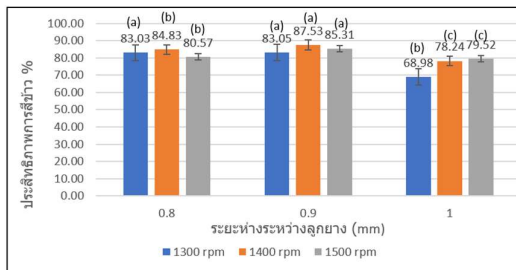


รูปที่ 20 เปอร์เซ็นต์ข้าวหักที่ความเร็วรอบและระยะห่างระหว่างลูกยางต่างกัน (ข้าวหอมพวง)
abc อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละสภาวะทดสอบแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



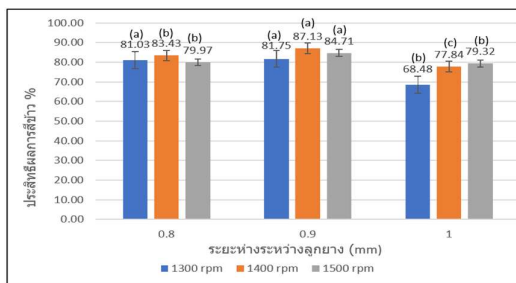
รูปที่ 21 ดัชนีการกะเทาะที่ความเร็วรอบและระยะห่างระหว่างลูกยางต่างกัน (ข้าวหอมพวง)

abc อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละสภาวะทดสอบแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



รูปที่ 22 ประสิทธิภาพการกะเทาะที่ความเร็วรอบและระยะห่างระหว่างลูกยางต่างกัน (ข้าวหอมพวง)

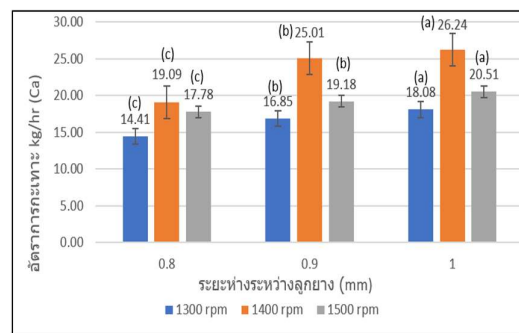
abc อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละสภาวะทดสอบแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



รูปที่ 23 ประสิทธิภาพการกะเทาะที่ความเร็วรอบและระยะห่างระหว่างลูกยางต่างกัน (ข้าวหอมพวง)

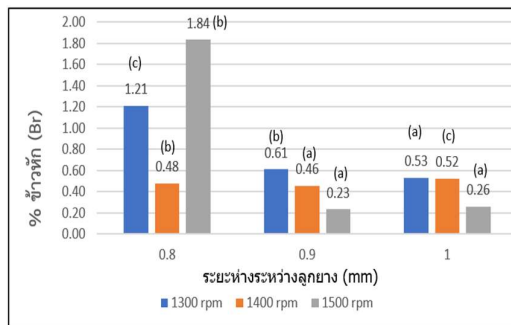
abc อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละสภาวะทดสอบแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

สมรรถนะและประสิทธิภาพการสีข้าวหอมปทุม ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,300 1,400 และ 1,500 รอบต่อนาที และระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะเท่ากับ 0.8 0.9 และ 1.0 มิลลิเมตร แสดง ดังรูป 23-27 สรุปได้ว่าที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,500 รอบต่อนาที และความเร็วรอบลูกยางกะเทาะรอบซ้ำที่ 885 รอบต่อนาที ระยะห่างระหว่างลูกยางที่ 0.9 มิลลิเมตร จะให้อัตราการกะเทาะข้าวกล้องเท่ากับ 19.18 กิโลกรัมข้าวกล้องต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ข้าวแตกหัก 0.23 เปอร์เซ็นต์ และดัชนีการกะเทาะ 96.87 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งให้ผลการทดสอบเปอร์เซ็นต์การแตกหักน้อยที่สุด จากข้อมูลการทดสอบ พบว่าระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การแตกหักของข้าวกล้อง ถ้าระยะห่างระหว่างลูกยางน้อยเกินไป (น้อยกว่า 0.9 มิลลิเมตร) จะทำให้มีเปอร์เซ็นต์การแตกหักของข้าวสูงขึ้น ขณะที่ผลของความเร็วรอบของมอเตอร์ต่อ เปอร์เซ็นต์การแตกหักของข้าว พบว่าความเร็วรอบของมอเตอร์ที่น้อยเกินไป (น้อยกว่า 1,500 รอบต่อนาที) ทำให้เปอร์เซ็นต์การแตกหักของข้าวเพิ่มขึ้นถึง 4 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น ความเร็วรอบและระยะห่างระหว่างลูกยางที่เหมาะสมสำหรับการสีข้าวหอมปทุมอยู่ที่ 1,500 รอบต่อนาที และ 0.9 มิลลิเมตร ตามลำดับ



