รายงานแผนงานวิจัย

วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลแปรรูปในกระบวนการทำแป้งจากธัญพืช และผลผลิตเกษตรระดับกลุ่มเกษตรกร

Research and Development of Powder Processing Machine from Grain and Agricultural Produce for Farmer Group

ชื่อหัวหน้าแผนงานวิจัย
จิรวัสส์ เจียตระกูล
Jirawat Chiatrakul

ปี พ.ศ. 2561

รายงานโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลแปรรูปในกระบวนการทำแป้งจากธัญพืช และผลผลิตเกษตรระดับกลุ่มเกษตรกร

Research and Development of Powder Processing Machine from Grain and Agricultural Produce for Farmer Group

ชื่อหัวหน้าแผนงานวิจัย
จิรวัสส์ เจียตระกูล
Jirawat Chiatrakul

ปี พ.ศ. 2561

คำปรารภ

รายงานแผนงานวิจัยเรื่อง “วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลแปรรูปในกระบวนการทำแป้งจากธัญพืชและผลผลิตเกษตรระดับกลุ่มเกษตรกร” คณะผู้จัดทำผลงานวิจัยได้เริ่มดำเนินการตั้งแต่ตุลาคม 2559 ถึง กันยายน 2561 เป็นเวลา 3 ปี วัตถุประสงค์ของโครงการเพื่อพัฒนาเครื่องจักรกลแปรรูปในกระบวนการทำแป้งจากธัญพืชและผลผลิตที่เหมาะสมระดับกลุ่มเกษตรกร

แผนงานนี้มีประกอบไปด้วย 3 โครงการวิจัย คือ 1) วิจัยและพัฒนาเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลม มีระยะเวลาดำเนินการวิจัย 3 ปี เป็นการศึกษาการคัดแยกขนาดแป้งด้วยลมแบบไซโคลนโดยอาศัยความเร็วลมที่แตกต่างกันในการแยกขนาด 2) วิจัยและพัฒนาแยกเปลือกจากถั่วเขียวซีกแช่น้ำ มีระยะเวลาดำเนินการวิจัย 2 ปี อาศัยหลักการลอยตัวหรือแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางมาใช้ในการแยกเปลือกถั่ว และ 3) วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรในกระบวนการทำแป้งจากเม็ดบัว มีระยะเวลาดำเนินการวิจัย 3 ปี ประกอบไปด้วยเครื่องต้นแบบจำนวน 3 เครื่อง คือ เครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดบัว เครื่องแทงดีบัว และเครื่องขัดลอกเยื่อเม็ดบัวแห้ง ความคุ้มค่าของการวิจัยนี้คาดว่าจะได้รับประโยชน์ด้านเครื่องมือและเทคโนโลยี สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและมูลค่าให้กับการแปรรูปในกระบวนการทำแป้งจากธัญพืชและผลผลิตเกษตร

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า รายงานฉบับนี้จะเป็นประโยชน์แก่นักวิจัย นักวิชาการเกษตร ตลอดจนเกษตรกร และผู้สนใจที่จะได้ศึกษา พัฒนาต่อยอดและนำเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	4
ผู้วิจัย	4
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	5
บทนำ	8
1.วิจัยและพัฒนาเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลม	9
2.วิจัยและพัฒนาแยกเปลือกจากถั่วเขียวซีกแช่น้ำ	34
3.วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรในกระบวนการทำแป้งจากเม็ดบัว	53
บทสรุปและข้อเสนอแนะ	75
บรรณานุกรม	77
ภาคผนวก	79

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม จ.ปทุมธานีและศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ สำหรับการสนับสนุนสถานที่และอุปกรณ์สำหรับสร้างและทดสอบเก็บข้อมูลเครื่องต้นแบบ

ผู้วิจัย

จิรวัสส์ เจียตระกูล
Jirawat Chiatrakul

ปรีชา อานันท์รัตนกุล
Preecha Ananrattanakul

มานพ รักญาติ
Manop Rakyat

วิบูลย์ เทเพนทร์
Viboon Thepent

สมเดช ไทยแท้
Somdet Thaitae

สุภาษิต เสงี่ยมพงศ์
Suphasit Sngiamphongse

อัคคพล เสนาณรงค์
Akkpol Senanarong

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

g	=	กรัม
hr, h	=	ชั่วโมง
i	=	ดอกเบี้ย หรือค่าเสียโอกาส
kg	=	กิโลกรัม
kW	=	กิโลวัตต์
L	=	ราคาซากเครื่องจักร
mm	=	มิลลิเมตร
m	=	เมตร
min	=	นาที
N	=	อายุการใช้งาน, ปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุน
P	=	มูลค่าเครื่องต้นแบบ
rpm	=	รอบต่อนาที
sec	=	วินาที
%Wb	=	ฐานมวลชื้น
%	=	เปอร์เซ็นต์

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของแผนงานวิจัย

การนำผลผลิตทางการเกษตรมาแปรรูปจะช่วยป้องกันการล้นตลาดของผลิตผลสด ซึ่งช่วยยกระดับราคาผลิตผลไม่ให้ตกต่ำ การเพิ่มมูลค่าของผลิตผลทางการเกษตรโดยการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถเก็บรักษาได้นานและมีมูลค่าสูงขึ้นโดยเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ในชุมชนเช่น แป้งถั่วเขียว แป้งบัวหลวง แป้งมันเทศ เป็นต้น เกษตรกรสามารถรวมตัวกันในรูปของกลุ่มหรือวิสาหกิจชุมชนเพื่อผลิตจำหน่ายได้ ในขั้นตอนของการแปรรูปแป้งจำเป็นต้องมีการคัดขนาดแป้ง ซึ่งโดยทั่วไปนิยมใช้วิธีการร่อน เพื่อให้ได้ขนาดของเม็ดแป้งตามต้องการ โดยแป้งที่มีขนาดเม็ดแป้งที่แตกต่างกันจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน การคัดขนาดแป้งโดยใช้ตะแกรงร่อนจะต้องใช้ตะแกรงที่มีขนาดตามต้องการที่มีการผลิตและจำหน่ายจะเป็นแบบตะแกรงร่อนซึ่งต้องใช้คนในการร่อน และอีกแบบคือเครื่องร่อนแป้งแบบตะแกรงโยก แบบสั่น หรือแบบโรตารี่ ปัญหาที่พบสำหรับการใช้ตะแกรงร่อนคือ ต้องมีตะแกรงหลายขนาด ในกรณีที่เครื่องร่อนปิดไม่สนิทมีรูรั่วจะเกิดการฟุ้งกระจายของแป้ง และตะแกรงมีการอุดตันทำให้ประสิทธิภาพลดลงต้องมีการทำความสะอาดบ่อยๆ การออกแบบพัฒนาเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลมแบบไซโคลนโดยอาศัยความเร็วลมที่แตกต่างกันในการแยกขนาดจะสามารถแก้ปัญหาเหล่านี้ได้ และสามารถทำให้กลุ่มเกษตรกรผู้เกี่ยวข้องสามารถเพิ่มคุณภาพและลดต้นทุนการผลิต

การแปรรูปเมล็ดถั่วเขียวที่สำคัญ และทำกันในระดับอุตสาหกรรมในปัจจุบันก็คือการทำวุ้นเส้น ทำแป้งถั่วเขียว ใช้เครื่องจักรนำเข้าที่มีราคาแพง สำหรับเครื่องจักรและอุปกรณ์ในการแปรรูปถั่วเขียวเป็นผลิตภัณฑ์วุ้นเส้นในระดับอุตสาหกรรมครัวเรือน ส่วนใหญ่มีการพัฒนาและผลิตจำหน่ายได้ภายในประเทศ ได้แก่ เครื่องกะเทาะถั่วซีก เครื่องบด/โม่ เครื่องกรองและแยกกาก เครื่องนวดแป้งเตาพร้อมภาชนะหุงต้ม และ อุปกรณ์โรยเส้น เป็นต้น ขั้นตอนแรกของการแปรรูปถั่วเขียวเป็นผลิตภัณฑ์อาหารประเภทต่างๆ ส่วนใหญ่คือ การกะเทาะเปลือก เพื่อแยกเอาเปลือกออก ส่วนเนื้อถั่วเขียวนำไปแปรรูปในขั้นตอนต่อไป เนื่องจากเปลือกมีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ทั้งด้านสีกลิ่น และอาจรวมถึงรสชาติ นอกจากนี้เปลือกถั่วเขียวเป็นสาเหตุที่ทำให้โปรตีนถั่วเขียวมีคุณภาพไม่ดีในด้านสีและกลิ่น (สิริชัยและคณะ, 2535) ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท แนะนำวิธีเตรียมวัตถุดิบถั่วเขียวสำหรับแปรรูปเป็นวุ้นเส้น หรือถั่วเขียวทอด โดยนำถั่วเขียวมากะเทาะให้แตกเป็น 2 ซีก โดยใช้เครื่องโม่/บด ปรับแต่งชุดลูกหินกะเทาะให้ห่างพอเหมาะที่จะกะเทาะถั่วให้แตกเป็นสองซีก นำถั่วซีกไปแช่น้ำประมาณ 2-3 ชั่วโมง พอให้เมล็ดถั่วซีกนิ่มและแยกเปลือกออกได้ง่าย จากนั้นทำการล้างแยกเปลือกออกจนได้เนื้อถั่วเขียวสะอาดปราศจากเปลือก ขั้นตอนนี้ใช้แรงงานคนและเสียเวลา ยังไม่มีเครื่องจักรที่ใช้ในการแยกเปลือกจากถั่วเขียวซีกแช่น้ำ โดยใช้มือขยี้เมล็ดถั่วเขียวให้เปลือกบางส่วนที่ติดเมล็ดถั่วเขียวหลุดออก ค่อยๆ กวนน้ำและรินน้ำทิ้ง เปลือกซึ่งมีน้ำหนักเบากว่าจะไหลออกมากับน้ำทิ้ง เติมน้ำและทำการแยกเปลือกซ้ำจนกว่าจะแยกเปลือกหมด ซึ่งใช้เวลาและทำได้ครั้งละน้อยๆ ดังนั้น หากมีการพัฒนาเครื่องแยกเปลือกจากถั่วเขียวซีกน้ำให้มีประสิทธิภาพราคาถูกและนำมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิต จะช่วยลดเวลา ประหยัดแรงงาน และลดต้นทุนการผลิต

แป้งบัวหลวงจะอยู่ในลักษณะของแป้งทำขนมเพื่อสุขภาพ เกรดสูง ราคาแพงซึ่งในการทำผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ต้องใช้แป้งที่บดจากเม็ดบัวที่ผ่านการตากแดดลดความชื้นให้เหลือประมาณร้อยละ 10 แล้วนำมาบดละเอียดเป็นแป้ง ซึ่งในปัจจุบันนี้เม็ดบัวยังมีราคาที่ไม่สูงมาก แต่มีปัญหาในเรื่องของ

