

การออกแบบเครื่องสีข้าวกล้องแบบภูมิปัญญาท้องถิ่น

Local Knowledge in Community-Based Approaches to Brown Rice Milling

Machine Design

จริยาภรณ์ อุ๋นวงษ์^{1*} สุทัศน์ ขานน้ำคำ² ตะวันฉาย โพธิ์หอม³

^{1,2,3}ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

E-mail: enjarisa@ubu.ac.th

Jariyaporn Onwong^{1*} Sutthath Khannamkum² Tawanchai Phohom³

^{1,2,3}Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Ubonratchathani University,

Ubonratchathani

E-mail: enjarisa@ubu.ac.th

บทคัดย่อ

จุดประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อพัฒนาเครื่องสีข้าวกล้องมือหมุนตามแบบภูมิปัญญาท้องถิ่น ให้มีความทันสมัย ใช้งานสะดวก และทนทาน จากการรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มเกษตรกร 5 ชุมชน เครื่องสีข้าวกล้องจะแยกเปลือกและข้าวกล้องในขั้นตอนเดียวด้วยการใช้แรงกดจากแนวตั้งและการเสียดสีของท่อนพินบนและพินล่างด้วยแรงงานคน เครื่องสีข้าวแบบนี้ได้ความนิยมจากกลุ่มเกษตรกรปลูกข้าวในชนบทเพื่อใช้เองในครัวเรือน การสีข้าวกล้องด้วยแนวตั้งมีการทำลายจมูกข้าวน้อยและทำให้เมล็ดข้าวไม่หักงายเมื่อเทียบกับเครื่องสีข้าวแบบแกนนอน เครื่องสีข้าวทำจากไม้มีอายุการใช้งานเฉลี่ยที่ 2 ปี โดยต้นทุน 3000 - 5000 บาทตามขนาดของเครื่อง อัตราการผลิตเฉลี่ยที่ 3.75 กิโลกรัมต่อชั่วโมงมีเปอร์เซ็นต์ข้าวตันประมาณร้อยละ 60-70 เครื่องสีข้าวถูกพัฒนาด้วยใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ สีข้าวกล้องที่พัฒนาขึ้นมีขนาด 700 × 500 × 1650 มิลลิเมตร วัสดุที่ใช้มีความทนทานมากขึ้นโดยใช้ เหล็ก สังกะสีเคลือบ อลูมิเนียม และ สเตนเลส มีกลไกการคัดแยกข้าว ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ที่ความเร็วรอบ 1600 รอบต่อนาทีราคาต้นทุนที่ 11412 บาทต่อเครื่อง อัตราการผลิต 15 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มคิดเป็นร้อยละ 67

คำหลัก เครื่องสีข้าว ข้าวกล้อง ภูมิปัญญาท้องถิ่น

Abstract

The purpose of this study is to design a brown rice milling machine based on local knowledge in order to improve its modernization, user-friendliness and durability. Data is gathered from five rice-growing communities. The brown rice milling is a one step milling process where the husk and the bran are removed in one pass and brown rice is produced directly from paddy. This type of mill is popular in many poorer rice-growing communities and is widely used for custom milling of household rice. This mill uses vertical pressure and friction to remove the hull and polish the grain. This result in less broken kernels, a low destruction of germ when compare with the horizontal mill. The brown rice is mixed in with the rice hull, and then is separated manually. The rice mill machine is made of wood; the life time is 2 years in average. Cost of the machine is 3000 – 5000 Baht per machine. Production rate is 3.75 Kgs per hour

with the head rice yields about 60-70% of the total milled rice. The dimension of the developed brown rice milling machine is 700 × 500 × 1650 mm. It made of durable material like steel and aluminum. The machine includes rice hull separating. The mechanism is driven by electric motor 1600 rpm/min. The production rate is 15 Kgs per hour which increases up 67% from the conventional design. The total cost is 11412 Baht per machine.

Keywords: Rice milling machine, Brown Rice, Local Knowledge

1. บทนำ

1.1 ความสำคัญ

ข้าวกล้อง ข้าวซ้อมมือหรือข้าวแดงคือข้าวที่ผ่านการกะเทาะเปลือกออกเพียงอย่างเดียวและไม่ผ่านการบวนการขัดสีหรืออาจมีการขัดสีเพียงเล็กน้อยเพื่อให้ต่อการหุงต้ม ดังนั้นข้าวกล้องจึงคงจมูกข้าวและเยื่อหุ้มเมล็ดซึ่งเป็นแหล่งของสารอาหารต่างๆ ที่ช่วยเรื่องการขับถ่าย ช่วยป้องกันโรคเหน็บชา ปากนกกระจอก และมีคุณสมบัติของการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ ด้วยคุณประโยชน์ของข้าวกล้อง ความต้องการบริโภคข้าวกล้องจึงมากขึ้น หลากหลายรูปแบบทั้งการบริโภคในรูปแบบของข้าวหรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ข้าวกล้องที่วางขายตามท้องตลาด ส่วนมากผลิตจากโรงสีขนาดใหญ่มีการใช้สารเคมีเพื่อกำจัดมอด ทำให้เกิดสารตกค้างสะสมเป็นอันตรายต่อสุขภาพ ดังนั้นเครื่องสีข้าวกล้องระดับครัวเรือนจึงมีความต้องการมากขึ้น

