เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพเพื่อพัฒนาเครื่องสีข้าวแนวตั้งขนาดครอบครัว

Quality Function Deployment Approach to Development of Household Vertical Rice Milling Machine

จริยาภรณ์ อุ่นวงษ์[1*] ชูนาม ชาวนา[1] และ วีระกิตติ์ สืบศรี[1]
[1]สาขาวิชาอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
[*]E-mail: Jariyaporn.s@ubu.ac.th

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องสีข้าวกล้องขนาดครอบครัวด้วยการกะเทาะเปลือกแนวตั้งจากการบีบอัดและเสียดสีของแผ่นเหล็ก วิธีการศึกษาเริ่มจากศึกษาตลาดเครื่องสีข้าวกล้องขนาดครัวเรือน สำรวจความต้องการหลักของผู้บริโภค ด้วยการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง เป้าหมายจำนวน 100 ตัวอย่าง และใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพซึ่งเป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพสำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์ด้วยการแปลงความต้องการของผู้บริโภคเป็นกิจกรรมสำหรับการพัฒนาเครื่องสีข้าวกล้องขนาดครัวเรือน ผลการวิจัยพบว่าช่องว่างทางการตลาดคือกลไกการกะเทาะแนวตั้ง ปัจจัยหลักที่ผู้บริโภคต้องการ 3 อันดับแรกคือ โครงสร้างที่แข็งแรงทนทาน ขนาดกะทัดรัด และบำรุงรักษาง่าย ตามลำดับ ข้อมูลความต้องการถูกแปลงเป็นข้อมูลทางเทคนิค และแปลงเป็นข้อกำหนดของส่วนประกอบและคุณสมบัติของกระบวนการ เครื่องสีข้าวกล้องมีต้นทุนการผลิต 9,400 บาท กำลังการผลิต 11 กิโลกรัมข้าวเปลือกต่อชั่วโมง และ ขนาด กว้าง x ยาว x สูง 500 x 750 x 650 มม.

คำสำคัญ : การกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ เครื่องสีข้าวกล้อง แนวตั้ง ขนาดครอบครัว

Abstract

The objective of this study was carried out to design and develop a household brown rice milling machine with vertical friction and compression husking system. The study started from marketing survey, voice of customer survey, a hundred randomized samples by purposive sampling method, and then QFD process. Quality function deployment (QFD) is an effective product development technique that translates customer requirements into activities for the development of products. The results showed that a vertically husk removing system has a high potential in the market. Three influence end-user factors are durable, compact, and maintainability, respectively. QFD's first phase: "House of Quality: HOQ" is aimed at translating customer requirements into engineering characteristics of the product, also determining an engineering characteristics prioritization. The machine costs 9400 baht/machine capacity 11kgs/Hr. and dimension 500 x 750 x 650 mm.

Keywords: Quality Deployment Function: QFD, Rill Milling Machine, Vertical, Household

บทนำ

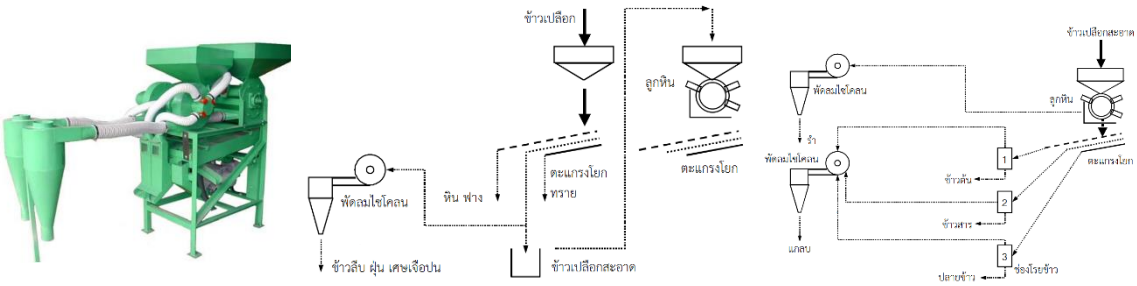
ข้อมูลรายงานประจำปีของประชากรและสังคมไทย 20 ปีข้างหน้า หรือ พ.ศ.2569 ด้วยวิทยาการที่ทันสมัยและเทคโนโลยีทางการแพทย์สูงขึ้นทำให้กลุ่มคนที่เกิดช่วงระหว่าง พ.ศ. 2506 - 2526 จะมีอายุขัยเฉลี่ยสูงขึ้นเป็น 80 ปีขึ้นไป ขณะที่ข้อมูลผู้สูงอายุ 60 ปีขึ้นไปในประเทศไทยของสำนักงานสถิติแห่งชาติ ร้อยละ 8.3 สุขภาพย่ำแย่ลงเนื่องจากโรคภัยเรื้อรัง เช่น โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง โรคไขมันในเส้นเลือด โรคหัวใจขาดเลือด เป็นต้น ซึ่งปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดโรคเหล่านี้ คือการบริโภคอาหาร โภชนาการทำหน้าที่เชื่อมโยงระหว่างอาหารและสุขภาพซึ่งเกี่ยวเนื่องกับการที่ร่างกายได้รับสารอาหารอย่างเพียงพอและเหมาะสมตลอดช่วงอายุเพื่อนำไปสู่สุขภาวะที่ดี ทำให้ประชากรในประเทศไทยเกิดความตระหนักและปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการบริโภคอาหารเป็นบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพมากขึ้นผนวกกับการส่งเสริมจากรัฐบาล เช่น การรณรงค์บริโภคอาหารที่มีกากใยเพื่อป้องกันโรคท้องผูก ลดระดับคลอเรสเตอรอลในเลือดและลดอุบัติการณ์ของการเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่

ข้าวเป็นกลุ่มอาหารหลักที่ให้พลังงานสำหรับคนไทยมากกว่าร้อยละ 60 ของพลังงานที่รับจากอาหาร ข้าวกล้องหรือข้าวซ้อมมือหรือข้าวแดงเป็นข้าวที่สีเอาเปลือกหรือแกลบออกโดยที่ยังคงจมูกข้าวและเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวซึ่งมีคุณค่าอาหารที่มีประโยชน์มาก มีสีน้ำตาลอ่อน ระดับโปรตีนของข้าวกล้องขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ (7-12%) กระบวนการสีข้าวจนขาวตามท้องตลาดจะทำให้โปรตีนสูญไปถึงร้อยละ 30 ดัชนีน้ำตาลข้าวกล้องต่ำกว่าข้าวที่ผ่านการขัดสี เนื่องจากใยอาหารในรำข้าวช่วยชะลอการดูดซึมน้ำตาลในเลือด มีเกลือแร่และวิตามิน B1 ซึ่งสามารถป้องกันโรคเหน็บชา มีคุณสมบัติของการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติเป็นที่ได้รับการยอมรับทั้งแพทย์แผนไทยและแผนปัจจุบัน ข้าวกล้องจึงเป็นทางเลือกบริโภคสำหรับผู้ที่ใส่ใจต่อสุขภาพ