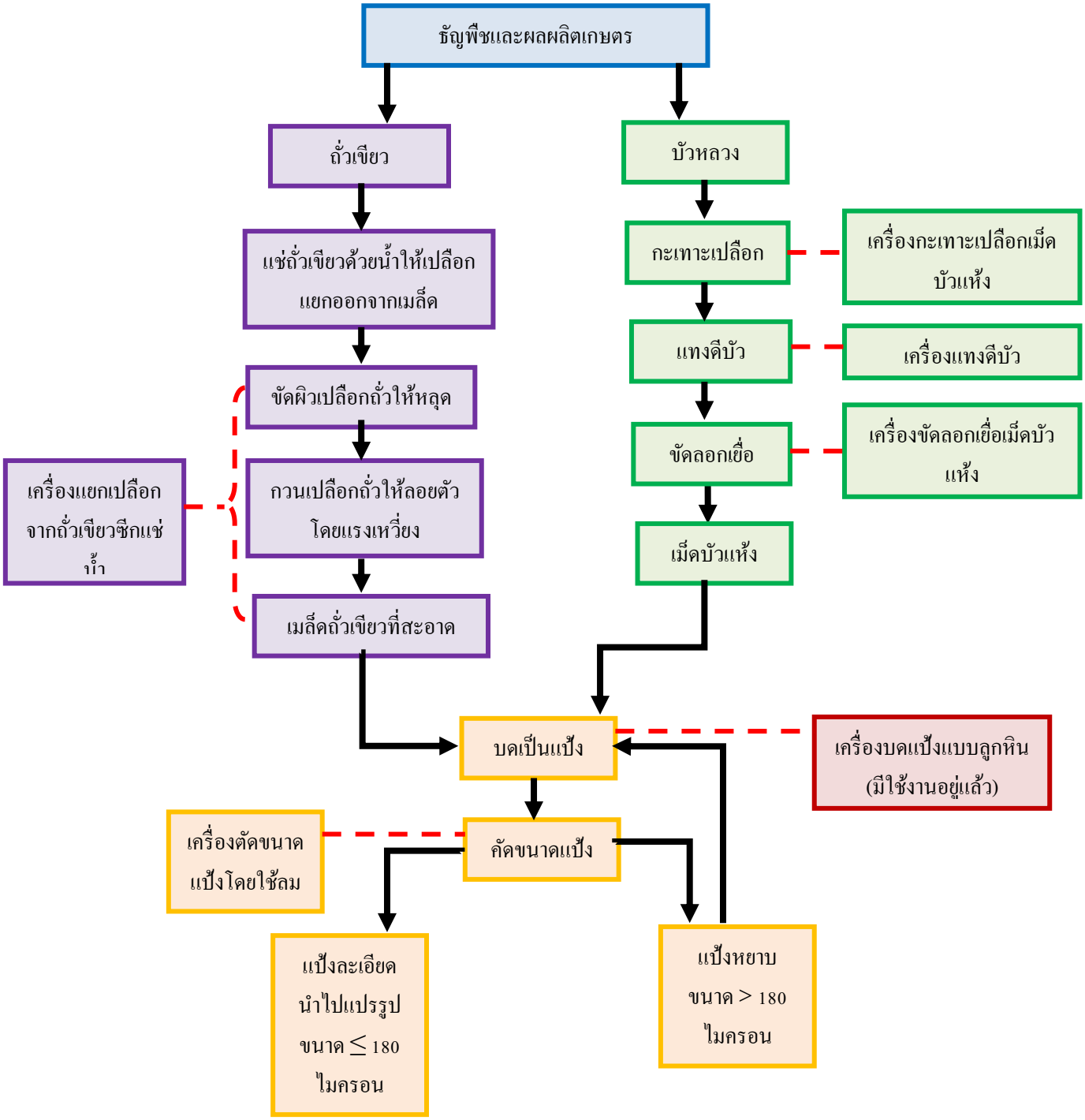
การจ้างแรงงานในการแกะเปลือกมาก ถ้าเม็ดบัวแก่มากเปลือกจะแข็งและเหนียว เปลือกที่ติดกับเม็ดจะทำให้แกะยาก ขนาดของเม็ดบัวก็มีความแตกต่างกัน บางพันธุ์เม็ดบัวมีขนาดเล็กมาก ทำให้แกะเปลือกยาก ดังนั้น เครื่องมือที่ช่วยในกระบวนการแปรรูปเป็นแป้งได้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง เนื่องจากเม็ดบัวไทยมีปริมาณน้อย นาบัวส่วนมากมักจะตัดขายดอกมากกว่าที่จะรอจนได้เม็ดบัว โดยจากการหาข้อมูลพบว่า ในต่างประเทศ เช่น ประเทศจีน ได้มีการใช้เครื่องจักรเข้ามาช่วยในเรื่องของการแกะและกะเทาะเปลือกเม็ดบัว มีความสามารถในการทำงาน 15-60 กิโลกรัม/ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับขนาดของเครื่องจักร แต่เนื่องจากชนิดพันธุ์บัวของจีนกับไทยนั้นมีความแตกต่างกันในลักษณะทางกายภาพ (ขนาดของเม็ด) หากมีการนำเครื่องจักรมาใช้งานต้องมีการดัดแปลงเครื่องจักรให้สามารถใช้ได้กับบัวสายพันธุ์ไทย อีกทั้งการนำเข้าเครื่องจักรจากต่างประเทศนั้นมีราคาที่ค่อนข้างแพง สำหรับในประเทศไทยได้มีการวิจัยและพัฒนาเครื่องทุ่นแรงต้นแบบสำหรับการแปรรูปเม็ดบัว เช่น เครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดบัว เครื่องแทงดีบัว เป็นต้นแต่ก็ยังเป็นเครื่องต้นแบบในระดับห้องปฏิบัติการเท่านั้น ความสามารถในการทำงานยังไม่แตกต่างจากการใช้แรงงานคนมากนัก และตัวเครื่องสามารถใช้ได้กับเฉพาะเม็ดบัวที่มีขนาดใหญ่เท่านั้น จึงทำให้ไม่สามารถใช้ได้กับเม็ดขนาดเล็กได้ จำเป็นที่จะต้องมีการปรับปรุงแก้ไขให้สามารถทำงานได้กับเม็ดบัวทุกขนาด และมีความสามารถในการทำงานที่เพิ่มขึ้นเพื่อให้รองรับกับการขยายตัวกับการแปรรูปเม็ดบัวในอนาคต ดังนั้น การวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรสำหรับการแปรรูปผลิตภัณฑ์แป้งบัวหลวงจึงจะเป็นแนวทางที่เป็นประโยชน์ที่จะเป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับเม็ดบัวไทย ซึ่งจะสอดคล้องกับแผนงานวิจัยบัวหลวงให้เป็นพืชเศรษฐกิจในพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากของกรมวิชาการเกษตร เพื่อเพิ่มความสนใจ ความต้องการบริโภคเม็ดบัวไทยที่มากขึ้น แก้ปัญหาจากขาดแคลนแรงงาน ลดการนำเข้าเครื่องจักร แนวทางในการพัฒนาเครื่องจักรสำหรับกระบวนการแปรรูปเม็ดบัวคือ การเพิ่มประสิทธิภาพ ตั้งแต่ขั้นตอนของการคัดขนาดเม็ดบัว การกะเทาะเปลือก การนำดีบัวออกจากเม็ด การลอกเยื่อที่ติดกับเม็ด และบดเป็นแป้งเม็ดบัวต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อวิจัยและพัฒนาเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลมแบบไซโคลนสำหรับกลุ่มเกษตรกร
2. เพื่อวิจัยและพัฒนาเครื่องแยกเปลือกจากถั่วเขียวซีกแช่น้ำ
3. เพื่อวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรในกระบวนการทำแป้งจากเม็ดบัว

วิธีการวิจัย

1. ศึกษาข้อมูลพื้นฐานต่างๆเพื่อใช้เป็นแนวทางในการ พัฒนาเครื่องต้นแบบเครื่องจักรกลแปรรูปในกระบวนการทำแป้งจากธัญพืชและผลผลิตเกษตร เช่น สมบัติทางกายภาพของธัญพืชและผลผลิตเกษตร
2. ออกแบบและพัฒนาเครื่องต้นแบบเครื่องจักรกลแปรรูปในกระบวนการทำแป้งจากธัญพืชและผลผลิตเกษตร ซึ่งประกอบไปด้วย 1) เครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลม โดยอาศัยหลักการของไซโคลนดักฝุ่น 2) เครื่องแยกเปลือกจากถั่วเขียวซีกแช่น้ำ โดยอาศัยหลักการลอยตัวหรือแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง 3) เครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดบัวแห้ง อาศัยหลักการของลูกกลิ้งสำหรับกรีดและกะเทาะเปลือก 4) เครื่องแทงดีบัว อาศัยหลักการการเจาะที่ขั้วของเม็ดบัวแห้ง 5) เครื่องขัดลอกเยื่อเม็ดบัวแห้ง อาศัยหลักการของแรงเสียดทานระหว่างผิวของเม็ดบัวกับผนังที่มีพื้นผิวหยาบ



ภาพที่ 1 แผนภาพความเชื่อมโยงระหว่างโครงการวิจัย

3. ทดสอบประสิทธิภาพการทำงานเบื้องต้นของเครื่องต้นแบบที่ได้สร้างขึ้นมา และปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องการทำงานของเครื่องต้นแบบ
4. ทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งาน ได้แก่ ประสิทธิภาพการทำงาน ความสามารถในการทำงาน เป็นต้น บันทึกข้อมูล ความเร็วรอบ ความสามารถในการทำงาน และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน เป็นต้น
5. วิเคราะห์ผลการทดสอบ เขียนแบบ และสรุปผล

วิจัยและพัฒนาเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลม

Research and Development on a Pneumatic Flour Separating Machine

ผู้วิจัย

มานพ รักญาติ
Manop Rakyat

ปรีชา อานันทีรัตนกุล
Preecha Ananrattanakul

จิรวัสส์ เจียตระกูล
Jirawat Chiatrakul

วิบูลย์ เทเพนทร์
Viboon Thepent

สุเมธ กาศสกุล
Sumet Kardsakul

คำสำคัญ : แปรรูปแป้ง เครื่องคัดขนาดแป้ง แป้งถั่วเขียว แป้งบัวหลวง
flour processing, flour separating machine, mung bean flour, lotus flour

บทคัดย่อ

กระบวนการผลิตแป้งจากเมล็ดธัญพืช ได้แก่ แป้งถั่วเขียวและแป้งบัวหลวง ก่อนนำไปผลิตเป็นอาหารหรือใช้ในอุตสาหกรรมอาหารจำเป็นต้องมีการคัดขนาดเพื่อให้ได้เม็ดแป้งละเอียดตรงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์แป้งธัญพืช โครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลมมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาต้นแบบเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลมแบบไซโคลนสำหรับเกษตรกรและกลุ่มเกษตรกร ให้สามารถผลิตแป้งที่มีคุณภาพตรงตามความต้องการของตลาด

เครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลมที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก ชุดคัดแป้ง ชุดพัดลม ไซโคลนดักเก็บแป้งละเอียด ถาดรองรับแป้งหยาบ และชุดควบคุมความเร็วรอบของพัดลม ผลการทดสอบที่ความเร็วลม 1.5 , 2.0, 2.5 และ 3.0 เมตร/วินาที ในการคัดขนาดแป้งถั่วเขียว และแป้งบัวหลวง ที่ความสามารถในการทำงานเครื่อง 150 กิโลกรัม/ชั่วโมง พบว่าความเร็วลม 2.5 เมตร/วินาที ให้ผลการทดสอบดีที่สุด ผลการคัดขนาดแป้งถั่วเขียว ที่ความชื้น 9% เครื่องมีประสิทธิภาพการคัดเฉลี่ย 84.04 % สูญเสียออกช่องระบายลมสะอาด 0.94% สุ่มก่อนคัดมีแป้งหยาบปนเฉลี่ย 11.30% หลังคัดมีแป้งหยาบปนเฉลี่ย 1.30% และการคัดขนาดแป้งบัวหลวงที่ความชื้น 8.5% เครื่องมีประสิทธิภาพการคัดเฉลี่ย 83.94 % สูญเสียออกช่องระบายลมสะอาด 1.03% สุ่มก่อนคัดมีแป้งหยาบปนเฉลี่ย 13.32% หลังคัดมีแป้งหยาบปนเฉลี่ย 1.31% ซึ่งการปนของแป้งหยาบ (ขนาดมากกว่า 180 ไมครอน) ในแป้งละเอียดที่คัดได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของ มอก. แป้งธัญพืช คือ ไม่เกิน 2.5 % (สัดส่วนโดยน้ำหนัก)

Abstract

Flour production process from grains such as Mung bean flour and Lotus flour needs sizing process before using the flour in food industry or before using them as food following grain flour standard. The objective of this research is to develop a prototype of flour cyclone separator for farmers or farmer clusters, enhancing flour production quality and standard.

The main parts of the prototype separator are pneumatic sorter, fan, dust cyclone, rough flour supporting tray and fan speed controller. The experiment of both kind of flour conducted at 1.5, 2.0, 2.5, and 3.0 m/s of wind speeds with a working capacity of flour at 150 kg/h resulted that at 2.5 m/s of wind speed gave the best result. Sizing Mung bean flour at 9.0 %wb, the separator efficiency is 84.04%, lost at clean air exhaust 0.94%, there was 11.30% of rough flow before using the separator then there was 1.30% after using the separator. Sizing Lotus flour at 8.5 %wb, the separator efficiency is 83.94%, lost at clean air exhaust 1.03%, there was 13.32% of rough flow before using the separator then there was 1.31% after using the separator. Refer to Thai industrial standard; the contamination of rough flour (greater than 180 micron) in fine flour of grain must not over than 2.5% (by weight).