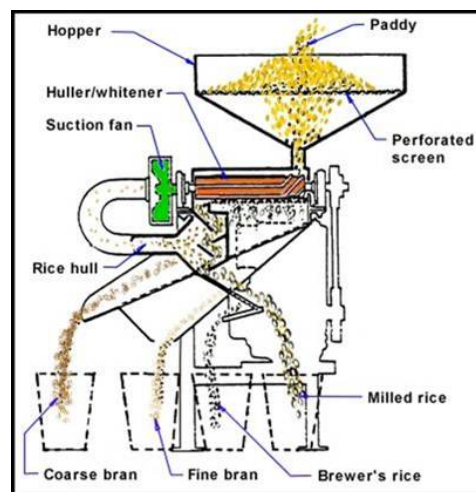
1.2 เครื่องสีข้าวกล้อง

การสีข้าวคือการกะเทาะเปลือกเพื่อแยกเปลือกหุ้มเมล็ดหรือแกลบ (Husk) ออกจากเมล็ดข้าวเพื่อผลิตเมล็ดข้าว อุตสาหกรรมการผลิตข้าวกล้องใช้วิธีการทำให้เปลือกข้าวแตกออกซึ่งเป็นที่มาของคำว่า “ข้าวซ้อมมือ” แล้วทำการคัดแยกเปลือกกับเมล็ดข้าว ต่อมาการผลิตเครื่องสีข้าวกล้องขนาดเล็กสำหรับชุมชนและครอบครัวมากขึ้น

การกะเทาะเป็นหัวใจหลักของการสีข้าวกล้อง มีกลไกที่สามารถจำแนกได้ดังนี้ [1]

การกะเทาะด้วยเพลาลูกเหล็ก: Steel Husker

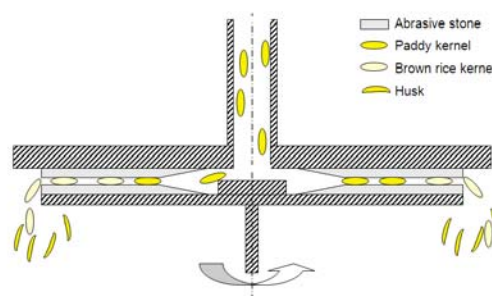
การกะเทาะเปลือกและขัดขาวทำพร้อมกันขั้นตอนเดียว ข้าวเปลือกจะผ่านระหว่างเพลาลูกเหล็กที่หมุนซึ่งอยู่ในท่อทรงกระบอก เปลือกข้าวแตกออกด้วยการเสียดสีทั้งเมล็ดข้าวดี ข้าวหัก แกลบผสมมาด้วยกัน กำลังขับ 5-20 แรงม้า ใช้งานง่าย ราคาถูก แต่ร้อยละของข้าวหักสูง



รูปที่ 1 การกะเทาะเปลือกด้วยเพลาลูกเหล็ก (Steel Huller) [1]

การกะเทาะด้วยหินขัด (Under Runner Disc)

เหมาะสำหรับข้าวเปลือกขนาดไม่สม่ำเสมอ ส่วนประกอบที่สำคัญคือจานเหล็กเคลือบด้วยหินกาบเพชร 2 แผ่น วางขนานกันและหันหน้าเข้าหากันในแนวราบ แผ่นบนจะถูกยึดอยู่ที่ส่วนแผ่นล่างจะหมุนและสามารถปรับความลาดเอียง ช่องว่างระหว่างแผ่นทั้งสองตามขนาดข้าวเปลือก



รูปที่ 2 การกะเทาะเปลือกด้วยหินขัด [1]

การเสียดสีของหินขัดระหว่างการกะเทาะ ข้าวเปลือกจะถูกกดที่ปลายทั้งสองด้าน เปลือกที่ขบกันอยู่แตกออกจากกันทำให้เมล็ดข้าวกล้องหลุดจากเปลือก