อุปสรรคสำคัญต่อการบริโภคข้าวกล้องคือราคาที่สูงถึง 60 – 150 บาทต่อกิโลกรัมขึ้นอยู่กับแหล่งผลิต บรรจุภัณฑ์ และสถานที่สำหรับจัดจำหน่าย ข้าวกล้องที่แปรรูปจากโรงสีขนาดใหญ่มีการใช้สารเคมีเพื่อป้องกันการเกิดมอดและมีอายุของข้าวกล้องประมาณ 1-2 เดือน การพัฒนาเครื่องสีข้าวกล้องขนาดครัวเรือนจึงเป็นทางเลือกสำหรับกลุ่มผู้บริโภคที่ต้องการลดต้นทุนข้าวกล้องจากการซื้อและลดปัญหาการเสื่อมสภาพจากระยะเวลาการจัดเก็บ การเก็บข้าวเปลือกสำหรับการบริโภคอย่างเพียงพอตลอดปีสามารถทำได้ง่ายและมีต้นทุนต่ำ ดังนั้น การมีเครื่องสีข้าวขนาดเล็กในระบบการผลิตแบบพอเพียงจึงมีความจำเป็นสำหรับการแปรรูปข้าวกล้องเพื่อการบริโภคด้วยราคาไม่แพง มีความปลอดภัยและเพิ่มความสามารถของการพึ่งพาตนเอง การพัฒนาเครื่องสีข้าวขนาดเล็กตามหมู่บ้านในประทศไทยมีการดำเนินการมานานด้วยประสิทธิภาพการทำงานที่แตกต่างกันและมีการผลิตและจำหน่ายกระจายไปตามภูมิภาค ผลจากการทบทวนวรรณกรรม (นิทัศน์ ตั้งพินิจกุล, 2552) สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมพัฒนาเครื่องสีข้าวขนาดเล็กที่เหมาะสำหรับการสีข้าวเพื่อการบริโภคในครัวเรือนด้วยระบบการกระเทาะด้วยลูกหินเดี่ยวแนวนอน ทำงานด้วยต้นกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 3 แรงม้า 220 โวลต์ มีส่วนประกอบที่สำคัญคือ **ถังป้อนข้าวเปลือก**ที่ขนาดบรรจุ 25 กิโลกรัม **ชุดหินขัดสี**ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 164 มม. ยาว470 มม. มีแท่งยางปรับระดับการขัดสีขนาด 38×75×470 มม. จำนวน 3 แท่ง พอกหินด้วย กากเพชร#12 #14 #16 อัตราส่วน 2:7:3 กิโลกรัมตามลำดับ **ตะแกรงโยกทำความสะอาดข้าวเปลือก** ประกอบด้วยตะแกรง 2 ชั้น ชั้นบนเป็นตะแกรงรูยาวขนาด 3×20 มม. ทำหน้าที่คัดแยกสิ่งเจือปนขนาดใหญ่ ชั้นล่างเป็นตะแกรงรูกลมขนาด 2 มม. ทำหน้าที่คัดแยกสิ่งเจือปนขนาดเล็ก สิ่งเจือปนเบาและข้าวลีบจะถูกดูดแยกออกไปด้วยพัดลม **พัดลมดูดแกลบ** ทำหน้าที่ดูดแกลบจากช่องโรยข้าวสารและพ่นเข้าไซโคลนดักแกลบรวมทั้งดูดสิ่งเจือปนเบส ฝุ่นละออง ข้าวลีบ ในขั้นตอนของการทำความสะอาดข้าวเปลือก การทำความสะอาดข้าวเปลือกและการสีข้าวสามารถทำได้ในเวลาเดียวกัน **พัดลมดูดรำ** ทำหน้าที่ดูดรำที่เกิดจากการขัดสีและเป่าพ่นเข้าไซโคลนดักรำพร้อมทั้งระบายความร้อนให้กับลูกหินและข้าว **ตะแกรงโยกคัดข้าวสาร** ประกอบด้วยตะแกรงรูกลม 2 ชั้น ตะแกรง

ชั้นบนมีขนาดรู 3 มม. ทำหน้าที่คัดแยกต้นข้าว ตะแกรงชั้นล่างมีขนาดรู 1.7 มม. ทำหน้าที่แยกปลายข้าว การชักโยกใช้ลูกเบี้ยวเยื้องศูนย์ขนาด 6 มม. ระยะชักโยกตะแกรง 12 มม. **ไซโคลนดักแกลบและรำ** ประสิทธิภาพการสีข้าวขาว

65.2% ต้นข้าว 48.1% และรำ 28% กำลังการผลิต 85 กิโลกรัมข้าวเปลือกต่อชั่วโมง ใช้แรงงาน 1 คน ปัจจุบันราคา 50,000 บาทต่อเครื่อง อายุการใช้งาน 7 – 10 ปี

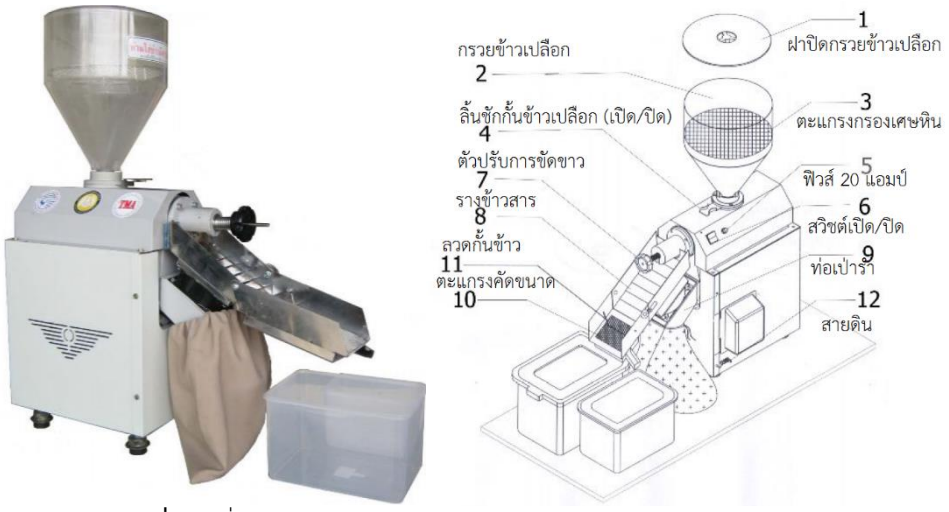


รูปที่ 1 เครื่องสีข้าวแบบลูกหินแนวนอน (นิทัศน์ ตั้งพินิจกุล, 2552)

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) โดย นายดุสิต ตั้งพิสิฐโยธินและกลุ่มวิจัย ร่วมกับ บริษัท สหภัณฑ์กรุ๊ป (ประเทศไทย) จำกัด ได้ออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องสีข้าวขนาดเล็กสำหรับชุมชน ขนาด 6 แรงม้าที่สีข้าวได้ 200 กิโลกรัม (ข้าวเปลือก) ต่อชั่วโมง โดยออกแบบการกะเทาะเปลือกข้าวเป็นแบบลูกยางคู่หมุนในทิศทางตรงกันข้าม จากการ ทดสอบการใช้งาน พบว่าสามารถสีข้าวเปลือกพันธุ์ข้าวหอมนิล ข้าวหอมมะลิแดง ข้าวหอมมะลิ 105 ได้ปริมาณข้าวกล้องร้อยละ 68-72 สูงกว่าที่สีที่โรงสีทั่วไปที่ได้ปริมาณข้าวกล้องเพียงร้อยละ 64 ต้นทุนการผลิตที่ 35,000 บาทต่อเครื่อง