บทนำ

การนำผลผลิตทางการเกษตรมาแปรรูปจะช่วยป้องกันการล้นตลาดของผลิตผลสด ซึ่งช่วยยกระดับราคาผลิตผล ไม่ให้ตกต่ำ การเพิ่มมูลค่าของผลิตผลทางการเกษตรโดยการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถเก็บได้นานและมีมูลค่าสูงขึ้นโดยเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ในชุมชน ได้แก่ แป้งถั่วเขียว แป้งบัวหลวง เป็นต้นเกษตรกรสามารถรวมตัวกันในรูปของกลุ่มหรือวิสาหกิจชุมชนเพื่อผลิตจำหน่ายได้ ในขั้นตอนการแปรรูปแป้ง จำเป็นต้องมีการคัดขนาดแป้งซึ่งโดยทั่วไปใช้การร่อน เพื่อให้ได้ขนาดของเม็ดแป้งตามต้องการ ปัญหาที่พบสำหรับการใช้ตะแกรงร่อนคือ ตะแกรงมีการอุดตันทำให้ประสิทธิภาพลดลงต้องทำความสะอาดบ่อยๆ การออกแบบพัฒนาเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลมแบบไซโคลนโดยอาศัยความเร็วลม ในการแยกขนาดจะสามารถแก้ปัญหาเหล่านี้ได้ และสามารถทำให้เกษตรกร กลุ่มเกษตรกร สามารถเพิ่มคุณภาพ ลดต้นทุนการผลิต จะเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร

การทบทวนวรรณกรรม

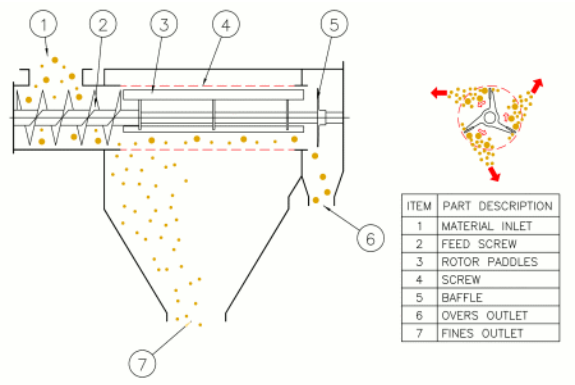
เครื่องร่อนแป้งแบบตะแกรงโยกที่มีจำหน่ายจะมีลักษณะดังภาพที่ 1 เป็นเครื่องที่ผลิตในประเทศใช้สำหรับร่อนแป้ง ยา และผงเครื่องปรุงต่างๆ ตัวเครื่องทำด้วยสแตนเลสมีฝาปิดกันการฟุ้งกระจาย ตัวตะแกรงถอดทำความสะอาดหรือเปลี่ยนขนาดได้ ใช้มอเตอร์ขนาด 1/2-1/3 แรงม้า ปัญหาที่พบบ่อยคือการอุดตันของรูตะแกรง

ภาพที่ 1 เครื่องร่อนแป้งแบบตะแกรงโยกที่ผลิตในประเทศ (เซียวเฮงฮวด, 2557)

เครื่องร่อนแป้งแบบสั่นที่มีการผลิตและจำหน่ายจะมีลักษณะดังรภาพที่ 2 ใช้ตะแกรงในการคัดขนาด เช่นเดียวกับแบบตะแกรงโยก แต่ใช้ระบบสั่นแทนการโยก ปัญหาก็เช่นเดียวกันกับแบบตะแกรงโยกคือการอุดตันของรูตะแกรง

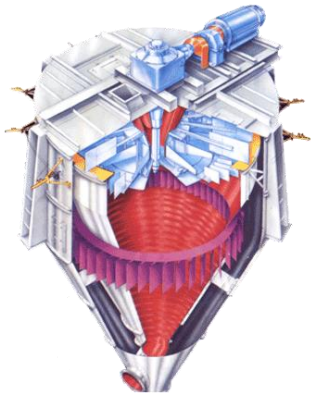
ภาพที่ 2 เครื่องร่อนแป้งแบบสั่น (บริษัท เอ็ม.เค. ยูนิกรุ๊ป คอร์ปอเรชั่น จำกัด, 2557)

เครื่องร่อนแบบโรตารี่ ภาพที่ 3 ตัวตะแกรงเป็นรูปทรงกระบอกหมุนในแนวนอน ส่วนใหญ่แล้วจะใช้สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม จึงไม่เหมาะสำหรับกลุ่มเกษตรกร



ภาพที่ 3 เครื่องร่อนแป้งแบบโรตารี่ (GEA Nu-Con Ltd, 2557)

เครื่องคัดขนาดแป้งแบบใช้ลม ภาพที่ 4 ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมมีขนาดใหญ่ใช้หลักการของไซโคลนในการคัดขนาดแป้ง



ภาพที่ 4 เครื่องคัดขนาดแป้งแบบใช้ลม Whirlwind air classifier (N.N.Zoubov Engineers SMCE, 2557)

ระเบียบวิธีการวิจัย

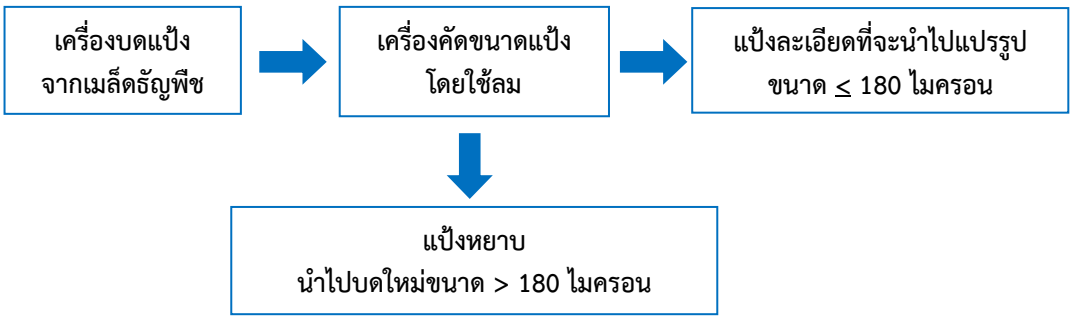
สิ่งที่ใช้ในการทดลอง

อุปกรณ์

- เครื่องวัดความเร็วลม
- เครื่องวัดความเร็วรอบ
- เครื่องบดแป้งจากเมล็ดธัญพืช
- เครื่องคัดขนาดแบบตะแกรงร่อนสำหรับห้องปฏิบัติการ
- แป้งถั่วเขียว
- แป้งบัวหลวง
- เครื่องวัดความชื้นแป้ง
- วัสดุสำหรับสร้างเครื่องต้นแบบ
- นาฬิกาจับเวลา
- แอมป์มิเตอร์
- เครื่องชั่งดิจิตอล
- เครื่องควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ (Invertor)

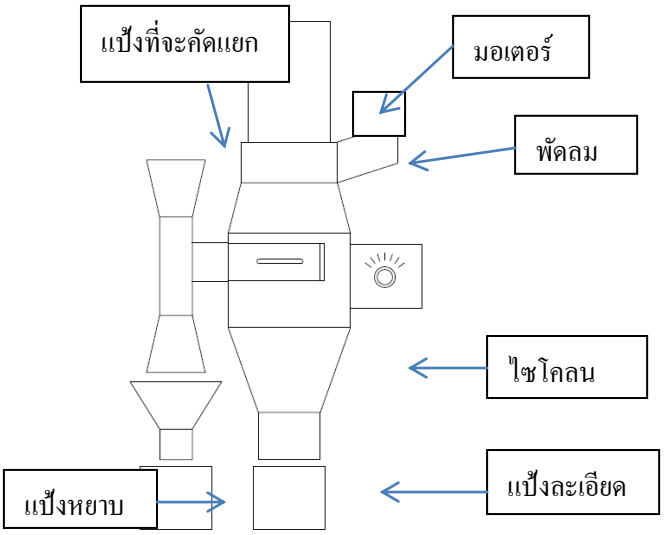
วิธีดำเนินการ

1) ศึกษาข้อมูลเพื่อใช้ในการออกแบบเครื่อง ได้แก่ ค่าความเร็วลมที่ใช้ในการคัดแยกขนาดแป้งถั่วเขียว และแป้งบัวหลวง
2) ออกแบบพัฒนาสร้างต้นแบบเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลม อาศัยหลักการของไซโคลนดักฝุ่น ให้เครื่องมีความสามารถในการทำงานประมาณ 150 กิโลกรัม/ชั่วโมง ซึ่งเหมาะสมกับระดับเกษตรกร และกลุ่มเกษตรกร การคัดแยกแป้งเมล็ดธัญพืชด้วยเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลมมีกระบวนการดังนี้



ภาพที่ 5 กระบวนการคัดแยกแป้งเมล็ดธัญพืชด้วยเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลม

จากภาพที่ 5 นำเมล็ดธัญพืชมาบดด้วยเครื่องบดแป้งแล้วนำแป้งธัญพืชที่ได้มาคัดด้วยเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลม โดยเครื่องสามารถแยกแป้งได้ 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นแป้งละเอียดขนาด ≤ 180 ไมครอน (อ้างอิงตาม มอก. แป้งธัญพืช) นำไปแปรรูปต่อไป และส่วนที่เป็นแป้งหยาบขนาด > 180 ไมครอน จะนำกลับไปบดใหม่



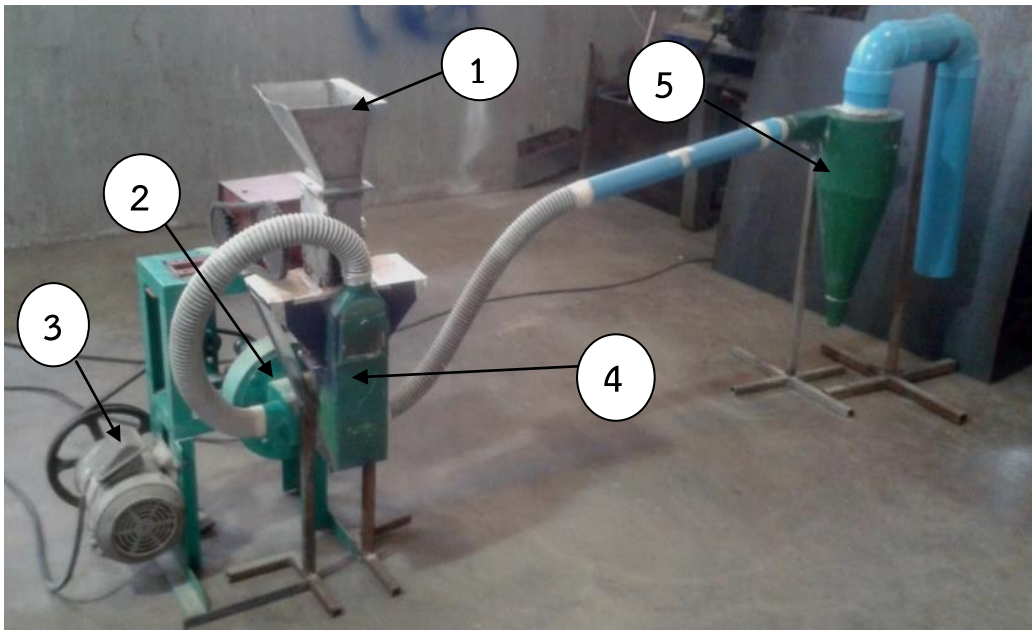
ภาพที่ 6 แสดงแนวความคิดเครื่องคัดขนาดแป้ง

3) ทดสอบเก็บข้อมูลความเร็วลมของเครื่องต้นแบบที่รอบพัดลมต่างๆ และแก้ไขข้อบกพร่องของเครื่องต้นแบบ
4) ทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งาน
5) วิเคราะห์ผลการทดสอบและสรุปผล

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1) **ศึกษาข้อมูลในการออกแบบเครื่องได้แก่ ค่าความเร็วลมสำหรับใช้ในการคัดแยกขนาดแป้งถั่วเขียว และแป้งบัวหลวง**