การกะเทาะด้วยลูกยาง

ปัจจุบันถือว่าเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด ปริมาณข้าวหักและข้าวแตกต่ำสุด ลูกยาง 2 ลูกหมุนด้วยความเร็วต่างกัน ทำหน้าที่ฉีกเปลือกของเมล็ดออก จึงไม่มีจมูกข้าวและต้นอ่อนติดมากับเปลือก ประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับขนาดของลูกยางและการปรับลูกยางที่เหมาะสม ระยะที่ชิดเกินไปมอเตอร์ทำงานหนักและมีข้าวหักมาก ถ้าห่างมากการกะเทาะเปลือกข้าวได้น้อย ดังนั้นจึงต้องอาศัยผู้มีประสบการณ์ในการเดินเครื่อง



รูปที่ 3 การกะเทาะเปลือกด้วยลูกยาง [1]

ลักษณะเด่น-ลักษณะด้อยของการกะเทาะทั้ง 3 วิธี สามารถเปรียบเทียบและสรุปดังตารางที่ 1 เครื่องสีข้าวกล้องขนาดเล็กที่มีจำหน่ายปัจจุบันเป็นแบบกะเทาะด้วยลูกยาง ด้วยมอเตอร์ขนาด 1/3 แรงม้า 220 โวลต์ น้ำหนักเครื่อง 33 กิโลกรัม สีข้าวเปลือกได้ 15-20 กิโลกรัม/ชั่วโมง เครื่องสีข้าวกล้องที่นำเข้าจากต่างประเทศ เช่น เกาหลี ไต้หวัน ส่วนใหญ่เป็นแบบชุดกะเทาะเปลือกแบบจานเหวี่ยง ใช้ต้นกำลังต่ำ มีปริมาณข้าวหักมากและเมื่อข้าวหลุดขึ้นส่วนอะไหล่บางอย่างต้องนำเข้าจากต่างประเทศ [2]

เครื่องสีข้าวเล็กครัวเรือน รุ่น มกศ. 2555 พัฒนาโดยรศ.ดร.ศักดา อินทวิชัยและทีมวิจัยวิธาน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีลักษณะเด่น คือ ขนาดเครื่องกะทัดรัด 277 X 340 X 585 มิลลิเมตร น้ำหนัก 15 กิโลกรัม จูข้าวเปลือกที่สีได้ 300 กรัม ความเสียหายจากการเคลื่อนที่ของข้าวเปลือกผ่านชั้นส่วนตะแกรงขัดซึ่งอยู่ภายในชุดห้องขัดที่ติดอยู่กับที่และเพลาคัดซึ่งมีครีบกัดให้ข้าวเปลือกเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา ใช้เวลาประมาณ 1 นาทีสำหรับขัดข้าวเปลือก ส่วนล่างของตะแกรงขัดมีช่องแกลบและรำของข้าวเปลือกที่ถูกขัดสี ข้าวกล้องถูกลำเลียงออกทางด้านหน้าของเครื่องสีข้าว ระบบต้นกำลัง

เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1/3 แรงม้า ส่งกำลังผ่านสายพานมูเลย์ ไปยังชุดเพลาคัดเพื่อใช้เป็นกำลังหมุนขัดข้าวเปลือกด้วยความเร็วรอบ 1,350 รอบต่อนาที

ตาราง 1 เปรียบเทียบวิธีการกะเทาะเปลือก

วิธีการ	ข้อเด่น	ข้อด้อย
(1) แกนเหล็ก	ขนาดกะทัดรัด ขนย้ายสะดวก ใช้งานง่าย ราคาถูก ดูแลรักษาง่าย เหมาะสำหรับครัวเรือน ต้นทุนการจัดการต่ำ	ประสิทธิภาพต่ำ เปอร์เซ็นต์ข้าวหักสูง แกลบ รำ ขนาดเล็ก มักปนมากับเมล็ดข้าว
(2) หินขัด	ประสิทธิภาพการผลิตสูงกว่าแบบ (1) % ข้าวหักน้อยกว่าแบบ (1) ประสิทธิภาพด้านพลังงานสูงกว่า แบบ (1) ใช้งานง่าย ค่าดำเนินการต่ำ เครื่องจักรมีความทนทาน ประสิทธิภาพการกะเทาะใกล้เคียงกับ (3)	ขนาดใหญ่และหนัก เมล็ดข้าวมีรอยขีดข่วน ลูกหินที่สึกหรอ ปนมากับข้าว ไม่เหมาะสำหรับเมล็ดข้าวที่ขนาดต่างกันมาก
(3) ลูกยาง	ร้อยละของเมล็ดข้าวหักลดลง ประสิทธิภาพการกะเทาะสูง ปราศจากหินปนกับเมล็ดข้าว เมล็ดข้าวไม่มีรอยขีดข่วน ราคาคุณภาพสูงกว่า (2) สามารถทำงานร่วมกับการแยกแกลบ เครื่องจักรมีขนาดเล็กกว่า (2) การสิ้นเปลืองน้อย	เครื่องจักรราคาแพง ลูกยางมีอัตราการสึกหรอสูง ต้นทุนดำเนินการสูง สิ้นเปลืองพลังงานมากกว่า (2) ค่าบำรุงรักษาสูง ต้องการผู้มีความรู้ ประสบการณ์เพื่อเดินเครื่อง อายุการใช้งานสั้นกว่า (2)