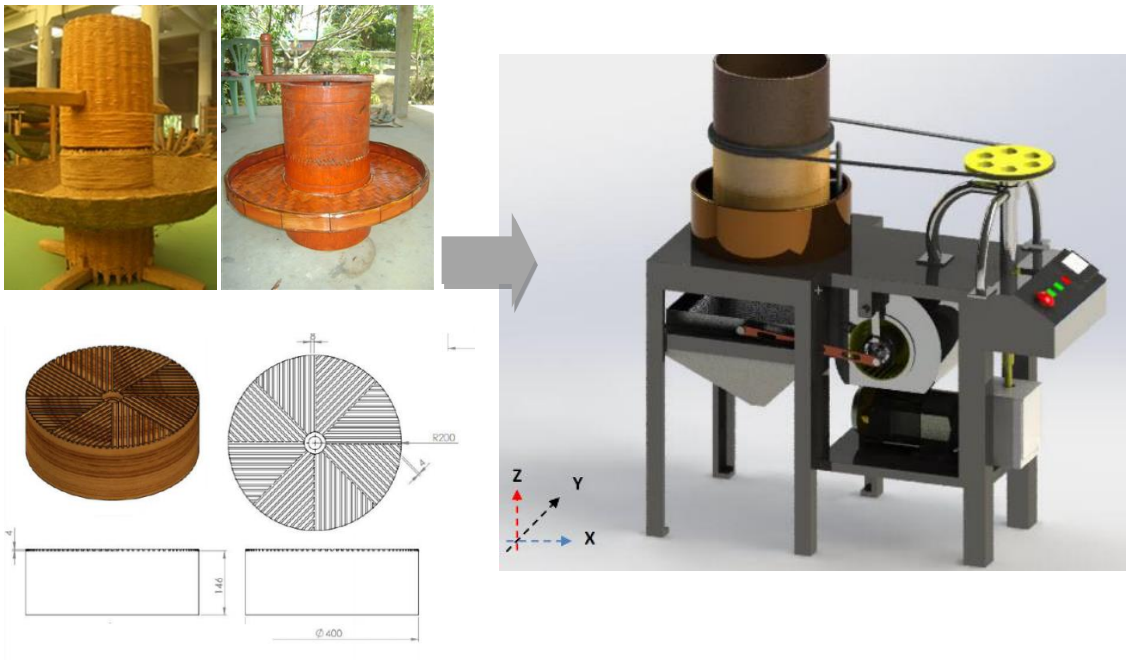
รูปที่ 2 เครื่องสีข้าวแบบลูกยางแนวนอน (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , 2557)

อย่างไรก็ตามเครื่องสีข้าวขนาดครัวเรือนที่มีการพัฒนายังมีขนาดใหญ่และมีรูปทรงที่ไม่เหมาะกับการใช้งานในครัวเรือน กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีร่วมกับสมาคมเครื่องจักรกลไทยและบริษัทนาทวีเทคโนโลยีจำกัด (บริษัทนาทวีเทคโนโลยีจำกัด, 2559) ออกแบบและพัฒนาเครื่องสีข้าวขนาดเล็กสามารถใช้ได้ในครัวเรือนด้วยกลไกการกะเทาะด้วยลูกยาง กำลังการผลิต 35-45 กิโลกรัมข้าวเปลือก ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้าเป็นต้นกำลัง ขนาดตัวเครื่อง 0.3×0.52×0.82 เมตร น้ำหนัก 33 กิโลกรัม ราคา 17,000 บาทต่อเครื่อง



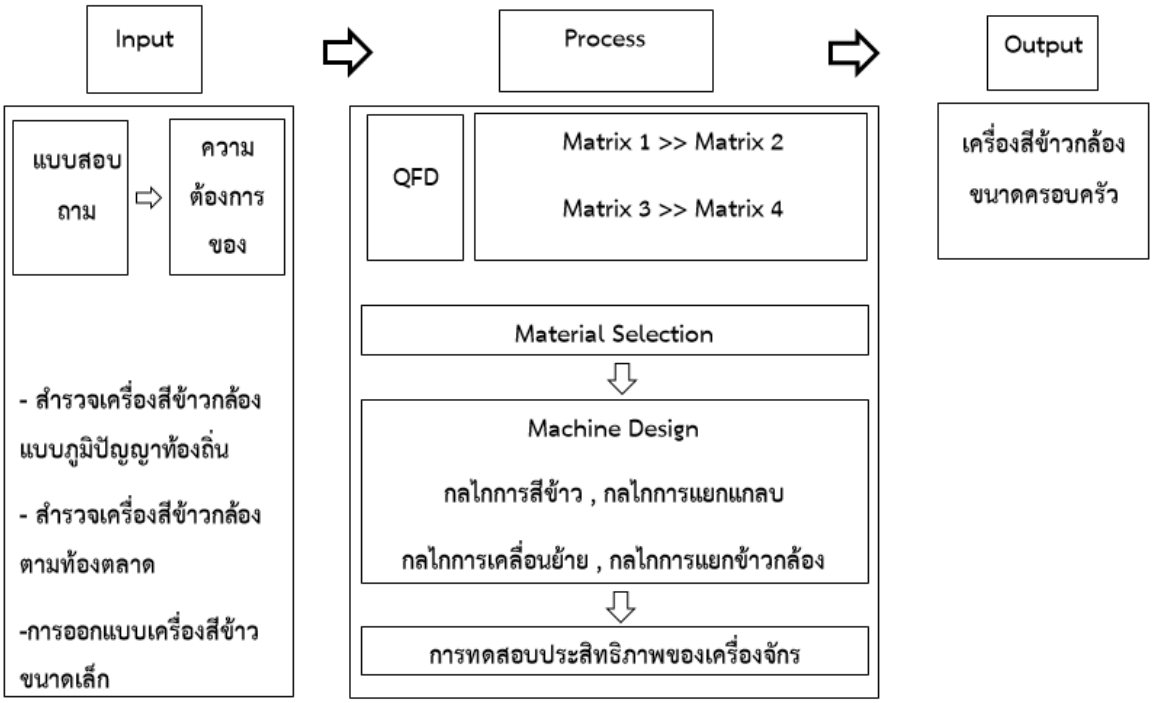
รูปที่ 3 เครื่องสีข้าวขนาดครัวเรือน (บริษัทนาทวีเทคโนโลยีจำกัด, 2559)

การสีข้าวกล้องด้วยแนวตั้งมีการทำลายจมูกข้าวน้อยและทำให้เมล็ดข้าวไม่หักง่ายเมื่อเทียบกับเครื่องสีข้าวแบบแกนนอน (สุทัศน์ ขานน้ำคำ, 2555) และ (จริยาภรณ์ อุ่นวงษ์, 2556) ใช้ด้วยเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพเพื่อออกแบบ ปรับปรุงเครื่องสีข้าวแนวตั้งแบบมือหมุนที่ได้รับความนิยมจากกลุ่มเกษตรผู้ปลูกข้าวในชนบทเพื่อใช้เองในครัวเรือน ซึ่งมีการแยกเปลือกและข้าวกล้องในขั้นตอนเดียวด้วยการใช้แรงกดจากแนวตั้งและการเสียดสีของท่อนฟันบนและฟันล่างเพื่อให้มีประสิทธิภาพการใช้งานสะดวกเหมาะกับสถาณการณ์การเปลี่ยนแปลงของสังคมปัจจุบันและอายุการใช้งานที่ดีเป็นการบูรณาการองค์ความรู้ทางวิศวกรรมการผลิตกับภูมิปัญญาท้องถิ่น เครื่องสีข้าวกล้องที่ออกแบบมีขนาด 700 × 500 × 1650 มม. ประกอบด้วยวัสดุที่ใช้มีแข็งแรง ทนทาน เหล็ก สังกะสีเคลือบ อลูมิเนียม และ สแตนเลส มีกลไกการคัดแยกข้าวทดแทนการแยกด้วยมือ ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ที่ความเร็วรอบ 1,600 รอบต่อนาที ราคาต้นทุนที่ 11,412 บาทต่อเครื่องซึ่งเหมาะกับการใช้งานในระดับครัวเรือนที่มีจำนวน 3-5 คน



รูปที่ 4 แบบเครื่องสีข้าวกล้องแนวตั้งจากเครื่องสีข้าวมือหมุน (จริยาภรณ์ อุ่นวงษ์, 2556; สุทัศน์ ขานน้ำคำ, 2555)

เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพเป็นระบบช่วยออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เน้นตอบสนองความต้องการของลูกค้าและสร้างความพึงพอใจแก่ผู้บริโภค เทคนิคนี้จะแปลงความต้องการของผู้บริโภคเป็นคุณลักษณะทางเทคนิคของผลิตภัณฑ์ เทคนิคดังกล่าวนิยมประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการอย่างแพร่หลาย เช่น รายงานวิจัยที่ดำเนินการโดย (อิสรา ธีระวัฒน์สกุล, 2551; วิชัย รุ่งเรืองอนันต์, 2554; นภิสร มีมงคล, 2554; สุทัศน์ ขานน้ำคำ, 2555; สุภาวดี วัชรอุดมมงคล, 2556; จริยาภรณ์ อุ่นวงษ์, 2556) เทคนิคดังกล่าวถูกเลือกนำมาประยุกต์ใช้ในเครื่องสีข้าวกล้องแนวตั้งขนาดครัวเรือน โดยมีเป้าหมายเพื่อเพิ่มการบริโภคข้าวกล้องอาหารที่ดีต่อสุขภาพ ข้าวกล้องที่สีใหม่มีรสชาติและวิตามินสูง ประหยัดค่าใช้จ่ายถึงร้อยละ 40 เนื่องจากราคาข้าวเปลือกเป็น 1/3 เท่าของราคาข้าวสารและสามารถเก็บรักษาได้ยาวนาน เนื่องจากเปลือกข้าวเป็นบรรจุภัณฑ์ธรรมชาติที่สามารถเก็บรักษาได้ดีโดยปราศจากมอดและกลิ่นอับ แกลบที่เป็นเศษจากกระบวนการสีข้าวกล้องสามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรได้ โดยมีกรอบการทำวิจัยดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีการวิจัย

งานวิจัยเริ่มจากการสำรวจตลาดเครื่องสีข้าวขนาดเล็กและหาความต้องการหลักของผู้บริโภค ทำการประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพเพื่อปรับปรุงผลิตภัณฑ์ ออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ และทดลองใช้งาน

1. สำรวจตลาดเครื่องสีข้าวขนาดเล็กที่เป็นตัวแทนจำหน่ายในท้องตลาดด้วยวิธีสังเกตการณ์ (Observation) จากงานเกษตรแฟร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี การสืบค้นทางอินเตอร์เนต การสอบทางโทรศัพท์และจดหมายอิเลคทรอนิกส์เพื่อบันทึกข้อมูลรายละเอียดผลิตภัณฑ์ ได้แก่ กลไกการกะเทาะ ปริมาณข้าวต้น ต้นทุนการผลิตต่อหน่วย กำลังการผลิต ราคาต่อเครื่อง การบริการหลังการขาย การจัดส่ง ตลอดจนปัญหาที่พบจากลูกค้า จากนั้นวิเคราะห์ช่องทางการตลาดจากแผนการรับรู้ผู้บริโภค (Customer Perception) ที่มีต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ เพื่อแสวงหาโอกาสของตลาดและวางแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ และกำหนดผลิตภัณฑ์คู่แข่งในตลาด 2 ชนิดเพื่อเปรียบเทียบ โดยตั้งเกณฑ์และปรับปรุงผลิตภัณฑ์ต่อไป

2. จัดทำแบบสอบถามเพื่อการสำรวจความต้องการหลักของผู้บริโภค

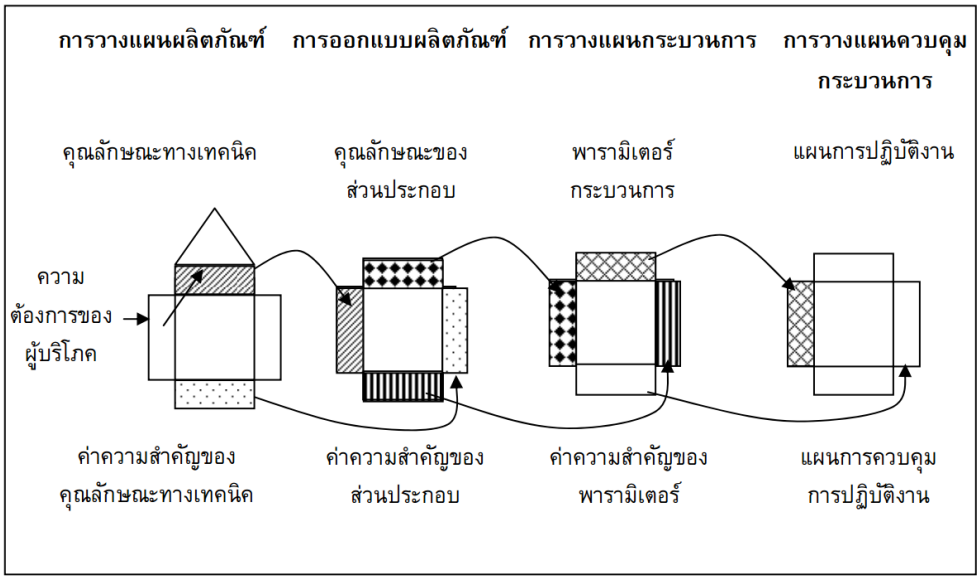
แบบสอบถามแบ่งเป็น 4 ส่วน ประกอบด้วย ข้อมูลส่วนบุคคล ข้อมูลพฤติกรรมการบริโภคข้าวกล้อง คุณลักษณะพึงประสงค์ของเครื่องสีข้าวกล้อง เช่น โครงสร้าง วัสดุ ความสะดวก การใช้งาน และข้อเสนอแนะเพิ่มเติม สุ่มตัวอย่างผู้ตอบแบบสอบถามตามจุดประสงค์หรือเป้าหมาย (Purposive sampling) คือกลุ่มผู้บริโภคข้าวกล้อง กำหนดตัวอย่าง 100 คน โดยดำเนินการสำรวจช่วง กุมภาพันธ์ – มีนาคม พ.ศ. 2558 สถานที่สำรวจข้อมูล คือ ร้านอุทยานบุญนิยมจังหวัดอุบลราชธานี โรงพยาบาลวารินชำราบจังหวัดอุบลราชธานี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี แล้ววิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ หาความถี่ ร้อยละของตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถามและหาค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (Geometric mean) ของแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจ

$$\text{Geometric Mean} = \sqrt[n]{N_1 \times N_2 \times N_3 \times \ldots \times N_n} \quad (1)$$