ได้ทำการออกแบบและสร้างชุดทดสอบเบื้องต้นเพื่อหาค่าความเร็วลมเพื่อใช้ในการคัดขนาดแป้งถั่วเขียว และแป้งบัวหลวง โดยกำหนดอัตราการป้อนที่ 150 กิโลกรัม/ชั่วโมง โดยขนาดเม็ดแป้งที่ต้องการคัดแยกอ้างอิงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แป้งถั่วเขียว (มอก. 948-2556) ได้กำหนดให้แป้งละเอียดที่ใช้ประกอบอาหารและอุตสาหกรรมผลิตอาหารต้องมีขนาดน้อยกว่า 180 ไมครอน



ภาพที่ 7 ชุดทดสอบเพื่อหาค่าความเร็วลมที่ใช้ในการคัดแยกแป้งละเอียด

หมายเลข 1 ถังป้อนวัตถุดิบที่ 150 กิโลกรัม/ชั่วโมง

หมายเลข 2 ชุดพัดลม

หมายเลข 3 มอเตอร์ปรับความเร็วรอบโดยใช้อินเวอร์เตอร์

หมายเลข 4 ชุดทดสอบหาค่าความเร็วลมในการคัดแยกแป้งเอียด พื้นที่หน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

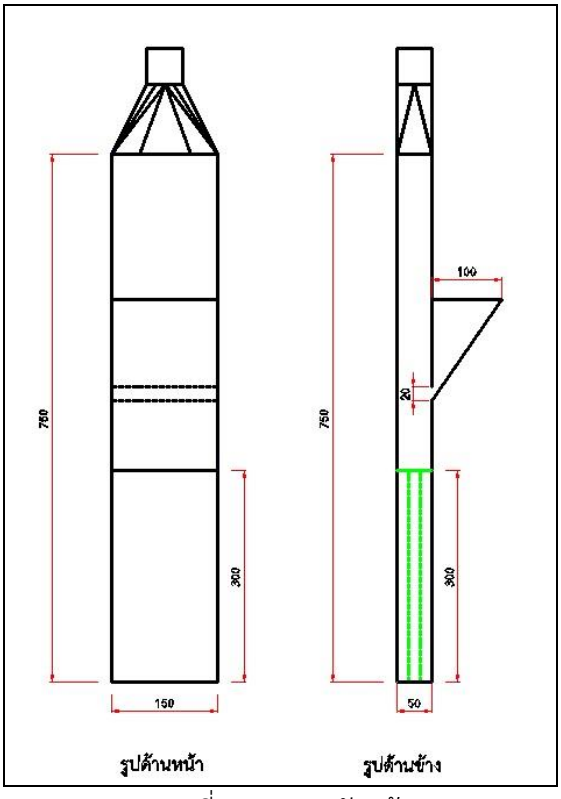
หมายเลข 5 ไซโคลนเก็บแป้งละเอียด

ผลการทดสอบหาค่าความเร็วลมในการคัดแยกขนาดแป้งละเอียดขนาดน้อยกว่า 180 ไมครอนโดยใช้แป้งถั่วเขียวและแป้งบัวหลวง พบว่าความเร็วลมที่จะใช้ในการคัดแยกแป้งละเอียดของแป้งถั่วเขียวและแป้งบัวหลวง จะอยู่ที่ประมาณ 1.5 เมตร/วินาที ถึง 3.0 เมตร/วินาที

2) **ออกแบบพัฒนา และสร้างต้นแบบเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลม อาศัยหลักการของไซโคลนดักฝุ่น ให้เครื่องมีความสามารถในการทำงานประมาณ 150 กิโลกรัม/ชั่วโมง ซึ่งเหมาะสมกับระดับเกษตรกร และกลุ่มเกษตรกร**

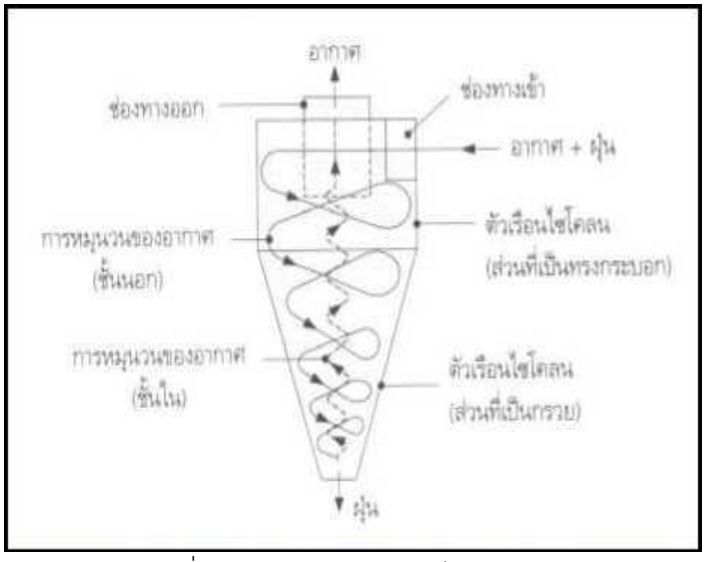
2.1) ชุดคัดแป้ง ออกแบบโดยเลือกใช้หน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมพื้นผ้า ซึ่งจะให้อัตราการไหล และความเร็วของอากาศไหลเข้าได้สม่ำเสมอตลอดพื้นที่หน้าตัด มากกว่าพื้นที่หน้าตัดรูปทรงอื่นๆ

งานวิจัยนี้เลือกพื้นที่หน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดกว้าง 50 มิลลิเมตร ยาว 150 มิลลิเมตร ความสูงของชุดคัดแป้ง 750 มิลลิเมตร และแบ่งพื้นที่หน้าตัดชุดคัดแป้งบริเวณช่องทางเข้าอากาศด้านล่าง เป็นช่องเล็กจำนวน 3 ช่อง เพื่อลดการปั่นป่วนของลมขาเข้าและให้ความเร็วลมของพื้นที่หน้าตัดชุดคัดแป้งมีค่าใกล้เคียงกัน



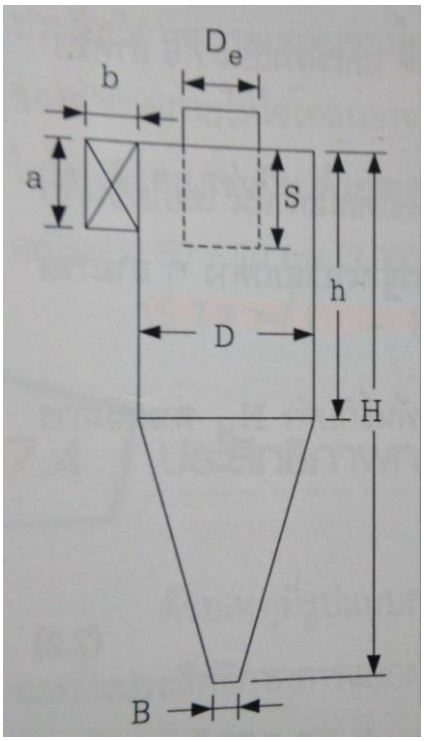
ภาพที่ 8 แบบชุดคัดแป้ง

2.2) ออกแบบไซโคลนดักแป้งละเอียด การแยกแป้งละเอียดออกจากอากาศของเครื่องต้นแบบจะใช้หลักการของโซโคลนซึ่งจะอาศัยหลักการของแรงเหวียงหนีศูนย์กลาง (centrifugal force) โดยอากาศและเม็ดแป้งที่ไหลเข้าสู่ไซโคลนจะถูกทำให้เกิดการหมุนวนโดยอาศัยการทำงานของพัดลม การหมุนวนของอากาศจะทำให้เม็ดแป้งอยู่ภายใต้อิทธิพลของแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ซึ่งจะทำให้เม็ดแป้งเคลื่อนที่มุ่งหน้าสู่ผนังของไซโคลน เมื่อเม็ดแป้งละเอียดเคลื่อนที่จนถึงผนังของไซโคลนก็จะตกลงสู่ด้านล่างด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 หลักการทำงานของไซโคลน

ปัจจุบันมาตรฐานไซโคลน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ไซโคลนประสิทธิภาพสูง และไซโคลนสำหรับงานทั่วไป การออกแบบไซโคลนดักแป้งละเอียดในงานวิจัยนี้เลือกใช้ไซโคลนประสิทธิภาพสูงของ Stairmand ซึ่งมีสัดส่วนมาตรฐานตามรูป



ขนาด	สัดส่วน
D	1.0
a	0.5
b	0.2
S	0.5
De	0.5
h	1.5
H	4.0
B	0.375

ภาพที่ 10 สัดส่วนไซโคลนมาตรฐานประสิทธิภาพสูงของ Stairmand

จากภาพที่ 10 แสดงขนาดของไซโคลนมาตรฐานของ Stairmand ซึ่งขนาดของแต่ละส่วนสัมพันธ์กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตัวเรือนไซโคลน D โดยที่

a คือ ความสูงของช่องทางเข้า

b คือ ความกว้างของช่องทางเข้า

S คือ ความยาวของช่องทางออก

De คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของช่องทางออก

h คือ ความสูงของไซโคลนช่วงที่เป็นทรงกระบอก

H คือ ความสูงทั้งหมดของไซโคลน

B คือ เส้นผ่านศูนย์กลางด้านล่างของช่องระบายแป้งละเอียด

โดยเครื่องต้นแบบในงานวิจัยนี้ออกแบบโดยกำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตัวเรือนไซโคลน 250 มิลลิเมตร ซึ่งเหมาะสมกับชุดคัดแยกแป้งที่ได้ออกแบบ สามารถคำนวณหาระยะต่างๆของไซโคลนได้ดังนี้

ความสูงของช่องทางเข้า (a) = 0.5 x Dc
= 0.5 x 250 mm
= 125 mm.

ความกว้างของช่องทางออก (b) = 0.2 x Dc
= 0.2 x 250 mm
= 50 mm.

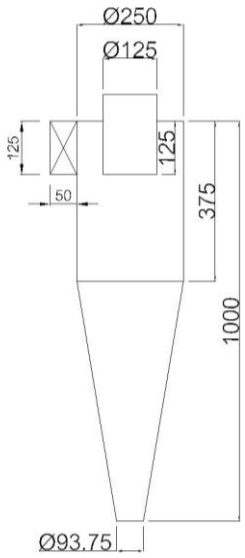
ความยาวของช่องทางออก (S) = 0.5 x Dc
= 0.5 x 250 mm
= 125 mm.

เส้นผ่านศูนย์กลางของช่องทางออก (De) = 0.5 x Dc
= 0.5 x 250 mm
= 125 mm.

ความสูงของไซโคลนช่วงที่เป็นทรงกระบอก (h) = 1.5 x Dc
= 1.5 x 250 mm
= 375 mm.

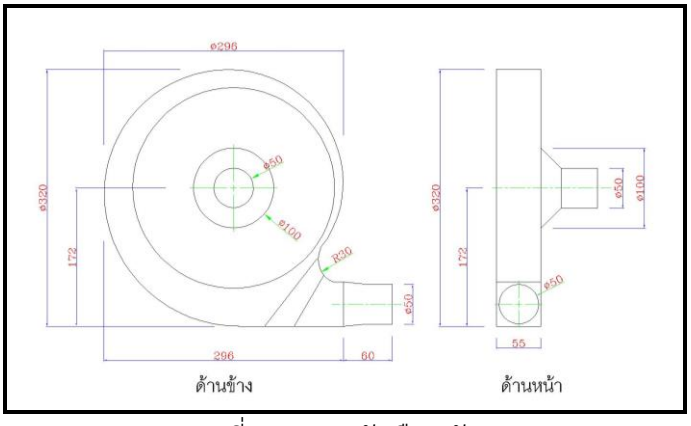
ความสูงทั้งหมดของไซโคลน (H) = 4 x Dc
= 4 x 250 mm
= 1000 mm.

เส้นผ่านศูนย์กลางด้านล่างของช่องระบายแป้งละเอียด (H) = 0.375 x Dc
= 0.375 x 250 mm
= 93.75 mm.