การสีข้าวกล้องแบบภูมิปัญญาท้องถิ่นใช้เครื่องสีข้าวแบบมือหมุน ราคาประมาณ 3000-5000 บาท มีลักษณะคล้ายโมหินที่ใช้ไม่แบ่งใช้



รูปที่ 4 ตัวอย่างเครื่องสีข้าวมือหมุน

เพื่อเพิ่มทางเลือกแก่ผู้บริโภคผู้ศึกษาจึงประยุกต์การออกแบบผลิตภัณฑ์บูรณาการกับศาสตร์ของภูมิปัญญาท้องถิ่นเพื่อพัฒนาเครื่องสีข้าวไม้โบราณแบบมือหมุนให้มีความทันสมัย ใช้งานสะดวกเหมาะสมสำหรับใช้ในครัวเรือน

2. วิธีวิจัย

2.1 เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment: QFD) เป็นเทคนิคช่วย

วางแผน ออกแบบผลิตภัณฑ์ เน้นการตอบสนองผู้ใช้งานด้วยการแปลงความต้องการของผู้ใช้งานเป็นคุณลักษณะทางเทคนิคและคุณลักษณะของส่วนประกอบของอุปกรณ์ตลอดจนการวางแผนกระบวนการ ซึ่งประกอบด้วย 4 เฟส (1) เมตริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์ (Product Planning Matrix) (2) เมตริกซ์การออกแบบผลิตภัณฑ์ (Design Deployment Matrix) (3) เมตริกซ์การวางแผนกระบวนการ (Process Planning Matrix) และ (4) ตารางเอกสารสำหรับแนะนำการปฏิบัติงาน (Operator Inspection Sheet)

2.2 รายละเอียดเครื่องสีข้าวมือหมุน

เครื่องสีข้าวมือหมุน ตัวเครื่องสานด้วยไม้ไผ่ทรงกระบอก ขอบสูงประมาณ 50 เซนติเมตร ใช้เป็นถาดรองข้าวกล้อง เส้นผ่าศูนย์กลางยาวประมาณ 50 เซนติเมตร ส่วนประกอบสำคัญของเครื่องสีข้าว คือ

ท่อนพื้นบน ประกอบด้วยไม้คาน ไม้พืดกวาดข้าว และฝาครอบใส่ข้าวเปลือก ท่อนพื้นใช้ไม้เนื้อแข็งขนาดไม้แปรรูปเป็นไม้คานให้ปลายไม้ทะลุผิวนอกท่อนพื้นบนออกมาข้างละ 25 เซนติเมตร เพื่อเจาะรูให้สลักคันทโยก ซึ่งมีเดือยสอดเพื่อโยกให้หมุนไปโดยรอบ ดินเหนียวใช้อัดให้แน่นพรมด้วยน้ำเกลือเพื่อให้ดินรัดตัวและป้องกันปลวกด้วย บริเวณศูนย์กลางท่อนพื้นบนเจาะรูกลวง

เพื่อเทข้าวเปลือกลงในท่อนพื้นบน เมื่อท่อนพื้นบนหมุน ข้าวเปลือกจะไหลลงช่องระหว่างท่อนพื้นบนและท่อนพื้นล่างซึ่งขบกันอยู่และเกิดการเสียดสีทำให้เปลือกข้าวแตกออกจากเมล็ด

ท่อนพื้นล่าง ประกอบด้วยแกนหมุน ฐานรองท่อนพื้นล่าง และถาดยางรองข้าวกล้องที่สีแล้ว เจาะรูให้ไหลที่กระบอกหรือถังรองรับ ตรงกลางท่อนพื้นล่างอัดดินเหนียวพรมด้วยน้ำเกลือเช่นกันเป็นฐานรองรับท่อนพื้นล่าง