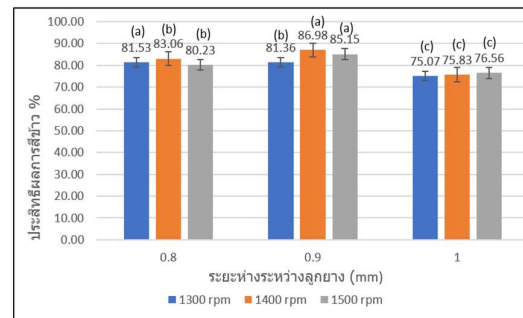
รูปที่ 24 อัตราการกะเทาะข้าวกล้องที่ความเร็วรอบและระยะห่างระหว่างลูกยางต่างกัน (ข้าวหอมปทุม)

abc อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละสภาวะทดสอบแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



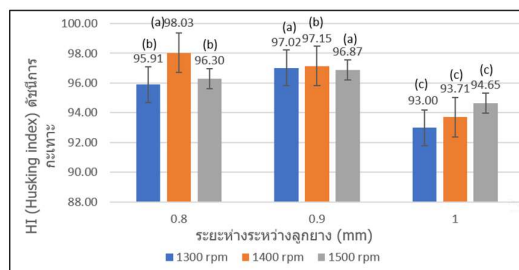
รูปที่ 25 เปอร์เซนต์ข้าวหักที่ความเร็วรอบและระยะห่างระหว่างลูกยางต่างกัน (ข้าวหอมปทุม)

^{abc}อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละสภาวะทดสอบแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



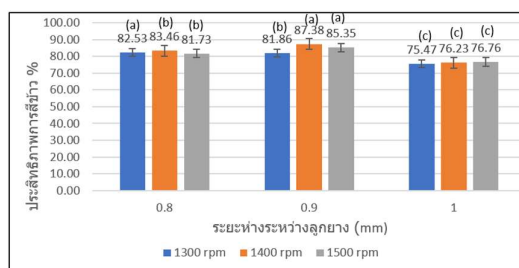
รูปที่ 28 ประสิทธิภาพการกะเทาะที่ความเร็วรอบและระยะห่างระหว่างลูกยางต่างกัน (ข้าวหอมปทุม)

^{abc}อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละสภาวะทดสอบแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



รูปที่ 26 ดัชนีการกะเทาะที่ความเร็วรอบและระยะห่างระหว่างลูกยางต่างกัน (ข้าวหอมปทุม)

^{abc}อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละสภาวะทดสอบแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



รูปที่ 27 ประสิทธิภาพการกะเทาะที่ความเร็วรอบและระยะห่างระหว่างลูกยางต่างกัน (ข้าวหอมปทุม)

^{abc}อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละสภาวะทดสอบแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของดัชนีการกะเทาะ พบว่าชนิดของพันธุ์ข้าว (RV) ที่ใช้ในการทดสอบไม่มีนัยสำคัญ ทางสถิติต่อค่าดัชนีการกะเทาะ ที่ระดับ 0.05 ส่วนค่าความเร็วรอบ (LV) และ ระยะห่างระหว่างลูกยาง (RC) มีผลต่อค่าดัชนีการกะเทาะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ ANOVA สำหรับดัชนีการกะเทาะ

Source	SS	df	F	Sig.
A-RV	.064	2	.032	.968
B-LV	18.37	2	1.785	.000
C-RC	205.059	2	1.085	.000
Error	54.000	54		
Total	746478.542	81		

3.2 วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่อง

จากผลการทดสอบเครื่องสีข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ ได้ออกแบบและพัฒนาขึ้นโดยใช้แรงงานคนปฏิบัติงาน 1 คน ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่อง 43,000 บาท เมื่อกำหนดให้เครื่องทำงาน 8 ชั่วโมง/วัน ทำงานปีละ 300 วัน ค่าแรงงานในการควบคุมเครื่อง 300 บาทต่อวัน หรือประมาณ 37.5 บาทต่อชั่วโมง ค่าบำรุงรักษา 20 บาทต่อ