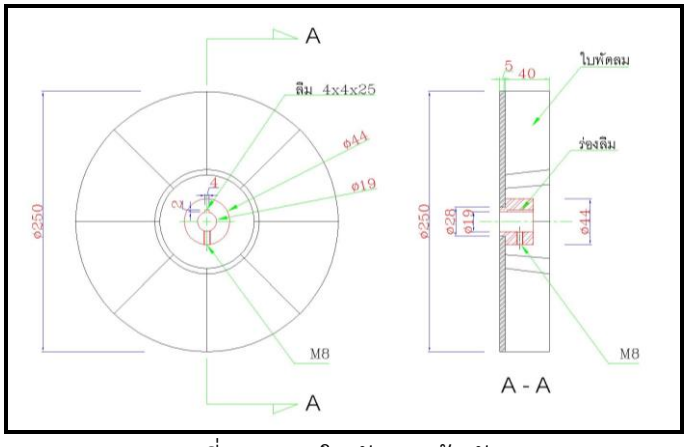


ภาพที่ 11 สัดส่วนและขนาดไซโคลนในการดักแป้งละเอียดของเครื่องต้นแบบ

2.3) ออกแบบพัดลมโดยเลือกใช้พัดลมแบบแรงเหวี่ยง (พัดลมหอยโข่ง) เป็นพัดลมที่บำรุงรักษาและทำความสะอาดได้ง่าย ซึ่งจะอาศัยกลไกลของแรงเหวี่ยงซึ่งเกิดจากการหมุนของใบพัด (blade) ที่ติดตั้งอยู่บนล้อพัดลม (fan wheel) การหมุนของล้อพัดลมจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้า อากาศจากภายนอกจะถูกดึงเข้าตัวพัดลมในแนวแกนหมุน และถูกเร่งให้มีความเร็วสูงขึ้น จากนั้นอากาศจะถูกเหวี่ยงออกไปปะทะกับตัวเรือนพัดลม (fan housing) ที่มีลักษณะคล้ายก้นหอย และไหลออกจากพัดลมในแนวรัศมีของใบพัด ซึ่งพลังงานจลน์ของอากาศจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานในรูปของความดันที่ช่องทางออกของพัดลม

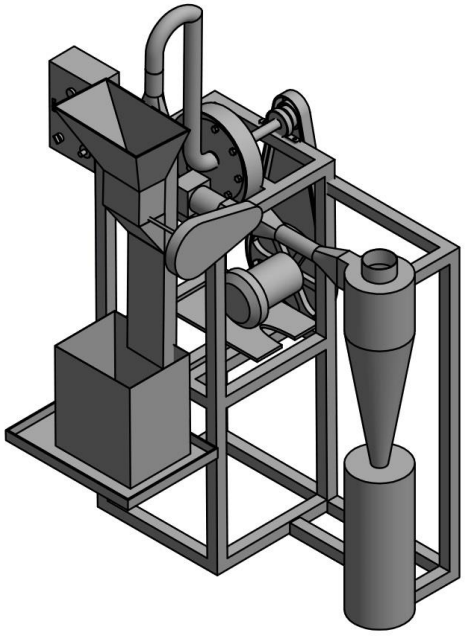


ภาพที่ 12 แบบตัวเรือนพัดลม



ภาพที่ 13 แบบใบพัดและล้อพัดลม

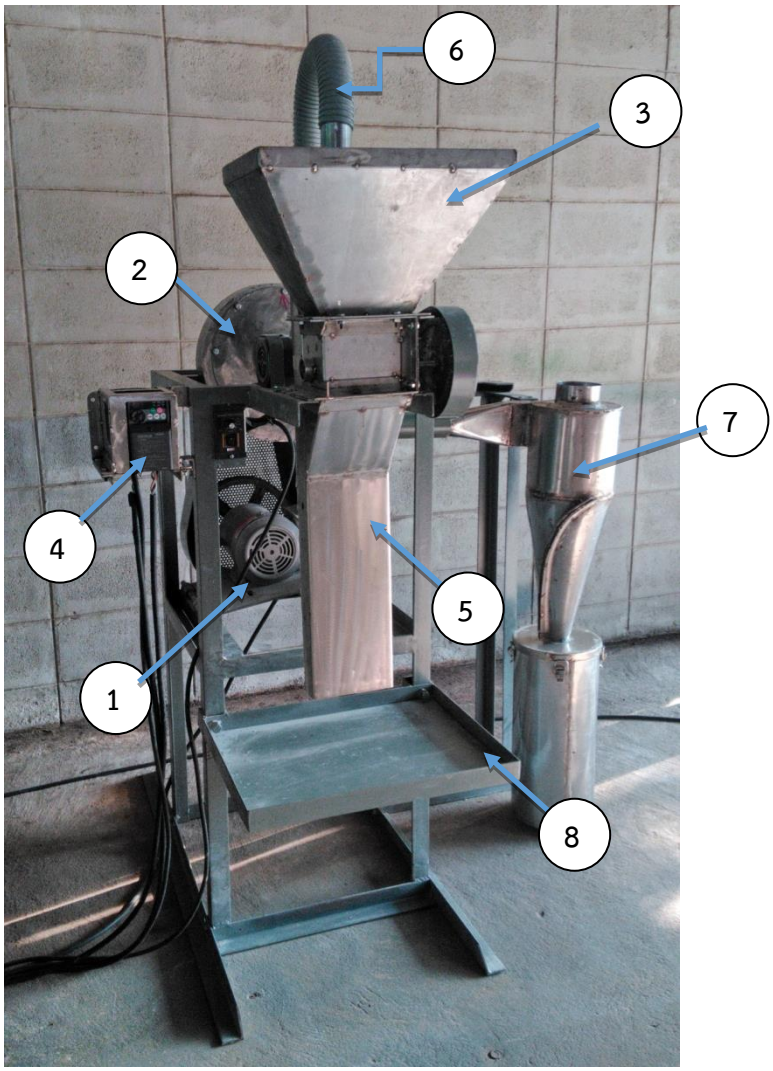
2.3) เขียนแบบตัวเครื่องโดยใช้โปรแกรมเขียนแบบ 3 มิติ เพื่อประกอบชิ้นส่วนเครื่องต้นแบบก่อนการสร้างเครื่องต้นแบบ



ภาพที่ 14 แบบมุมมอง 3 มิติ ต้นแบบเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลม

2.4) ทำการสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องคัดขนาดแป้งแบบใช้ลม

ภาพที่ 15 สร้างเครื่องต้นแบบ



ภาพที่ 16 ต้นแบบเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลมเบื้องต้น

โดยต้นแบบเครื่องคัดขนาดแป้งแบบใช้ลมเบื้องต้นมีส่วนประกอบดังนี้

1. มอเตอร์ต้นกำลัง
2. ชุดพัดลม
3. ถังพักวัตถุดิบ (แป้งธัญพืชบดละเอียด)
4. อินเวอร์เตอร์ปรับความเร็วรอบพัดลม
5. ชุดคัดแป้ง
6. ท่อส่งแป้งละเอียด
7. ไซโคลนเก็บแป้งละเอียดที่จะนำไปแปรรูป
8. ที่วางถาดรองแป้งหยาบเพื่อนำไปบดใหม่

3. ทดสอบเก็บข้อมูลความเร็วลมของเครื่องต้นแบบที่รอบพัดลมต่างๆ และแก้ไขข้อบกพร่องของเครื่องต้นแบบ

จาการทดสอบหาค่าความเร็วลมที่ใช้ในการคัดขนาดแป้งถั่วเขียวและแป้งบัวหลวง พบว่าความเร็วลมที่เหมาะสมในการคัดขนาดแป้งจะอยู่ที่ความเร็วลม 1.5 ถึง 3.0 เมตร/วินาที จึงได้ทำการทดสอบเก็บข้อมูลความเร็วลมที่รอบพัดลมต่างๆ ของเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้นโดยใช้อินเวอร์เตอร์เป็นตัวควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ ผลการทดสอบ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ทดสอบเก็บข้อมูลความเร็วลมของเครื่องต้นแบบที่รอบพัดลมต่างๆ

ความเร็วรอบพัดลม (รอบต่อนาที)	ความเร็วลมของชุดคัดแป้ง (เมตร/วินาที)
700	1.5
1,300	2.0
2,000	2.5
2,600	3.0

จากการทดสอบเครื่องเบื้องต้นพบว่าตัวเครื่องยังมีปัญหาในเรื่องการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์พัดลมจากเดิมใช้อินเวอร์เตอร์ระบบ Manual ทำให้ไม่สะดวกในการทำงานจึงได้ทำการปรับปรุงตัวเครื่องโดยติดตั้งชุดควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์เป็นระบบอัตโนมัติ ดังภาพที่ 17

ภาพที่ 17 ต้นแบบเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลมที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว

ต้นแบบเครื่องที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว มีส่วนประกอบ ดังนี้

1. สวิตซ์เปิด-ปิดตัวเครื่อง
2. มอเตอร์ต้นกำลัง
3. ชุดพัดลม
4. ถังป้อนวัตถุดิบ (แป้งธัญพืชบดละเอียด)
5. สวิตซ์ปรับความเร็วลมอัตโนมัติ
6. ชุดคัดแป้ง
7. ท่อส่งแป้งละเอียด
8. ไซโคลนเก็บแป้งละเอียดที่จะนำไปแปรรูป
9. ถาดรองรับแป้งหยาบเพื่อนำไปบดใหม่

4. ทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งานเครื่องต้นแบบ

วิธีการทดสอบต้นแบบเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลม

4.1) นำเมล็ดธัญพืชบดด้วยเครื่องบดแป้ง ทำการวัดความชื้นแป้ง ความชื้นแป้งต้องไม่เกิน 13% จากนั้นสุ่มก่อนคัด ประมาณ 200 กรัม มาคัดด้วยเครื่องคัดขนาดแบบตะแกรงร่อน เพื่อตรวจเช็คเปอร์เซ็นต์แป้งละเอียด และแป้งหยาบที่ปน ก่อนเข้าคัดขนาดด้วยเครื่องต้นแบบ โดยแป้งละเอียดจะต้องร่อนผ่านตะแกรงขนาด 180 ไมครอน ได้ (อ้างอิงตาม มอก. แป้งธัญพืช)

ภาพที่ 18 นำเมล็ดธัญพืชมาบดด้วยเครื่องบดแป้ง

ภาพที่ 19 ทำการวัดความชื้นแป้ง

ภาพที่ 20 เครื่องคัดขนาดแบบตะแกรงร่อนสำหรับตรวจเช็คเปอร์เซ็นต์แป้งละเอียดและแป้งหยาบ

4.2) นำแป้งธัญพืช เข้าคัดขนาดด้วยเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลมต้นแบบ

4.3) ทำการทดสอบ จำนวน 3 ซ้ำ ต่อ 1 ความเร็วลม และบันทึกผลการทดสอบ

สูตรคำนวณ

$$\text{ประสิทธิภาพการคัดแป้งละเอียด (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักแป้งละเอียดที่คัดได้}}{\text{น้ำหนักแป้งทั้งหมดก่อนคัด}} \times 100$$

4.4) ทำการสุ่มแป้งละเอียดที่ได้จากการคัดด้วยเครื่องต้นแบบ ตัวอย่างละประมาณ 200 กรัม มาคัดด้วยเครื่องคัดขนาดแบบตะแกรงร่อน เพื่อตรวจเช็คเปอร์เซ็นต์แป้งละเอียดที่คัดได้ และแป้งหยาบที่ปน เลือกความเร็วลมที่เหมาะสม ที่ให้ประสิทธิภาพการคัดสูงสุด โดยแป้งหยาบที่ปนต้องไม่เกิน 2.5 % สัดส่วนโดยน้ำหนัก (อ้างอิงตาม มอก. แป้งธัญพืช)

ผลการทดลอง

จากผลการทดสอบหาค่าความเร็วลมในการคัดแยกแป้งละเอียดเบื้องต้น พบว่าความเร็วลมที่เหมาะสมในการคัดขนาด จะอยู่ที่ความเร็วลม 1.5-3.0 เมตร/วินาที จึงได้นำต้นแบบเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลมที่สร้างขึ้นไปทดสอบเก็บข้อมูลในการคัดขนาดแป้งถั่วเขียว ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท จ. ชัยนาท ทำการวัดความชื้นแป้งก่อนได้ 9% และได้สุ่มตัวอย่างแป้งเพื่อตรวจเช็คเปอร์เซ็นต์แป้งละเอียด และแป้งหยาบที่ปนก่อนและหลังคัด ผลการทดสอบดังตาราง 2-3

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องคัดขนาดแป้งที่ความเร็วลมต่างกัน ทดสอบจำนวน 3 ซ้ำต่อ 1 ความเร็วลม ที่ความสามารถในการทำงานของเครื่อง 150 กิโลกรัม/ชั่วโมง