เมื่อ N_i = คะแนนความชอบของผู้บริโภคที่ i

$i = 1,2,3,\ldots,n$

n = จำนวนผู้ทดสอบ

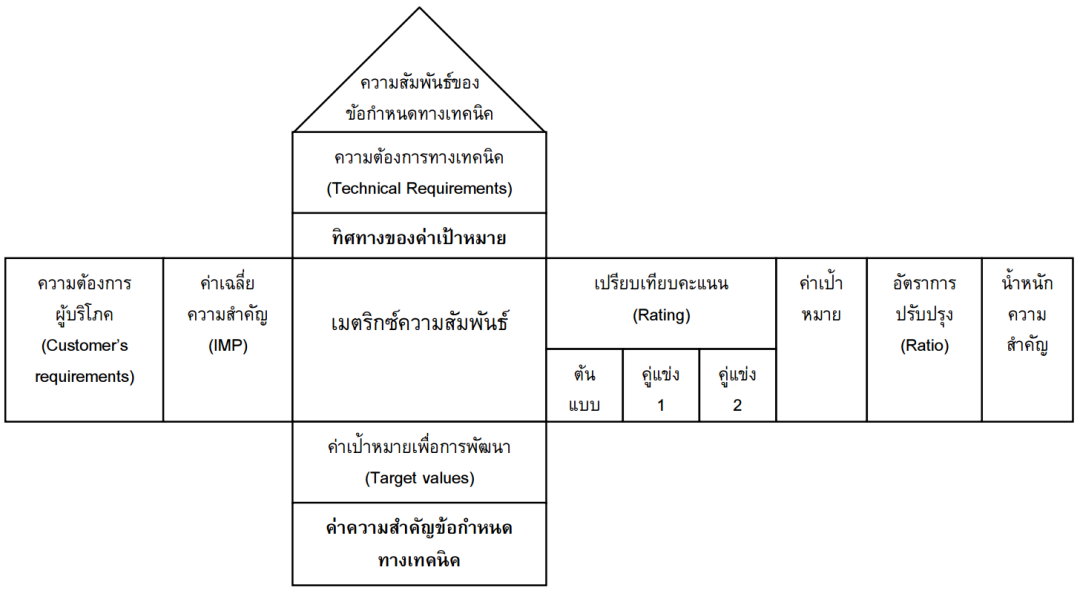


รูปที่ 6 ขั้นตอนกระบวนการเทคนิค QFD (สุภาวดีวัชร อุดมมงคล, 2550)

3. ประยุกต์ใช้เทคนิค QFD ข้อมูลจากแบบสอบถามจะเป็นข้อมูลนำเข้าสู่ระบบ QFD เพื่อทำพัฒนาเครื่องสีข้าวกล้อง โดยต้องผ่านกระบวนการของแต่ละเมตริกซ์ 4 เมตริกซ์ (ดังรูปที่ 6) ซึ่งแต่ละเมตริกซ์มีรายละเอียดดังนี้

เมตริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์ (Product Planning Matrix) ความต้องการผู้บริโภคพร้อมค่าเฉลี่ยระดับความสำคัญ (IMP) และระดับคะแนนความพึงพอใจ (Rating) กับเครื่องสีข้าวกล้องขนาดเล็กที่มีในท้องตลาดและระบุในช่องที่กำหนด ค่าเป้าหมายคือค่าที่สูงสุด ความต้องการผู้บริโภคจะถูกแปลงเป็นข้อกำหนดทางเทคนิค (Technical Requirement) แล้วกำหนดค่าเป้าหมายเพื่อพัฒนาข้อกำหนดทางเทคนิค (Target Value) ซึ่งจะถูกจัดลำดับตามความสัมพันธ์กับความต้องการของผู้บริโภค เป็นคะแนนในแมตริกซ์ 1 3 9 แทนความสัมพันธ์น้อย กลาง และมาก ตามลำดับ ค่าความสำคัญ ของข้อกำหนดทางเทคนิค คือระดับ

3.1. ความสำคัญของข้อกำหนดทางเทคนิคนั้นต่อการตอบสนองความต้องการผู้บริโภค คือผลรวมผลคูณค่าความสัมพันธ์ในเมตริกซ์และน้ำหนักความต้องการของผู้บริโภค



รูปที่ 7 ส่วนประกอบวางแผนผลิตภัณฑ์ (สุภาวดี วัชรอุดมมงคล, 2550)

3.2. เมตริกซ์การออกแบบผลิตภัณฑ์ (Design Deployment Matrix) และ เมตริกซ์การวางแผนกระบวนการ (Process Planning Matrix) ข้อกำหนดทางเทคนิคที่ได้จากกระบวนการ 3.1 จะถูกแปลงเป็นคุณลักษณะหรือส่วนประกอบที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ (Part Characteristic requirements) ขั้นตอนนี้รวมเมตริกซ์การออกแบบผลิตภัณฑ์และการวางแผนกระบวนการเข้าด้วยกันเนื่องจากเป็นการพิจารณาควบคู่กัน การกำหนดค่าความสัมพันธ์ของข้อกำหนดที่แปลงมาและคำนวณค่าความสัมพันธ์เหมือนกับเมตริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์

3.3. เมตริกซ์การควบคุมกระบวนการ (Operator Inspection Matrix) เป้าหมายของเมตริกซ์นี้คือแผนการควบคุมขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ชัดเจนเพื่อส่งผลคุณลักษณะหรือส่วนประกอบที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปตามข้อกำหนด ดังนั้นคุณลักษณะหรือส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ถูกเรียงลำดับความสำคัญจากเมตริกซ์การวางแผนกระบวนการแปลงเป็นขั้นตอนวิธีการปฏิบัติงาน การควบคุมและตรวจสอบ

3. ออกแบบและพัฒนาเครื่องสีข้าวกล้อง ด้วยการนำข้อกำหนดทางเทคนิคของผลิตภัณฑ์จากการประมวลของระบบ QFD เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค
4. ทดลองประสิทธิภาพของเครื่องสีข้าวกล้อง ด้วยการเปรียบเทียบความพึงพอใจแก่ผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์

ผลการวิจัย

1. การสำรวจตลาดเครื่องสีข้าวกล้อง

ตลาดเครื่องสีข้าวกล้องขนาดเล็กสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่ผลิตภายในประเทศซึ่งเป็นปริมาณส่วนใหญ่ โดยมีราคาประมาณ 20,000 บาทต่อเครื่องเป็นต้นไปมีทั้งแบบสำหรับข้าวขาวและข้าวกล้อง เป็นระบบสีแบบแนวนอนส่วนมากกะเทาะด้วยลูกยาง ผู้ผลิตส่วนมากเป็นบริษัทขนาดเล็กที่มีการผลิตแบบลองผิดลองถูก และไม่ได้รับการรับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์สำหรับอาหารหรือกลุ่มเกษตรกรที่รวมตัวกัน อีกกลุ่มที่นำเข้าจากต่างประเทศ เช่น จีน ไต้หวัน มีปริมาณเป็นส่วนน้อย มีข้อดีในด้านการออกแบบรูปลักษณ์ผลิตภัณฑ์ที่สวยงามดึงดูดใจแต่ปัญหาที่พบคืออายุการใช้งานสั้นเนื่องจากขาดอะไหล่สำรอง เครื่องสีข้าวทั้งที่ผลิตในประเทศและนำเข้าจากต่างประเทศนิยมใช้กลไก

การกะเทาะด้วยลูกยาง ซึ่งมีอัตราการสึกหรอสูงและปริมาณข้าวต้นที่ได้แปรผันตามระยะห่างระหว่างลูกยาง และความแตกต่างระหว่างความเร็วของลูกยางที่หมุนเร็วและลูกยางที่หมุนช้า

2. ข้อมูลความต้องการผู้บริโภค

จากการสำรวจข้อมูลผู้บริโภคข้าวกล้องในเพศชาย 52% เป็นเพศหญิง 48% ซึ่งมีปริมาณที่ใกล้เคียงกัน โดยสามารถแบ่งออกเป็น 3 ช่วงอายุคือ น้อยว่า 30 ปี 3% อยู่ระหว่าง 30 – 50 ปี 49% และที่เหลือ 48% คืออายุมากกว่า 50 ปี 72% สมรสและอยู่เป็นครอบครัวและเป็นครอบครัวขนาดเล็ก 3-4 คน 66% ครอบครัวที่มีสมาชิกมากกว่า 4 คน มีเพียง 25% รายได้ครอบครัวค่อนข้างกระจายจาก (5,000-15,000) 30% (15,000 -30,000) 40% และมากกว่า 30,000 บาท 30% ตามลำดับ ร้อยละ 43 เป็นผู้ที่มีความเข้าถึงประโยชน์ของข้าวกล้องในระดับดีมากและ ร้อยละ 45 เป็นผู้ความรู้ระดับปานกลาง มีความถี่ของการบริโภค 7 วัน/สัปดาห์ 54% และ 3-4 วัน/สัปดาห์ 24% โดยส่วนใหญ่ซื้อมาจากร้านสะดวกซื้อและซื้อจากร้านอาหารที่หุงสุกแล้ว