ชั่วโมง อัตรารับจ้างสีข้าวเปลือก 70 บาทต่อชั่วโมง ผลประโยชน์สุทธิ 69,635 บาทต่อปี ผลการวิเคราะห์ ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์ พบว่าเมื่อใช้เครื่องสีข้าวกล้อง 2,400 ชั่วโมงต่อปี มีค่าใช้จ่ายในการทำงาน 1.68 บาทต่อ กิโลกรัม จุดคุ้มทุนในการทำงาน 337 ชั่วโมงต่อปี และมีระยะเวลาในการคืนทุน 0.62 ปี

4. สรุป

เครื่องสีข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ที่ออกแบบ เป็น เครื่องสีข้าวกล้องขนาดเล็กที่ ประกอบด้วยโครงสร้างหลัก หลัก 5 ส่วน 1.แผงโซลาร์เซลล์ 2.แบตเตอรี่ 3.ชุด อินเวอร์เตอร์ 4.ชาร์จเจอร์ 5. เครื่องสีข้าวแบบ 5 ลูกยาง ผลการทดสอบเครื่องสีข้าวกล้องพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อ สมรรถนะและประสิทธิภาพการสีข้าวกล้อง ได้แก่ สาย พันธุ์ข้าวเปลือก ระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะ และ ความเร็วรอบของมอเตอร์ ความเร็วเชิงเส้นของลูกยาง กะเทาะที่เหมาะสมสำหรับการสีข้าวกล้องสายพันธุ์หอม มะลิ เท่ากับ 1,400 รอบต่อนาที ระยะห่างระหว่างลูก ยางที่เหมาะสม 0.9 มิลลิเมตร ความสามารถในการ กะเทาะข้าวเปลือก 17.25 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ ข้าวแตกหัก 0.46 เปอร์เซ็นต์ และดัชนีการกะเทาะ 96.85 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วรอบของมอเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับ การสีข้าวหอมปทุม เท่ากับ 1,500 รอบต่อนาที ระยะห่าง ระหว่างลูกยางที่เหมาะสม 0.9 มิลลิเมตร อัตราการ กะเทาะข้าวเปลือก 21.51 กิโลกรัมต่อ เปอร์เซ็นต์ข้าว แตกหัก 0.23 เปอร์เซ็นต์ และดัชนีการกะเทาะ 96.87 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วรอบของมอเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับ การสีข้าวกล้องสายพันธุ์หอมพวง เท่ากับ 1,500 รอบต่อนาที ระยะห่างระหว่างลูกยางที่เหมาะสม 0.9 มิลลิเมตร อัตราการกะเทาะข้าวเปลือก 19.18 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ข้าวแตกหัก 0.24 เปอร์เซ็นต์ และดัชนีการ กะเทาะ 96.87 เปอร์เซ็นต์

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากภาควิชาวิศวกรรม เกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่สนับสนุนงบประมาณในการจัดสร้าง สถานที่และอุปกรณ์ในการทดสอบ คณะผู้วิจัย ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] A. Baker, R.S. D. Joyce, C. Briggs and M. Brockf, "Effect of different rubber materials on husking dynamics of paddy rice," [Online]. Available: www.eprints.whiterose.ac.uk
- [2] T. Nonthaputha, K. Chalermwong, S. Tantivivat and N. Rattanaporn, "Mini brown rice mill for house hold," *RMUTP Research Journal (Special Issue)*, pp. 489-498, 2015.
- [3] S.M. Dauda, "Performance evaluation of a locally developed rice dehulling machine," *IJAAR*, vol. 2, no. 1, pp. 15-21, 2012.
- [4] P. Boonprakong, K. Patommakesorn and A. Thianboocha, "The effectiveness of small rice mill machine for rice mill of rice varieties trading in chai-nat province," *VRU Research and Development Journal Science and Technology*, pp.105-117, 2020.
- [5] S. Bangpan and P. Bangpan, "Small rice milling machine open type," in *13th TSAE National Conference*, Chiang Mai, 2012.
- [6] R. Kalsirisilp, S. Aliusman and J. Langkapin, "Testing and evaluation of rice milling machine based on Thai industrial standard" *Research Journal Rajamangala University of Technology Thanyaburi*, vol 18, pp. 1-16, 2019.

- [7] Block Diagram of the Developed Solar System [Online]. Available: www.researchgate.net/figure/Block-diagram-of-the-developed-solar-system
- [8] Thai Industrial Standards Institute (TISI) no. 8 8 8 - 1989, Ministry of industry [Online]. Available: <https://service.tisi.go.th/standard>
- [9] Rice Quality, Japan International Cooperation Agency (JICA) [Online]. Available: www.jica.go.jp/project/english/sudan
- [10] A. W. Stonier, *A Text Book of Economic Theory*. New York: Longman, 1980.
- [11] D. Humt, *Farm Power and Machinery Management*. Waveland Press, 2016.