ความเร็วลม (m/s)	น้ำหนักแป้งก่อนคัด (กรัม)	แป้งละเอียดที่คัดได้เฉลี่ย (กรัม)	ปนกับแป้งหยาบที่จะนำไปบดใหม่ (กรัม)	สูญเสียออกปล่องระบายลม (กรัม)	ประสิทธิภาพการคัดแป้งละเอียด (%)	สูญเสียออกปล่องระบายลม (%)
1.50	1000	220.60	774.55	4.85	22.06	0.48
2.00	1000	423.21	568.39	8.40	42.32	0.84
2.50	1000	840.37	150.37	9.26	84.04	0.94
3.00	1000	923.68	62.94	13.38	92.37	1.34

ตารางที่ 3 ผลการสุ่มวิเคราะห์การปนของแป้งหยาบ ก่อนและหลังคัดขนาดเครื่องต้นแบบ จากการคัดแยกด้วยเครื่องแบบตะแกรงร่อนในห้องปฏิบัติการ

ความเร็วลม (m/s)	ก่อนเข้าคัดเครื่องต้นแบบ เฉลี่ย (%)		หลังคัดเครื่องต้นแบบ เฉลี่ย (%)	
	แป้งละเอียด ≤ 180 ไมครอน	แป้งหยาบ > 180 ไมครอน	แป้งละเอียด ≤ 180 ไมครอน	แป้งหยาบ > 180 ไมครอน
1.50	88.46	11.54	99.71	0.29
2.00	88.71	11.29	99.56	0.44
2.50	88.70	11.30	98.70	1.30
3.00	88.52	11.48	96.87	3.13

หมายเหตุ สุ่มเก็บตัวอย่างแป้งก่อนและหลังคัด ตัวอย่างละประมาณ 200 กรัม

จากตารางที่ 3 - 4 ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลมที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท จ.ชัยนาท ในการคัดขนาดแป้งถั่วเขียว ความชื้น 9% ความเร็วลม 2.5 เมตร/วินาที ให้ผลการทดสอบดีกว่าความเร็วลมอื่นๆ เครื่องมีประสิทธิภาพการคัดแป้งละเอียดเฉลี่ย 84.04 % สูญเสียออกปล่องระบายลม 0.94% สุ่มก่อนคัดมีแป้งหยาบปนเฉลี่ย 11.30% หลังคัดเหลือแป้งหยาบปนเฉลี่ย 1.30% ที่ความสามารถในการทำงานเครื่อง 150 กิโลกรัม/ชั่วโมง ซึ่งการปนของแป้งหยาบในแป้งละเอียดที่คัดได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มอก.แป้งธัญพืช คือไม่เกิน 2.5 % (สัดส่วนโดยน้ำหนัก) ส่วนที่ความเร็วลมสูงกว่านี้จะทำให้มีแป้งหยาบปนเกินมาตรฐาน

ภาพที่ 21 ทดสอบเก็บข้อมูลเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลมในการคัดขนาดแป้งถั่วเขียว ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท จ.ชัยนาท

ภาพที่ 22 แป้งถั่วเขียวละเอียด ที่คัดได้จากเครื่องต้นแบบ

จากนั้นได้ทดสอบเก็บข้อมูลเครื่องต้นแบบในการคัดขนาดแป้งบัวหลวง วัดความชื้นแป้งก่อนคัดได้ 8.5% ดังภาพที่ 23 และผลการทดสอบดังตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องคัดขนาดแป้งที่ความเร็วลมต่างกัน ทดสอบจำนวน 3 ซ้ำต่อ 1 ความเร็วลม วัตถุดิบที่ใช้ทดสอบคือแป้งบัวหลวง ที่ความสามารถในการทำงานของเครื่อง 150 กิโลกรัม/ชั่วโมง

ความเร็วลม (m/s)	น้ำหนักแป้งก่อนคัด (กรัม)	แป้งละเอียดที่คัดได้เฉลี่ย (กรัม)	ปนกับแป้งหยาบที่จะนำไปบดใหม่ (กรัม)	สูญเสียออกปล่องระบายลม (กรัม)	ประสิทธิภาพการคัดแป้งละเอียด (%)	สูญเสียออกปล่องระบายลม (%)
1.50	1000	240.13	753.77	6.10	24.01	0.61
2.00	1000	416.65	575.14	8.21	41.67	0.82
2.50	1000	839.35	150.32	10.33	83.94	1.03
3.00	1000	909.51	76.91	13.58	90.95	1.36

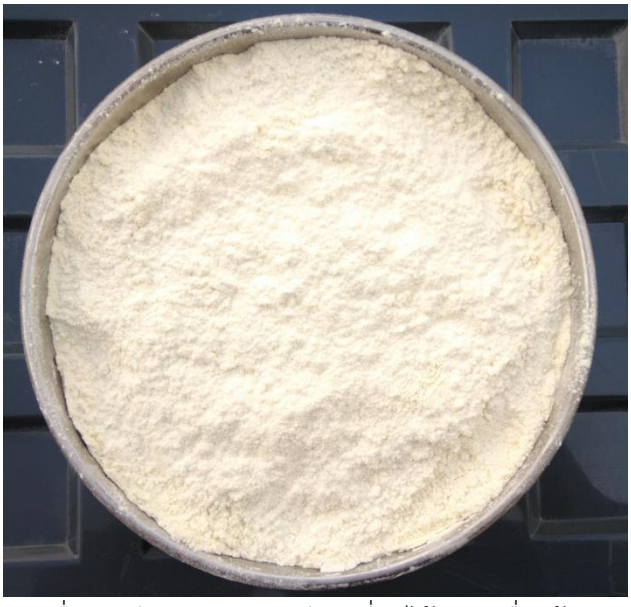
ตารางที่ 5 ผลการสุ่มวิเคราะห์การปนของแป้งหยาบ ก่อนและหลังคัดขนาดเครื่องต้นแบบ จากการคัดแยกด้วยเครื่องแบบตะแกรงร่อนในห้องปฏิบัติการ

ความเร็วลม (m/s)	ก่อนเข้าคัดเครื่องต้นแบบ เฉลี่ย (%)		หลังคัดเครื่องต้นแบบ เฉลี่ย (%)	
	แป้งละเอียด ≤ 180 ไมครอน	แป้งหยาบ > 180 ไมครอน	แป้งละเอียด ≤ 180 ไมครอน	แป้งหยาบ > 180 ไมครอน
1.50	86.63	13.37	99.67	0.33
2.00	86.53	13.47	99.57	0.43
2.50	86.68	13.32	98.69	1.31
3.00	86.79	13.21	96.68	3.32

หมายเหตุ สุ่มเก็บตัวอย่างแป้งก่อนและหลังคัด ตัวอย่างละประมาณ 200 กรัม

จากตารางที่ 4 - 5 ผลการทดสอบการใช้งานต้นแบบเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลมในการคัดขนาดแป้งบัวหลวง ความชื้นแป้ง 8.5% ความเร็วลม 2.5 เมตร/วินาที ให้ผลการทดสอบดีกว่าความเร็วลมอื่นๆ เช่นกัน เครื่องมีประสิทธิภาพการคัดแป้งละเอียดเฉลี่ย 83.94% สูญเสียออกปล่องระบายลม 1.03% สุ่มก่อนคัดมีแป้งหยาบปนเฉลี่ย 13.32% หลังคัดเหลือแป้งหยาบปนเฉลี่ย 1.31% ที่ความสามารถเครื่อง 150 กิโลกรัม/ชั่วโมง ซึ่งการปนของแป้งหยาบในแป้งละเอียดที่คัดได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน คือไม่เกิน 2.5 % (สัดส่วนโดยน้ำหนัก) ส่วนที่ความเร็วลมสูงกว่านี้จะทำให้มีแป้งหยาบปนเกินมาตรฐาน

ภาพที่ 23 ทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งานเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลม ในการคัดขนาดแป้งบัวหลวง



ภาพที่ 24 แป้งบัวหลวงละเอียด ที่คัดได้จากเครื่องต้นแบบ

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

ต้นแบบเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลมที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยส่วนประกอบหลักคือ 1. ชุดคัดแป้ง มีหน้าที่ในการคัดแยกแป้งละเอียดและแป้งหยาบออกจากกัน 2. พัดลมหอยโข่ง ใช้มอเตอร์ขนาด ½ แรงม้าเป็นต้นกำลัง ทำหน้าที่สร้างความเร็วลมให้กับชุดคัดแป้ง และส่งแป้งละเอียดไปเก็บไว้ที่ไซโคลน 3. ไซโคลน ทำหน้าที่ดักเก็บแป้งละเอียดที่ได้จากการคัดขนาด 4. ถาดรองแป้งหยาบ ทำหน้าที่รองรับแป้งหยาบที่ได้จากการคัดขนาด 5.ชุดควบคุมความเร็วรอบของพัดลมทำหน้าที่ในการสั่งงานควบคุมความเร็วลมของเครื่องในการคัดขนาด

จากผลการทดสอบต้นแบบเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลม ที่ความเร็วลม 1.5 , 2.0, 2.5 และ 3.0 เมตร/วินาที ในการคัดขนาดแป้งถั่วเขียว และแป้งบัวหลวง ความเร็วลม 2.5 เมตร/วินาที ให้ผลการทดสอบดีที่สุด ที่ความสามารถในการทำงานเครื่อง 150 กิโลกรัม/ชั่วโมง ผลทดสอบการคัดขนาดแป้งถั่วเขียว ที่ความชื้น 9% เครื่องมีประสิทธิภาพการคัดเฉลี่ย 84.04 % สูญเสียออกช่องระบายลมสะอาด 0.94% สุ่มก่อนคัดมีแป้งหยาบปนเฉลี่ย 11.30% หลังคัดมีแป้งหยาบปนเฉลี่ย 1.30% และผลทดสอบเครื่องในการคัดขนาดแป้งบัวหลวงที่ความชื้น 8.5% เครื่องมีประสิทธิภาพการคัดเฉลี่ย 83.94 % สูญเสียออกช่องระบายลมสะอาด 1.03% สุ่มก่อนคัดมีแป้งหยาบปนเฉลี่ย 13.32% หลังคัดมีแป้งหยาบปนเฉลี่ย 1.31% ซึ่งการปนของแป้งหยาบ (ขนาดมากกว่า 180 ไมครอน) ในแป้งละเอียดที่คัดได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของ มอก. แป้งธัญพืช คือ ไม่เกิน 2.5 % (สัดส่วนโดยน้ำหนัก) ส่วนที่ความเร็วลมสูงกว่านี้จะทำให้มีแป้งหยาบปนเกินมาตรฐาน จากผลการทดสอบการคัดขนาดแป้งบัวหลวงประสิทธิภาพการคัดจะต่ำกว่าการคัดขนาดแป้งถั่วเขียวเล็กน้อย เนื่องจากแป้งบัวหลวงเม็ดแป้งจะจับตัวกันมากกว่าแป้งถั่วเขียวจึงทำให้ประสิทธิภาพการคัดขนาดลดลงเล็กน้อย อย่างไรก็ตามต้นแบบที่จัดสร้างขึ้นยังควรมีการพัฒนาให้ดีขึ้นในเรื่องการสูญเสียแป้งที่ออกไปทางช่องระบายลมสะอาดของไซโคลน และการพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องให้สูงขึ้น

เอกสารอ้างอิง

เชียวเฮงฮวด. 2557. เครื่องร่อนแป้งแบบตะแกรงโยก. เชียวเฮงฮวด. แหล่งที่มา : http://shh-foodmac.weloveshopping.com/store/index.php/product?ps=5 (สืบค้นเมื่อวันที่ 16 พ.ค. 2557)

บริษัท เอ็ม.เค. ยูนิกรุ๊ป คอร์ปอเรชั่น จำกัด. 2557. เครื่องร่อนแป้งแบบสั่น. บริษัท เอ็ม.เค. ยูนิกรุ๊ป คอร์ปอเรชั่น จำกัด. แหล่งที่มา : http://www.mkunigroup.com/product_detail.php?product_id=402 (สืบค้นเมื่อวันที่ 16 พ.ค. 2557)