3. ประยุกต์ใช้เทคนิค QFD

ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามจะถูกนำไปกรอกในตารางเมตริกซ์วางแผนผลิตภัณฑ์หรือเรียกว่าบ้านคุณภาพ ส่วนค่าเฉลี่ยคะแนนความสำคัญของการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ของลูกค้าจะถูกกรอกลงในช่อง IMP และค่าความพึงพอใจ เมื่อเปรียบเทียบกับคู่แข่งซึ่งอยู่ในช่อง Rating ด้านขวามือของเมตริกซ์ การกำหนดค่าเป้าหมายจะบ่งชี้ทิศทางการปรับเปลี่ยนโดยการลดหรือเพิ่มของค่าเป้าหมายหรือคงค่าเป้าหมายไว้ ณ ปัจจุบัน การกำหนดค่าเป้าหมาย (Target Value) ของข้อกำหนดแต่ละเทคนิคโดยให้ความหมายของสัญลักษณ์ต่างๆดังนี้ สัญลักษณ์ ^ หมายถึง ค่าเพิ่มยิ่งดี สัญลักษณ์ V หมายถึง ค่าเพิ่มลดยิ่งดี สัญลักษณ์ 0 เป้าหมายที่ตั้งไว้ดีอยู่แล้ว เมตริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์หรือบ้านคุณภาพ (HOQ) สามารถแสดงดังรูปที่ 8 หลังจากการสร้าง HOQ แล้วนำข้อกำหนดทางเทคนิคจากเมตริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์มาจัดเรียงลำดับความสำคัญโดยเปรียบเทียบจากข้อกำหนดทางเทคนิคที่มีค่ามากไปหาค่าน้อยแล้วนำข้อมูลไปใช้ใน QFD เฟสต่อไป

จัดเรียงลำดับคะแนนความสำคัญโดยเปรียบเทียบทำให้ทราบว่าปัจจัยใดเป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องดำเนินการควบคุมในการออกแบบเครื่องสีข้าวกล้อง ข้อกำหนดทางเทคนิคที่เป็นปัจจัยสำคัญมากที่สุดในการออกแบบ คือ ใช้โลหะในการทำโครง มีน้ำหนักคะแนน ร้อยละ 11.22 อันดับสองคือขนาดของเครื่องจักรต้องกะทัดรัด มีน้ำหนักคะแนนร้อยละ 10.24 และอันดับสามคือบำรุงรักษาง่าย น้ำหนักคะแนนร้อยละ 10.12 ซึ่งผลการวิเคราะห์ที่ได้จะนำสู่ QFD ที่เป็นเมตริกซ์การออกแบบผลิตภัณฑ์

4. การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์

ข้อมูลจาก QFD นำมาออกแบบเป็นผลิตภัณฑ์ ด้วยโปรแกรม SolidWorks ประกอบด้วยกลไกการกะเทาะ กลไกการแยกแกลบ กลไกการคัดข้าว มีรายละเอียดดังนี้

4.1 กลไกการกะเทาะเปลือก มีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน ได้แก่ จานกะเทาะบน จานกะเทาะล่าง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 260 มม. ถูกกัดร่องด้วยดอกเอ็นมิลเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มม. ความลึกของร่อง 2 มม. ระยะห่างระหว่างร่อง 3 มม. จำนวนร่องฟันทั้งหมด 88 ร่องฟัน และแกนหมุนพร้อมชุดป้องกันข้าวกระเด็น ท่อนฟันบนจะถูกเจาะรูขนาด 100 มม. เพื่อเป็นทางผ่านข้าวเปลือกลงสู่จานกะเทาะล่าง เชื่อมจานกะเทาะบนเพื่อยึดเหล็กก้อนสี่เหลี่ยมตันที่ถูกเจาะรูขนาด 25 มม. เพื่อใช้สวมกับเพลาแกนหมุนและมีพูเลย์ ขนาด 25 มม. ที่สวมกับเพลาหมุน โดยส่งกำลังการหมุนจากมอเตอร์ 1/3 แรงม้า นอกจากนั้น จานกะเทาะบนทั้งหมดจะถูกสวมด้วยชุดป้องกันข้าวกระเด็นที่ทำมาจากสังกะสีแผ่นหนา 1 มม. ที่ม้วนเป็นวงกลมและยึดด้วยการรีดเวท เพื่อป้องกันข้าวไหลออกจากชุดกะเทาะ

	Part Characteristics	คุณภาพวัตถุดิบ	ความคงทนวัสดุ	ความเหมาะสมในการออกแบบชิ้นส่วน	Target	วัตถุดิบต้องมีคุณภาพ	วัสดุที่ใช้ต้องคงทน	ความไม่สิ้นเปลืองและชิ้นส่วน
Movement of target		↑	↑	↑				
Technical requirement	IMP	1	2	3				
ใช้โลหะในการทำโครง	5	3	9	3				
ขนาดของเครื่องจักรต้องกะทัดรัด	4.46	9	3	9				
บำรุงรักษาง่าย	4.39	9	3	9				
วัสดุต้องมีราคาถูก	4.22	9	9	3				
อายุการใช้งานมากกว่า 4 ปี	4.13			9				
วัสดุควรมีน้ำหนักเบา	4.11	9	9	3				
ส่วนที่สัมผัสอาหารต้องปลอดภัย	2.99	9	3	9				
มีที่ครอบสำหรับส่วนที่อันตราย	2.85			9				
ควรมีตะแกรงคัดแยกข้าว	2.82			9				
อุปกรณ์ภายในเครื่องจักรถอดง่าย	2.49		3	9				
ควรมีล้อ	2.40			9				
อัตราการสีข้าว	1			9				
Absolute Requirement		145	73.5	273	490.8			
Relative Requirement		29.4	15	55.6	100			

เมตริกซ์การออกแบบผลิตภัณฑ์

	Part Characteristics	ทรัพยากรและระยะเวลาที่ใช้ในการผลิต	ความเหมาะสมวัตถุดิบ	ความเหมาะสมในการออกแบบด้านขนาดของเครื่อง	Target	ใช้วัสดุที่มีคุณภาพ	วัสดุต้องชิ้นส่วนต้องเหมาะสม	ขนาดของเครื่องจักรต้องกะทัดรัดและกลิ้น
Technical requirement	IMP	1	2	3				
คุณภาพวัตถุดิบ	5	9	3					
ความคงทนวัสดุ	2.41	3	9					
ความเหมาะสมในการออกแบบชิ้นส่วน	1		3	9				
Absolute Requirement		52.2	39.7	9	100.92			
Relative Requirement		51.8	39.3	8.92	100			

เมตริกซ์กระบวนการ

รูปที่ 8 เมตริกซ์การออกแบบผลิตภัณฑ์และเมตริกซ์กระบวนการ

4.2 กลไกการแยกแกลบ

กลไกการแยกแกลบอาศัยการเป่าลมจากโบวเวอร์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 200 มม. ใช้กำลังไฟฟ้าขนาด 220 V. สามารถปรับความเร็วลม เมื่อข้าวผ่านการกะเทาะและเข้ามาบริเวณชุดแยกแกลบ แรงลมจะพัดแกลบที่น้ำหนักเบากว่าเมล็ดข้าวกล้องและข้าวเปลือกเกิดการแยกตัวขึ้น แกลบจะแยกตัวหลุดตกไปยังภาชนะที่รองรับ ข้าวกล้องและข้าวเปลือกจะถูกคัดแยกในกลไกการคัดแยกข้าวกล้อง