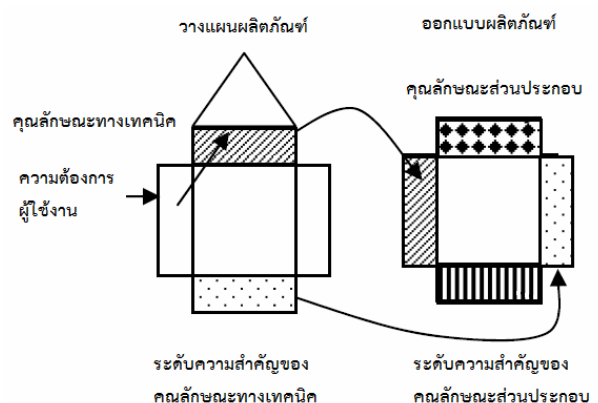
แกนหมุน อยู่บริเวณศูนย์กลางของท่อนพื้นล่าง จะเป็นเดือยสอดรูทะลุถึงไม้คานที่ขวางไว้

ไม้คาน ทำด้วยไม้เนื้อแข็งขนาดยาวประมาณ 2 เมตร ขวางท่อนพื้นบนเจาะรูปลายไม้สำหรับสอดสลักคันทโยก คันทโยก ประกอบด้วยมือจับ คันทโยก และแกนหมุนคันทโยก บริเวณมือจับเจาะรู ปลายคันทโยกทำสลักเดือยสอดกับรูไม้คาน

3. ผลการศึกษา

3.1 การสำรวจความต้องการของผู้ใช้

การสำรวจเสียงความต้องการใช้วิธีการสัมภาษณ์จากกลุ่มผู้ผลิตและใช้งานเครื่องสีข้าวมือหมุน 5 กลุ่ม และนำไปเรียบเรียงจัดหมวดหมู่เพื่อ ออกแบบแบบสอบถาม และลำดับความสำคัญของเสียงความต้องการ เพื่อเตรียมข้อมูลป้อนสู่กระบวนการของเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ QFD สำหรับการพัฒนาเครื่องสีข้าวครั้งนี้ อยู่ในเฟส 1 และ 2 (รูปที่ 5)



รูปที่ 5 การแปลงความต้องการเป็นคุณลักษณะผลิตภัณฑ์ [3]

3.2 การวิเคราะห์ความต้องการผู้ใช้งาน

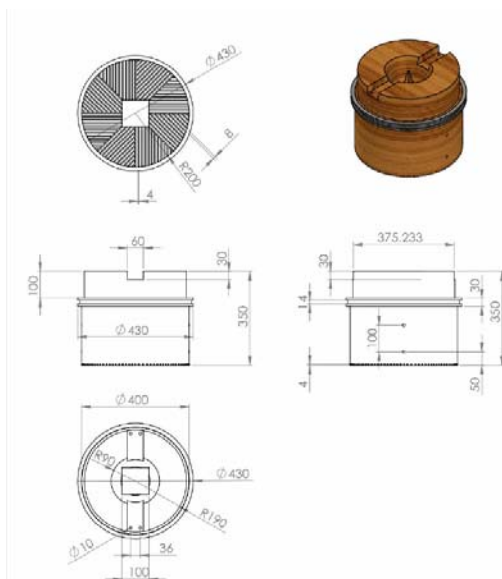
เมื่อเก็บรวบรวมข้อมูลและคำนวณระดับ

ความสำคัญ เพื่อสร้างเมตริกซ์วางแผนผลิตภัณฑ์ เพื่อกำหนดคุณลักษณะทางเทคนิค (ตารางที่ 2) และคุณลักษณะส่วนประกอบ (ตารางที่ 3) คุณลักษณะทางเทคนิคที่มีความสำคัญ 3 อันดับแรกตามความต้องการของผู้ใช้งาน คือ (1) ต้องการให้มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะของชุดกะเทาะ (2) ต้องการกลไกการคัดแยกเมล็ดข้าวกับแกลบ และ (3) ต้องการให้เครื่องสีข้าวมีอายุการใช้งานสูงขึ้น ตามลำดับ

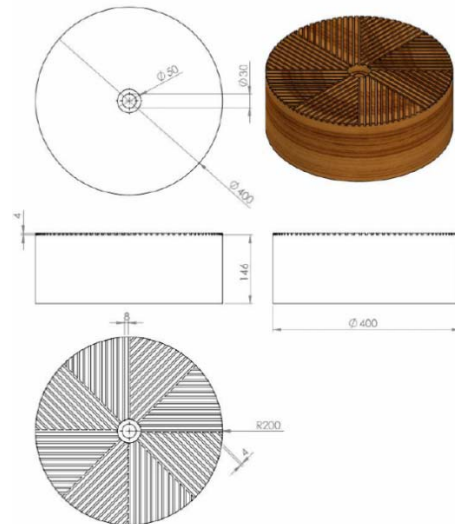
4.การออกแบบเครื่องสีข้าว

คุณลักษณะส่วนประกอบ (ตารางที่ 3) ใช้เป็นข้อกำหนดของการออกแบบ ขนาดของเครื่องเป็นขนาดเดียวกับเครื่องสีข้าวมือหมุน โดยมีรายละเอียดการออกแบบตามลำดับความสำคัญดังนี้