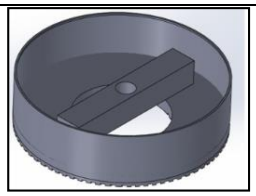
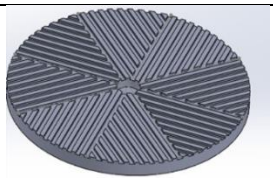
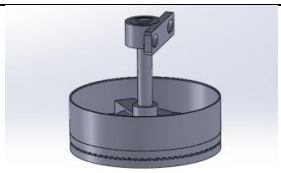
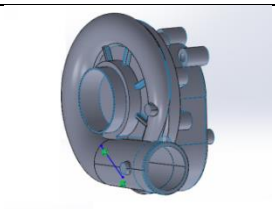
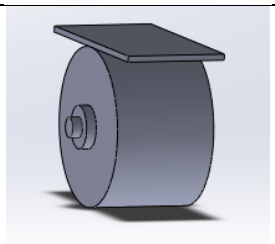
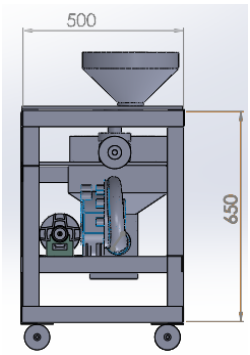
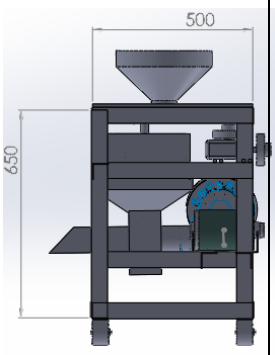
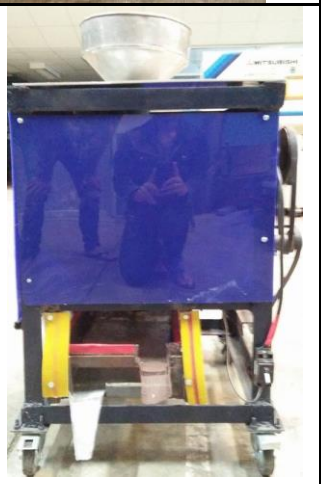
4.3 กลไกการแยกข้าวกล้อง

ข้าวกล้องและข้าวเปลือกผ่านเข้ามาบริเวณตะแกรงขนาด กว้าง 250 มม. ยาว 450 มม. สูง 60 มม. ที่ถูกสั่นด้วยการส่งกำลังจากมอเตอร์มาที่เพลาลูกเบี้ยว ข้าวกล้องที่อยู่ภายในตะแกรงจะแยกตัวลงไปในรูตะแกรง และไหลไปที่ภาชนะรองรับที่เตรียมไว้ ส่วนข้าวเปลือกที่ยังไม่กะเทาะจะค้างอยู่ที่ตะแกรงชั้นบนและไหลไปสู่ภาชนะที่เตรียมไว้เช่นกัน

4.4 กลไกการเคลื่อนย้าย

ใช้แผ่นเพลตขนาด 60x100 มม. เจาะรู ทั้ง 8 มุมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4มม.สำหรับขันน็อตยึดล้อและเชื่อมเข้ากับมุมของโครงสร้างทั้ง มุมเป็นฐานของล้อที่สามารถล็อคได้ทุกล้อ 4เนื่องจากการสั่นสะเทือนขณะเครื่องสีข้าวทำงาน ทำให้เครื่องสีข้าวกล้องเคลื่อนย้ายสะดวก

5. ทดลองประสิทธิภาพของเครื่องสีข้าวกล้อง ทดสอบระยะห่างที่เหมาะสมระหว่างจานกะเทาะบนล่างด้วยการสีข้าวที่ปริมาณข้าวเปลือก 1,2,3 กิโลกรัมต่อเนื่อง และปรับระยะห่าง 3 ระดับคือ 1 1.5 และ 2.0 มม. พบว่าที่ระยะห่าง 1.5 มม. เป็นระยะที่เหมาะสมที่สุด ด้วยความเร็วรอบที่เท่ากันและทดสอบข้าวเปลือก 33 กิโลกรัมใช้เวลาผลิต 817 วินาที และ อัตราการสี (Output/Input) รอบเดียวที่ 0.87%

6. ชิ้นส่วน	การออกแบบ	การขึ้นรูป
จานกะเทาะบน เส้นผ่าศูนย์กลาง26 0 มม. เจาะรูกลาง 10 0มม. กัดร่อง ร่องฟัน 88		
จานกะเทาะล่าง เส้นผ่าศูนย์กลาง26 0 มม. เจาะรูกลาง 25มม. กัดร่อง ร่องฟัน 88		
ประกอบชุดกลไกกะเทาะเปลือก แผ่นโลหะม้วนป้องกันข้าวกระเด็น และยึดด้วยรีเวท โดยมีเพลาเส้นผ่านศูนย์กลาง 25มม. สามารถถอดประกอบง่ายต่อการบำรุงรักษา		
พัดลมแยกแกลบ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง20 0 มม. กำลังไฟฟ้าขนาด 220V		
ยึดฐานรองล้อเข้ากับแผ่นเหล็กเพลตด้วยน็อต จากนั้นนำแผ่นเพลตเชื่อมยึดกับเครื่องที่พัฒนา จำนวน ล้อ 4		
 ด้านหน้า  ด้านข้าง		

รูปที่ 9 เครื่องสีข้าวกล้องขนาดครัวเรือน

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

- เครื่องสีข้าวแนวตั้งขนาดครอบครัวมีขนาดเครื่อง กว้าง x ยาว x สูง 500 x 750 x 650 มม. (กรวยรองข้าวสามารถถอดเก็บได้) เป็นผลจากกระบวนการออกแบบและพัฒนาจากเทคนิคกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพที่รวบรวมความคิดจากการวิจัยตลาดเน้นความต้องการผู้บริโภคแล้วแปลงความต้องการผู้บริโภคเป็นคุณลักษณะผลิตภัณฑ์และกระบวนการ เป็นกระบวนการเชื่อมโยงข้อมูลอย่างเป็นระบบเพื่อการพัฒนาอย่างมีประสิทธิภาพ
- กลไกการกะเทาะเป็นแบบแผ่นเหล็กหมุนเสียดสีในแนวตั้ง ซึ่งมีความแข็งแรงและลดอิทธิพลของอุณหภูมิจากการกะเทาะได้ดีกว่าการใช้ลูกยางที่เก็บกักความร้อนและจะอ่อนตัว ทำให้ประสิทธิภาพการกะเทาะลดลงและความร้อนส่งผลต่อการสึกหรอของลูกยาง ดังนั้นการเปลี่ยนวัสดุจากลูกยางเป็นแผ่นเหล็กสามารถลดการบำรุงรักษาตามหลักการของ การป้องกันการบำรุงรักษา (Design for Maintenance Prevention)
- การออกแบบด้วยหลักการความสามารถของการบำรุงรักษา (Maintainability) ด้วยการใช้วัสดุอุปกรณ์ที่เป็นมาตรฐาน (Standardization) มีขนาดและระยะที่สามารถเอื้อมถึงสะดวก (Accessibility) แยกกลไกการทำงาน (Modularization) กลไกการลำเลียง กลไกการกะเทาะ กลไกการคัดแยกแกลบ โดยที่กลไกการคัดแยกแกลบเป็นแบบเปลี่ยนแทนการซ่อมแซม (Disposable Module) ความสามารถบำรุงรักษาสามารถวัดจาก ค่าเฉลี่ยเวลาการบำรุงรักษา (Mean Time To Repair: MTTR) ค่า MTTR ต่ำแสดงถึงการบำรุงรักษาที่ดี สามารถทำให้สำเร็จได้รวดเร็ว
- กลไกการสีข้าวด้วยแกนตั้งมีการทำลายจมูกข้าวน้อยกว่าการสีข้าวแบบแกนนอนทำให้ได้เมล็ดข้าวที่ไม่แตกหักและเต็มไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ แนวทางการศึกษาเพิ่มเติมคือ ข้าวกล้องจากกระบวนการสีต้องนำไปทดสอบคุณค่าสารอาหารเพื่อเปรียบเทียบกับเครื่องสีข้าวแนวนอนที่มีการวางขายตามท้องตลาด
- กลไกการคัดแยกข้าวเปลือกจากข้าวกล้องมีประสิทธิภาพต่ำมีอตราการปนของข้าวกล้องและข้าวเปลือกสูง แนวทางพัฒนาเพิ่มเติมคือการพัฒนาเครื่องคัดแยกข้าวเปลือกจากข้าวกล้อง

เอกสารอ้างอิง

[1] จริยาภรณ์ อุ่นวงษ์. (2556). การออกแบบเครื่องสีข้าวกล้องจากภูมิปัญญาท้องถิ่น. *การประชุมข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ* (pp. 14-20). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยมหิดล.

[2] นิทัศน์ ตั้งพินิจกุล. (2552). เครื่องสีข้าวขนาดเล็ก. In กรมวิชาการเกษตร, **เครื่องจักรกลเกษตร** (pp. 63-70). กรุงเทพมหานคร: กรมวิชาการเกษตร.

[3] บริษัทนาทวีเทคโนโลยีจำกัด. (2559, เมษายน 4). *บริษัทนาทวีเทคโนโลยีจำกัด*. Retrieved from บริษัทนาทวีเทคโนโลยีจำกัด: http://www.natrawee.co.th/

[4] มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . (2557, มิ.ย 2). *มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์* . Retrieved from เครื่องสีข้าวชุมชน ตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง: http://www.ku.ac.th/web2012/index.php?c=adms&m=selcon_th&time=20140602095135

[5] นภิสภร มีมงคลและคณะ (2554). การประยุกต์ใช้ QFD เพื่อค้นหาคุณลักษณะผลิตภัณฑ์สำหรับการออกแบบอุปกรณ์เฝ้าระวังผู้ป่วย. *วารสารวิจัย มข*, 515-527.

[6] วิชัย รุ่งเรืองอนัต์และคณะ (2554). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ครีมนวดสมุนไพรลดไขมันส่วนเกิดด้วยเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ. *การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ*, (pp. 1875-1882). เพชบุรี.

[7] วีระกิตติ์ สืบศรีและคณะ (2558). **การพัฒนาเครื่องสีข้าวกล้องจากภูมิปัญญาท้องถิ่น.** อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

[8] สุทัศน์ ขานน้ำคำ. (2555). **การออกแบบเครื่องสีข้าวกล้องแบบแรงบด.** อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

[9] สุภาวดี วัชรอุดมมงคลและคณะ (2550). การประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มธัญญาหารผงสำเร็จรูปจากปลายข้าวกล้องหอมมะลิและถั่วอะซูกิ. *การจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมการเกษตร กรณีศึกษา*, 121-142.

[10] อิสรา ธีระวัฒน์สกุลและคณะ (2551). การพัฒนาผลิตภัณฑ์เทียนหอมด้วยเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์ ครั้งที่ 6*, (pp. 517-521). สงขลา.

[11] นายดุสิต ตั้งพิสิฐและคณะ (2556). **การออกแบบและสร้างเครื่องสีข้าวขนาดเล็กสำหรับครัวเรือนและชุมชน** http://www.nstda.or.th

				ลักษณะทางเทคนิค																
				โครงสร้าง			วัสดุ		ความสะดวก			การใช้งาน								
ทิศทางของการปรับปรุงในอนาคต				∧	v	∧	∧	∧	∧	v	0	∧	∧	∧						
				คุณสมบัติด้านเทคนิคของผลิตภัณฑ์												การให้ความสำคัญ				
				ความต้องการทางวิศวกรรม												ศึกษา	คู่แข่ง			
ความต้องการของผู้บริโภค			IMP	ใช้เลหะในการทำโครง	ขนาดกะทัดรัด	เครื่องจักรถอดง่าย	ปลอดภัยต่ออาหาร	วัสดุต้องมีราคาถูก	ควรมีล้อ	น้ำหนักเบา	คัดแยกข้าว	อายุใช้งาน > 4 ปี	ปลอดภัยต่อการทำงาน	บำรุงรักษาง่าย	อัตราการสีข้าว	5	5	planner level	Improvement Ratio	Improvement Weight
คุณลักษณะของเครื่องจักร	โครงสร้าง	ความแข็งแรงของวัสดุ	4.45	9		3				3		9				3	5	5	0.60	2.67
		ขนาดของเครื่องจักร	4.1	3	9			3		9		3		9	3	4	4	4	1.00	4.10
		อุปกรณ์ภายในเครื่องจักรถอดง่าย	4.32	3	9	9	3		3		3		9	9		3	3	3	1.00	4.32
	วัสดุ	ความปลอดภัยกับอาหาร	3.83	9			9	9		3		9	3		3	4	4	4	1.00	3.83
		ราคา	3.92	9	9		9	9	9	9	3	9	3			5	4	4	1.25	4.90
	ความสะดวก	การเคลื่อนย้าย	3.44	9	9	3	3		9	9	3	3	3	9		2	3	3	0.67	2.29
		น้ำหนักของเครื่อง	4.29	9	9			9	9	9	9		9	3	3	4	5	5	0.80	3.43
		ตะแกรงคัดแยกข้าว	4.02			9		9		9	9	3		3	3	1	4	4	0.25	1.01
	การใช้งาน	อายุการใช้งาน	4.02	9		3	9	9	3		3	9	3	3		2	3	3	0.67	2.68
		ความปลอดภัยในครัวเรือน	4.27	3	9	3	9	9	3	3	9	3	9	9		4	4	4	1.00	4.27
		การบำรุงรักษาและการทำความสะอาด	3.78	3	3	9	3		3	3	3	9	3	9	3	3	3	3	1.00	3.78
		อัตราการสีข้าว	3.77		3							3		3	9	3	4	4	0.75	2.83
		ระดับความสำคัญของคุณลักษณะทางเทคนิค		265	242	158	179	231	154	227	172	238.8	173	227	94	2360				
		ร้อยละความสำคัญของคุณลักษณะทางเทคนิค		11.22	10.24	6.68	7.58	9.81	6.52	9.61	7.27	10.12	7.32	9.64	3.98	100.00				
		ลำดับความสำคัญ		1	2	10	7	4	11	6	9	3	8	5	12					
		เป้าหมาย		ความแข็งแรง	ยอมรับได้	> 10 ชิ้นขึ้นไป	ใช่	ใช่	ใช่	น้อยยิ่งดี	มี/ไม่มี	ยิ่งมากยิ่งดี	มี	มี	ยิ่งมากยิ่งดี					
		Unit		-	-	-	-	บาท	ล้อ	Kg.	-	ปี	-	-	Kg.					

ความสัมพันธ์
ว่าง หมายถึง ไม่มีความสัมพันธ์น้อย
1 หมายถึง มีความสัมพันธ์น้อย
3 หมายถึง มีความสัมพันธ์ปานกลาง
9 หมายถึงมีความสัมพันธ์มาก

ทิศทางของเป้าหมาย
∧ เพิ่มค่าขึ้น
° เท่าเดิม
∨ ลดค่าลง