ชุดกะเทาะ ประกอบด้วย ท่อนพื้นบน และท่อนพื้นล่าง ขนาดของพื้น มีความลึก ความกว้างและระยะห่าง $4 \times 5 \times 8$ มิลลิเมตร เพื่อเพิ่มอายุการใช้งานใช้วัสดุเป็นเหล็กเครื่องมือ

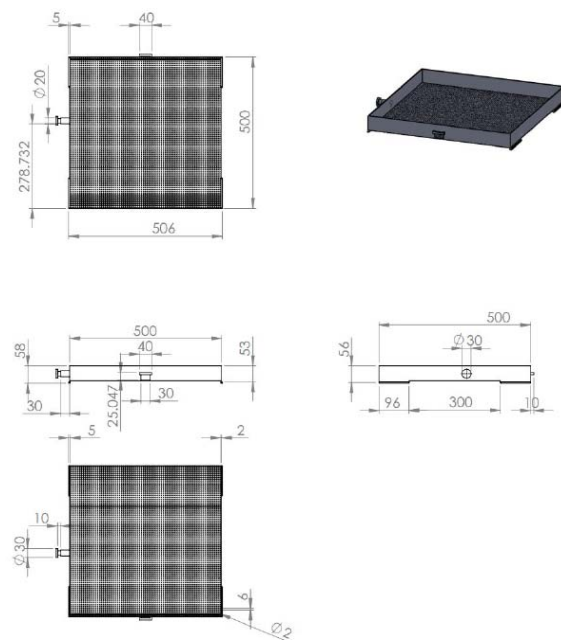


รูปที่ 6 พื้นท่อนบนเครื่องสีข้าว

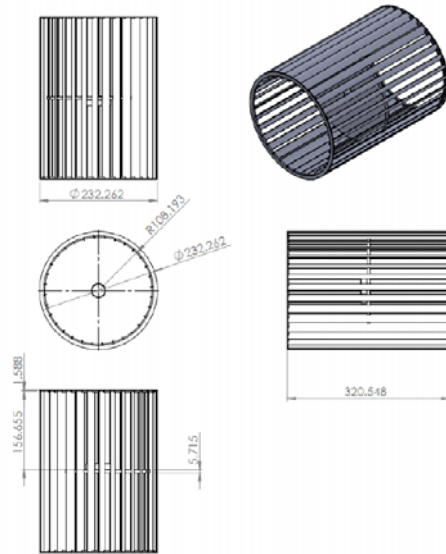


รูปที่ 7 พื้นท่อนล่างเครื่องสีข้าว

ชุดคัดแยก ประกอบด้วยตะแกรงร่อนข้าวยึดกับมอเตอร์ด้วยแกนเหล็กและพัดลมเป่าแกลบออกด้านหลังเครื่อง ทำหน้าที่คัดแยกข้าวกล้องและข้าวเปลือกที่ยังไม่กะเทาะออกจากกัน

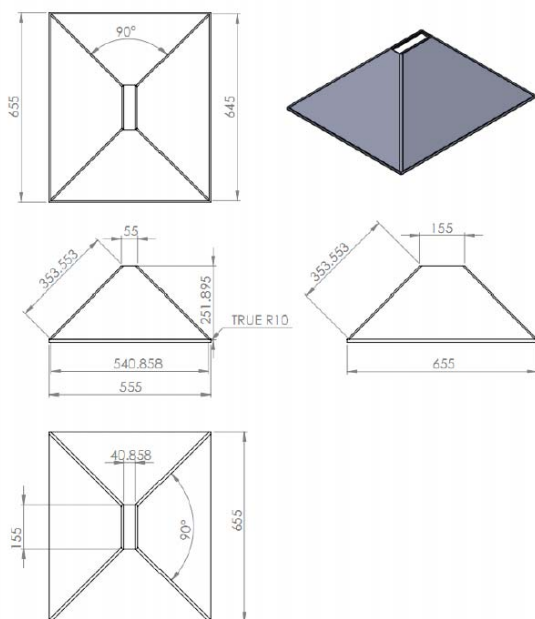


รูปที่ 8 ตะแกรงร่อนข้าว

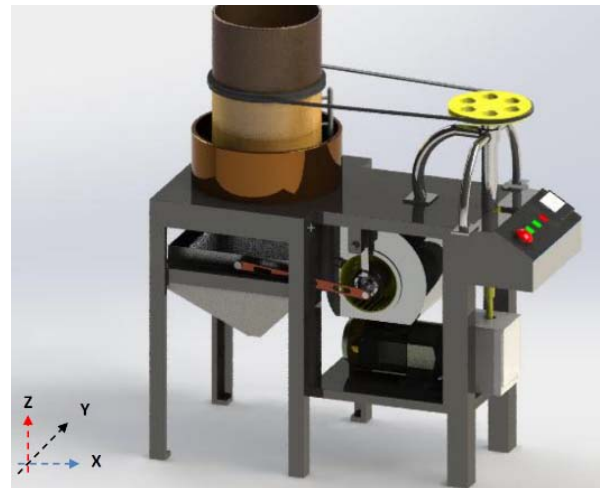


รูปที่ 9 พัดลมที่ทำหน้าที่ดักแยกแกลบ

ส่วนล่างสุดเป็นตัวถาดรองข้าวกล้องที่ผ่านกระบวนการสีและการคัดแยกเรียบร้อยแล้ว ต้นกำลังใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1/3 แรงม้า ซึ่งเป็นขนาดที่นิยมใช้ในเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก ติดตั้งอยู่ที่ด้านล่างของโครงสร้างเครื่องส่งกำลังผ่านสายพานมู่เลย์ ใช้เป็นกำลังหมุนขับเคลื่อนด้วยความเร็วรอบ 1600 รอบต่อนาที ออกแบบปุ่มควบคุมการทำงาน ปุ่มหยุดการทำงานฉุกเฉิน และติดตั้งสายดินเพื่อความปลอดภัย



รูปที่ 11 ถาดรองข้าวกล้องที่ผ่านกระบวนการสี



รูปที่ 12 เครื่องสีข้าวด้วยแรงบด

5 สรุป

การพัฒนาเครื่องสีข้าวด้วยการบูรณาองค์ความรู้จากภูมิปัญญาท้องถิ่นด้วยการแปลงความต้องการเป็นคุณลักษณะทางเทคนิคด้วยการวิเคราะห์เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพเพื่อกำหนดองค์ประกอบและคุณลักษณะของอุปกรณ์ องค์ประกอบที่มีความสำคัญประกอบ ด้วยกะเทาะ ชุดคัดแยก ซึ่งเชื่อมต่อกันด้วยชุดควบคุมอัตโนมัติ เพื่อลดเวลาในการทำงาน มีการเปลี่ยนวัสดุจากไม้เป็นโลหะและออกแบบให้สามารถบำรุงรักษาได้สะดวก เพื่อเพิ่มอายุการใช้งาน ข้าวที่นำมาสีควรจำกัดสิ่งเจือปนเช่น เศษฟาง เศษหญ้า เมล็ดหญ้า ก้อนหิน กรวดหิน ดินทราย และเศษเหล็ก ก้อนเพราะทำให้เครื่องทำงานไม่ต่อเนื่องและประสิทธิภาพการสีต่ำลง บางครั้งเกิดการชำรุด มีอายุการใช้งานสั้นลง เครื่องสีข้าวต้นแบบราคาต้นทุนที่ 11412 บาทต่อเครื่อง อัตราการผลิต 15 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มคิดเป็นร้อยละ 67 หลังจากพัฒนาเครื่องต้นแบบมีแผนที่จะทดลองสีข้าวกล้องเพื่อเปรียบเทียบปริมาณสารกาบกับกรรมวิธีการสีข้าวกล้องวิธีอื่น

เอกสารอ้างอิง

- [1] Agricultural Engineering Unit International Rice Research Institute (IRRI). Rice Milling. <http://www.knowledgebank.irri.org/rkb/index.php/rice-milling>.

- [2] นิทัศน์ ตั้งพินิจกุล, อารีย์ ทิมินกุล, และ วิบูลย์ เทเพนทร์. 2548. เครื่องสีข้าวขนาดเล็ก. สถาบันวิจัยเกษตร. 1-12.
- [3] ชุตินา ไชยราษฎร์ และ สุภาวดี วัชรอุดมมงคล. การประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่การทำงานเชิงคุณภาพในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องต้มธัญญาหารผงสำเร็จรูปจากปลายข้าวกล้องหอมมะลิและถั่วอะซูกิ. การจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมการเกษตร: 121-142.
- [4] กาญจนา วงเวียน และวิชัย รุ่งเรืองอนันต์. 2554. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ครีมνωตสมุนไพรลดไขมันส่วนเกินด้วยเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ 20-21 ตุลาคม 2554, หน้า 1875-1882.

ตารางที่ 2 แปลงความต้องการเป็นคุณลักษณะทางเทคนิค

	คุณลักษณะทางเทคนิค	ลักษณะชุดกะเพาะ	ลักษณะชุดคัดแยก	อายุการใช้งาน	ลักษณะต้นกำลัง	ลักษณะชุดควบคุม	ขั้นตอนการถอด – ประกอบ	เวลาการถอดประกอบ	วัสดุทนต่อการเกิดปฏิกิริยา	ลักษณะการทำความสะอาด	ป้องกันการลัดวงจร	สวยงาม	อุปกรณ์ช่วยเคลื่อนที่	ความสูงของเครื่อง	ความยาวของเครื่อง	ความกว้างของเครื่อง
ความต้องการของผู้ใช้งาน	IMP															
ปริมาณข้าวต้นสูง	8.45	9	9		3											
อัตราการผลิตเร็ว	8.32	9	9		9											
ใช้งานง่าย	7.24	9	9		1	3				1			3			
เครื่องจักรมีความแข็งแรงทนทาน	8.96	9	9	9	3	9			3			1				
ปลอดภัยสำหรับผู้ใช้งาน	7.38					3					9		1	1		
ปลอดภัยสำหรับผู้บริโภค	7.12								9	1		3				
ขนาดกะทัดรัด	8.15													9	9	9
เคลื่อนย้ายสะดวก	7.93												9			
ไม่เป็นสนิม	6.71								9			9				
ทันสมัย	6.35				1				3			3	1			
ทำความสะอาดง่าย	8.35						3	3		9		1				
ถอด-ประกอบง่าย	8.49	1	1	3	1	1	9	9			3					
ซ่อมแซมง่าย	8.17	1	1	9	1	3	9	9		9	1					
อะไหล่หาง่าย	7.91			9		3										
สิ้นเปลืองพลังงานต่ำ	6.10				9											
ระดับน้ำหนัก		313	313	250	212	181	175	175	170	156	126	118	107	81	73	73
ระดับความสำคัญ		12.4	12.4	10.0	8.4	7.2	7.0	7.0	6.7	6.2	5.0	4.7	4.2	3.2	2.9	2.9
ลำดับ		1	1	3	4	5	6	6	8	9	10	11	12	13	14	14

ความสัมพันธ์ด้วยระดับตัวเลข 9 หมายถึง ระดับความสัมพันธ์สูง 3 หมายถึง ระดับความสัมพันธ์ปานกลาง และ 1 หมายถึงระดับความสัมพันธ์น้อย ช่องว่าง หมายถึง ไม่มีระดับความสัมพันธ์

ตารางที่ 3 แปลงคุณลักษณะทางเทคนิคเป็นคุณลักษณะของอุปกรณ์

	คุณลักษณะอุปกรณ์	เหล็กกล้าเครื่องมือ	ตะแกรงเพื่อคัดแยกข้าว	ชุดแปลนแยกแกลบ	เหล็กทำโครงสร้าง	สังกะสีชุบเคลือบ / สแตนเลส	มอเตอร์ไฟฟ้า	ระบบไฟฟ้า 220 โวลต์	ปุ่มควบคุมการทำงาน	ปุ่มหยุดฉุกเฉิน	สายดิน	ติดตั้งเส้น
คุณลักษณะทางเทคนิค	IMP											
ลักษณะชุดกะเพาะ	12.4	9	9	9								
ลักษณะชุดคัดแยก	12.4											
อายุการใช้งาน	10.0	3			9	3						
ลักษณะต้นกำลัง	8.4								1			
ลักษณะชุดควบคุม	7.2						9	9	9	9	1	
ขั้นตอนการถอด – ประกอบ	6.9	1	1	1			1	1				
เวลาการถอดประกอบ	6.9	1	1	1			1	1				
วัสดุทนต่อการเกิดปฏิกิริยา	6.7	1	1	1		9						
ลักษณะการทำความสะอาด	6.2				1	3						
ป้องกันการลัดวงจร	5.0								1	1	9	
สวยงาม	4.7					3						
อุปกรณ์ช่วยเคลื่อนที่	4.2											9
ความสูงของเครื่อง	3.2				3							
ความยาวของเครื่อง	2.9				3							
ความกว้างของเครื่อง	2.9				3							
ระดับน้ำหนัก		162	132	132	123	123	79	79	78	70	52	38
ระดับความสำคัญ		15.2	12.4	12.4	11.5	11.5	7.4	7.4	7.3	6.5	4.8	3.5
ลำดับ		1	2	2	4	4	6	6	8	9	10	11