GEA Nu-Con Ltd. 2557. เครื่องร่อนแป้งแบบโรตารี่. GEA Nu-Con Ltd. แหล่งที่มา : http://www.nu con.com/nu-con/cmsdoc.nsf/webdoc/webb8nftmk (สืบค้นเมื่อวันที่ 16 พ.ค. 2557)

N.N.Zoubov Engineers SMCE. 2557. Whirlwind air classifier. N.N.Zoubov Engineers SMCE. แหล่งที่มา : http://www.airclassifier.com/how_works_air_classifiers_air_classification.html (สืบค้นเมื่อวันที่ 16 พ.ค. 2557)

วิจัยและพัฒนาเครื่องแยกเปลือกจากถั่วเขียวซีกแช่น้ำ

Research and Development on a Mung Bean Seed Coat Separator in Wet Process

ผู้วิจัย

ปรีชา อานันท์รัตนกุล
Preecha Ananrattanakul

วิบูลย์ เทเพนทร์
Viboon Thepent

มานพ รักญาติ
Manop Rakyat

จิรวัสส์ เจียตระกูล
Jirawat Chiatrakul

คำสำคัญ : แปรรูปแป้ง เครื่องคัดขนาดแป้ง แปรรูปถั่วเขียว เครื่องแยกเปลือกถั่วเขียว
flour processing, flour separating machine, mung bean processing, mung bean seed

บทคัดย่อ

การแปรรูปถั่วเขียว เป็นผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ ส่วนใหญ่ขั้นตอนแรก คือ การกะเทาะเปลือก เพื่อแยกเอาเปลือกออก เนื่องจากเปลือกมีผลกระทบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ทั้งทางด้าน สี กลิ่น และอาจรวมถึงรสชาติ และเปลือกถั่วเขียวเป็นสาเหตุที่ทำให้โปรตีนถั่วเขียวมีคุณภาพไม่ดีในด้านสีและกลิ่น

การกะเทาะเปลือกออก เป็นขั้นตอนที่ใช้ทั้งเวลาและแรงงานอย่างมาก โครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องแยกเปลือกจากถั่วเขียวซีกแช่น้ำ มีวัตถุประสงค์เพื่อลดการใช้แรงงานและเวลาในการล้างเปลือกถั่วเขียวผ่าซีก ได้ดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ ประกอบด้วย 2 ส่วนหลักคือ ส่วนชุดขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำ ใช้วิธีการขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกในเสื้อทรงกระบอก โดยใช้ต้นกำลังเป็นมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด ½ แรงม้า และส่วนของชุดลอยแยกเปลือก ซึ่งพบว่า การลอยแยกเปลือก แบบสวนทิศทางกระแสน้ำให้ผลการทดสอบที่ดี จากการทดสอบเครื่องต้นแบบ พบว่า มีความสามารถในการทำงาน 30 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยถั่วเขียวที่ได้มีการแตกหักเพิ่ม 2.11 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วรอบในการขัด 500 รอบต่อนาที มีเปลือกเจือปนในถุงเก็บเนื้อถั่วเขียว 1.33 เปอร์เซ็นต์

Abstract

The first step for mung bean processing to mung is shelling mung bean to remove seed coat. Mung bean seed coat affects to the product both in color and result in poor quality of mung bean protein. Mung bean shelling is a time consuming and labor intensive process. The Research and Development on a Mung Bean Seed Coat Separator in Wet Process aim to reduce labor and time spent washing mung bean seed coat in wet process. The design and construction of the prototype consists of two main parts. Firstly, polishing the mung bean seed coat in the cylinder. The power is a ½ horsepower electric motor and secondly, the floating part of the seed coat to separate the seed coat by using water flow.

In the seed coat saperating part, it was found that counter current flow is the best method. The prototype was found to have a working capacity of 30 kilograms of mung bean per hour. The shelled mung bean was 2.11 percent broken at 500 rpm of polisher speed and 1.33 percent of mung bean seed coat could not saperate.

บทนำ

ถั่วเขียวเป็นพืชอายุสั้น ใช้น้ำน้อยกว่าพืชไร่อื่นหลายชนิด สามารถใช้ในระบบปลูกพืช เช่น ทดแทนข้าวนาปรัง ปลูกก่อนข้าวโพดในพื้นที่ประสพภัยแล้ง ใช้ปลูกก่อนหรือหลังการทำนาหรือทำไร่ เพื่อตัดวงจรการระบาดของศัตรูพืช ช่วยบำรุงรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดิน ตรึงไนโตรเจนได้ดี สามารถใช้เป็นปุ๋ยพืชสดให้ปริมาณไนโตรเจนสูง ถั่วเขียวใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแป้งวุ้นเส้น เพาะถั่วงอก และประกอบอาหารอื่นๆ ปริมาณความต้องการใช้ผลิตภัณฑ์ถั่วเขียวในประเทศ และส่งออกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี ในปี 2544 ปริมาณความต้องการถั่วเขียวผิวมันและผิวดำรวม 230,000 ตัน โดยนำไปเพาะถั่วงอก 70,000 ตัน ทำวุ้นเส้น 50,000 ตัน ทำแป้ง 20,000 ตัน ทำขนม 30,000 ตัน ใช้บริโภคโดยตรง 10,000 ตัน และ ใช้เป็นเมล็ดพันธุ์ 15,000 ตัน ซึ่งประเทศไทยจัดเป็น 1 ใน 6 ประเทศผู้ส่งออกรายใหญ่ (สมจินตนา และอิสระ, 2549) สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรรายงานว่าในปี 2553 และ 2554 ประเทศไทยส่งออกถั่วเขียว 22,773 และ 32,613 ตัน มูลค่า 1,008 และ 1,085 ล้านบาท ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์ถั่วเขียว 3,557 และ 3,175 ตัน มูลค่า 334 และ 337 ล้านบาท ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555)

การแปรรูปเมล็ดถั่วเขียวที่สำคัญ และทำกันในระดับอุตสาหกรรมในปัจจุบันก็คือการทำวุ้นเส้น ทำแป้งถั่วเขียว ใช้เครื่องจักรนำเข้าที่มีราคาแพง สำหรับเครื่องจักรและอุปกรณ์ในการแปรรูปถั่วเขียวเป็นผลิตภัณฑ์วุ้นเส้นในระดับอุตสาหกรรมครัวเรือน ส่วนใหญ่มีการพัฒนาและผลิตจำหน่ายได้ภายในประเทศ ได้แก่ เครื่องกะเทาะถั่วซีก เครื่องบด/โม่ เครื่องกรองและแยกกาก เครื่องนวดแป้งเตาพร้อมภาชนะหุงต้ม และ อุปกรณ์โรยเส้น เป็นต้น

ขั้นตอนแรกของการแปรรูปถั่วเขียวเป็นผลิตภัณฑ์อาหารประเภทต่างๆ ส่วนใหญ่คือการกะเทาะเปลือก เพื่อแยกเอาเปลือกออก ส่วนเนื้อถั่วเขียวนำไปแปรรูปในขั้นตอนต่อไป เนื่องจากเปลือกมีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ทั้งด้านสี กลิ่น และอาจรวมถึงรสชาติ นอกจากนี้เปลือกถั่วเขียวเป็นสาเหตุที่ทำให้โปรตีนถั่วเขียวมีคุณภาพไม่ดีในด้านสีและกลิ่น (สิริชัยและคณะ, 2535) ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท แนะนำวิธีเตรียมวัตถุดิบถั่วเขียวสำหรับแปรรูปเป็นวุ้นเส้น หรือถั่วเขียวทอด โดยนำถั่วเขียวมากะเทาะให้แตกเป็น 2 ซีก โดยใช้เครื่องโม่/บด ปรับแต่งชุดลูกหินกะเทาะให้ห่างพอเหมาะที่จะกะเทาะถั่วให้แตกเป็นสองซีก นำถั่วซีกไปแช่น้ำประมาณ 2-3 ชั่วโมง พอให้เมล็ดถั่วซีกนิ่มและแยกเปลือกออกได้ง่าย จากนั้นทำการล้างแยกเปลือกออกจนได้เนื้อถั่วเขียวสะอาดปราศจากเปลือก ขั้นตอนนี้ใช้แรงงานคนและเสียเวลา ยังไม่มีเครื่องจักรที่ใช้ในการแยกเปลือกจากถั่วเขียวซีกแช่น้ำ โดยใช้มือขยี้เมล็ดถั่วเขียวให้เปลือกบางส่วนที่ติดเมล็ดถั่วเขียวหลุดออก ค่อยๆ กวนน้ำและรินน้ำทิ้ง เปลือกซึ่งมีน้ำหนักเบากว่าจะไหลออกมากับน้ำทิ้ง เติมน้ำและทำการแยกเปลือกซ้ำจนกว่าจะแยกเปลือกหมด ซึ่งใช้เวลาและทำได้ครั้งละน้อยๆ ดังนั้น หากมีการพัฒนาเครื่องแยกเปลือกจากถั่วเขียวซีกน้ำให้มีประสิทธิภาพราคาถูกและนำมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิต จะช่วยลดเวลาประหยัดแรงงาน และลดต้นทุนการผลิต

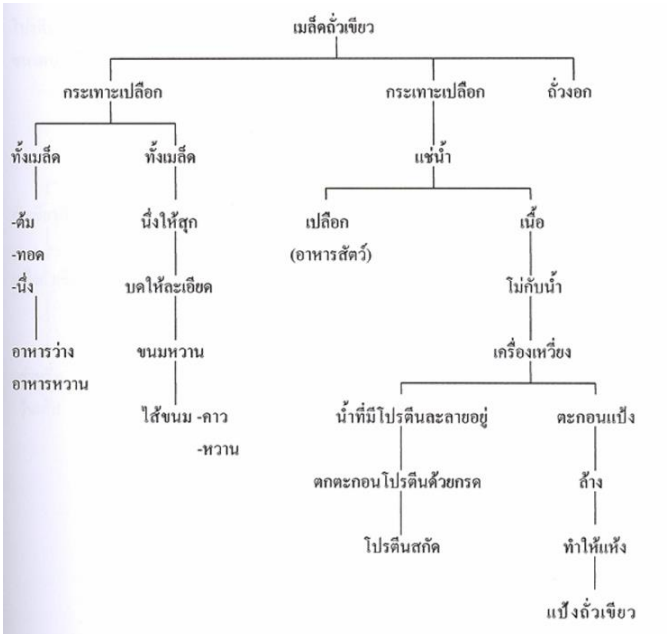
การทบทวนวรรณกรรม

การแปรรูปเมล็ดถั่วเขียวที่สำคัญแลทำกันในระดับอุตสาหกรรมในปัจจุบันก็คือการทำวุ้นเส้น ทำแป้งถั่วเขียว และนำแป้งมาทำซาหริ่ม (อรอนงค์และลินดา, 2537) ถ้าจะลำดับขั้นตอนการแปรรูปถั่วเขียวเป็นผลิตภัณฑ์อาหารประเภทต่างๆ ก็จะเป็นดังภาพที่ 1

ขั้นตอนแรกของการแปรรูปถั่วเขียวเป็นผลิตภัณฑ์อาหารประเภทต่างๆ ส่วนใหญ่ คือ การกะเทาะเปลือก เพื่อแยกเอาเปลือกออกก่อน ส่วนเนื้อถั่วเขียวนำไปแปรรูปในขั้นตอนต่อไป เนื่องจากเปลือกมีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ทั้งด้านสี กลิ่น และอาจรวมถึงรสชาติ

การกะเทาะเปลือกถั่วเขียวหรือเลาะเปลือกออกอาจทำได้หลายวิธี สิริชัย และคณะ (2537) ได้นำเครื่องสีข้าวแบบแกนลูกหินมาประยุกต์ใช้กะเทาะเปลือกถั่วเขียว สามารถสีแยกเปลือกและจมูกถั่วเขียวออกจากเนื้อถั่วเขียว และทำให้ถั่วแตกเป็นสองซีก ก่อนกะเทาะเปลือกถั่วเขียวต้องปรับสภาพเปลือกถั่วเขียวให้สามารถหลุดออกง่าย โดยแช่ถั่วเขียวในน้ำนาน 1 ชั่วโมง แล้วตากแดด 1 วัน จึงนำมากะเทาะเปลือก วิธีนี้สะดวกรวดเร็วในขั้นตอนกะเทาะและแยกเปลือก เพราะเครื่องมีพัดลมดูดแยกเปลือกและจมูกถั่วเขียวออกไป แต่มีการสูญเสียของเนื้อถั่วเขียว เนื่องจากผิวเนื้อถั่วเขียวบางส่วนถูกขัดสีออกไปด้วย ทำให้เมล็ดถั่วเขียวมีขนาดเล็กลง รวมทั้งมีเมล็ดแตกมาก นอกจากนี้ต้องเสียเวลาและแรงงานในการปรับสภาพเปลือกถั่วเขียวก่อนกะเทาะ

ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท แนะนำวิธีการเตรียมวัตถุดิบถั่วเขียวสำหรับแปรรูปเป็นวุ้นเส้นหรือถั่วเขียวทอด โดยนำถั่วเขียวมากะเทาะให้แตกเป็น 2 ซีก โดยใช้เครื่องโม่/บด (แบบจานหิน) ปรับแต่งชุดลูกหินกะเทาะให้ห่างพอเหมาะที่จะกะเทาะถั่วให้แตกเป็นสองซีก แล้วนำถั่วซีกมาฝัดทำความสะอาด เอาเปลือกป่นออก จากนั้นนำถั่วซีกไปแช่น้ำประมาณ 2-3 ชั่วโมง พอให้เมล็ดถั่วซีกนิ่มและแยกเปลือกออกได้ง่าย นอกจากนี้ยังมีวิธีใช้ถั่วเขียวทั้งเมล็ดแช่น้ำทิ้งไว้ประมาณ 15 - 19 ชั่วโมง จากนั้นทำการล้างแยกเปลือกออกจนได้เนื้อถั่วเขียวสะอาดปราศจากเปลือก ขั้นตอนนี้ใช้แรงงานคนและเสียเวลา เนื่องจากยังไม่มีเครื่องจักรในการแยกเปลือกจากถั่วเขียวซีกแช่น้ำ โดยใช้มือขยี้เมล็ดถั่วเขียวให้เปลือกบางส่วนที่ติดเมล็ดถั่วเขียวหลุดออก ค่อยๆ กวนน้ำและรินน้ำทิ้ง เปลือกซึ่งมีน้ำหนักเบากว่าจะไหลออกมากับน้ำทิ้ง เติมน้ำและทำการแยกเปลือกซ้ำจนกว่าจะแยกเปลือกหมด ซึ่งใช้เวลาและทำได้ครั้งละน้อยๆ



ภาพที่ 1 การแปรรูปเมล็ดถั่วเขียวเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ (อรอนงค์และลินดา, 2537)

โครงการวิจัยการทำวุ้นเส้นจากถั่วเขียวเป็นโครงการพระราชดำริ ซึ่งโครงการนี้ได้เริ่มขึ้นเมื่อปี 2527 จุดประสงค์เพื่อหากรรมวิธีและเครื่องมือในการผลิตวุ้นเส้นที่เหมาะสมกับระดับหมู่บ้าน โดยได้ออกแบบสร้างและปรับปรุงเครื่องมือและอุปกรณ์ พร้อมกรรมวิธีการทำวุ้นเส้น จนบรรลุผลสำเร็จ พบว่า ขั้นตอนการผลิตประกอบด้วยขั้นตอนใหญ่ ๆ 2 ตอนคือ การทำแป้งและทำเส้น เครื่องมือและอุปกรณ์การทำแป้งประกอบด้วย เครื่องบดและกรองแยกกากถั่วเขียวได้ชั่วโมงละ 30 กิโลกรัม ขับด้วยมอเตอร์ 3 แรงม้า ที่ความเร็วรอบ 700 รอบต่อนาที ตามลำดับ เครื่องมือและอุปกรณ์การทำเส้นประกอบด้วย เครื่องนวดผสมแป้ง นวดแป้งได้ครั้งละ 5-7 กิโลกรัม ขับด้วยมอเตอร์ 1 ½ แรงม้า ความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที เตาและอุปกรณ์โรยเส้น โดยให้แป้งไหลผ่านภาชนะที่เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร (เอื้อย และคณะ, 2531)

สิริชัยและคณะ (2537) ได้ดำเนินการวิจัยออกแบบและพัฒนาสร้างเครื่องมือแปรรูปถั่วเขียว 6 ชนิด ได้แก่เครื่องกะเทาะเปลือกถั่วเขียว เครื่องโม่และกรองแยกกาก เครื่องแยกแป้งแรงเหวี่ยง เครื่องผสมแป้ง เครื่องโรยวุ้นเส้น และเครื่องกรองซีอิ้ว เพื่อใช้ในการผลิตแป้งถั่วเขียว โปรตีนถั่วเขียว วุ้นเส้นจากแป้งถั่วเขียว ซีอิ้วหมักจากโปรตีนถั่วเขียวตามลำดับ นอกจากนี้ ยังได้วิจัยเทคนิคและวิธีการผลิตวุ้นเส้น และซีอิ้วหมักจากโปรตีนถั่วเขียวให้มีคุณภาพ จากการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนพบว่า ในการแปรรูปถั่วเขียว จำนวน 100 กิโลกรัมต่อวัน ลงทุน 319,000 บาท จะคุ้มทุนภายใน 9 เดือน และได้กำไรมากกว่าเงินทุน 112 เปอร์เซ็นต์ งานวิจัยนี้ได้เผยแพร่ให้โครงการส่วนพระองค์ ณ ศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อน จ.ฉะเชิงเทรา โครงการแปรรูปผลิตผลทางการเกษตร ณ ศูนย์ศึกษาพัฒนาภูพาน จ.สกลนคร ศูนย์ศึกษาพัฒนาพิกุลทอง จ.นราธิวาส และศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท จ.ชัยนาท โดยได้สร้างเครื่องมือดังกล่าว พร้อมอบรมวิธีการแปรรูปถั่วเขียวให้เจ้าหน้าที่ของศูนย์ดำเนินการเองได้ และได้เผยแพร่งานการใช้เครื่องสีข้าวเกษตร 60-1 สีถั่วเขียวให้เป็นถั่วซีก สามารถสีแยกเปลือกและจมูกถั่วเขียวออกจากเนื้อถั่วเขียว และทำให้ถั่วแตกเป็นสองซีก ด้วยชุดลูกหินกะเทาะ 2 ชุด ซึ่งประกอบด้วย ลูกหินและแท่งยาง มีพัดลมดูดเปลือกและจมูกถั่วเขียวออกไป ถั่วซีกจะถูกคัดขนาดโดยตะแกรงร่อนเป็น 3 ขนาด คือ เต็มเมล็ด เมล็ดแตกใหญ่ และเมล็ดแตกเล็ก ก่อนกะเทาะเปลือกถั่วเขียวต้องปรับสภาพเปลือกถั่วเขียวให้สามารถหลุดออกง่าย โดยแช่ถั่วเขียวในน้ำนาน 1 ชั่วโมง แล้วตากแดด 1 วัน จึงนำมากะเทาะเปลือก เกษตรกรสามารถกะเทาะเปลือกโดยใช้เครื่องโม่ โดยตั้งระยะห่างของหินโม่ให้พอเหมาะที่จะกะเทาะถั่วแตกเป็นสองซีก นำถั่วซีกไปแช่ในน้ำให้เปลือกลอยขึ้นมาแล้วแยกเปลือกออก วิธีนี้จะช้าเนื่องจากต้องเสียเวลาในการแยกเปลือก

สิริชัยและคณะ (2535) ได้ศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพของโปรตีนที่สกัดจากถั่วเขียวทั้งเมล็ดและถั่วซีก พบว่า โปรตีนที่สกัดได้จากถั่วซีกมีคุณภาพดีกว่าโปรตีนที่สกัดได้จากถั่วเขียวทั้งเมล็ดในด้านสีและกลิ่น โปรตีนจากถั่วซีกจะมีสีเหลืองอ่อนและกลิ่นไม่เหม็นเขียว ส่วนโปรตีนที่สกัดจากถั่วเขียวทั้งเมล็ดมีสีเข้มและมีกลิ่นเหม็นเขียวมาก จึงกล่าวได้ว่าเปลือกถั่วเขียวเป็นสาเหตุที่ทำให้โปรตีนถั่วเขียวมีคุณภาพไม่ดีในด้านสีและกลิ่น ดังนั้น จึงจำเป็นต้องเพิ่มกระบวนการกะเทาะเปลือกถั่วเขียวก่อนที่จะโม่เนื้อถั่วเพื่อให้ได้โปรตีนคุณภาพดี

ระเบียบวิธีการวิจัย

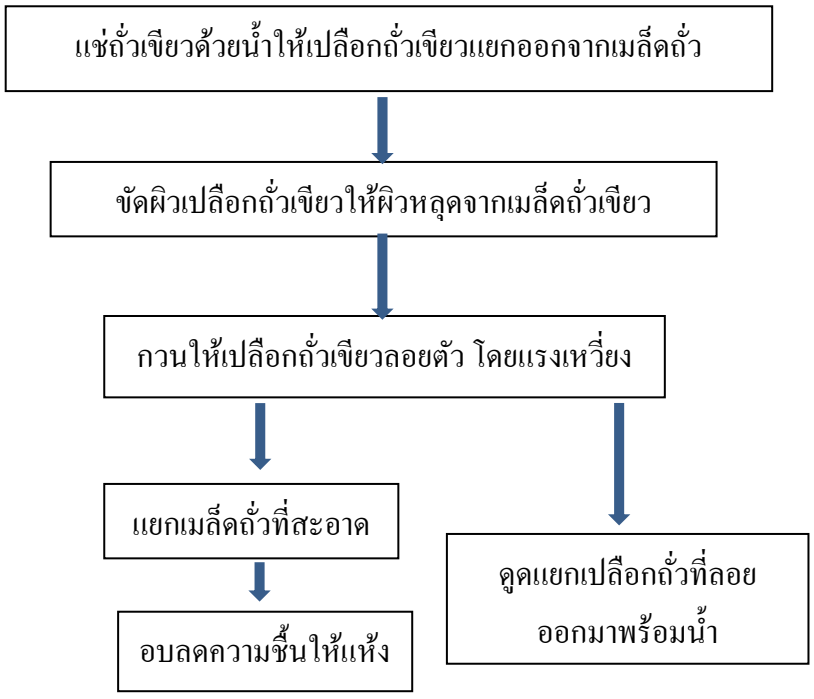
สิ่งที่ใช้ในการทดลอง

อุปกรณ์

- เม็ดถั่วเขียวซีก
- วัสดุสำหรับสร้างเครื่องต้นแบบ
- เครื่องวัดความเร็วรอบ
- นาฬิกาจับเวลา
- แอมป์มิเตอร์
- เครื่องชั่งดิจิตอล
- เวอร์เนียคาลิปเปอร์

วิธีดำเนินการ

1) ศึกษาข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบเครื่อง เช่น คุณสมบัติด้านน้ำหนักจำเพาะของเมล็ดถั่วเขียวและเปลือกถั่วเขียวแช่น้ำ
2) ออกแบบพัฒนาสร้างต้นแบบเครื่องแยกเปลือกจากถั่วเขียวซีกแช่น้ำโดยอาศัยหลักการของการลอยตัวหรือแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ส่วนประกอบหลัก ได้แก่ ภาชนะบรรจุทรงกรวยและใบกวน รูปแบบเครื่องต้นแบบเบื้องต้น มีการทำงานดังนี้



3) ทดสอบเบื้องต้น แก้ไขข้อบกพร่องของเครื่องต้นแบบ
4) ทำการทดลอง โดยนำถั่วเขียวมาแช่จนเปลือกถั่วแยกออกจากเมล็ด ทำการทดสอบการแยกเปลือกถั่วโดยแรงงานคน ทำการเก็บข้อมูล ได้แก่ เวลาที่ใช้ อัตราการใช้น้ำ ปริมาณถั่วเขียว เวลาที่แช่ถั่ว ทดสอบซ้ำอย่างน้อย 3 ครั้ง นำข้อมูลมาหาอัตราการทำงาน

5) ทดสอบการแยกเปลือกถั่วเขียวโดยเครื่องต้นแบบทำการเก็บข้อมูล ได้แก่ เวลาที่ใช้ อัตราการใช้น้ำ ปริมาณถั่วเขียว เวลาที่แช่ถั่ว อัตราการป้อนวัสดุ พลังงานที่ใช้ ความเร็วรอบในการกวนในแต่ละรูปแบบ การทดสอบเครื่อง ทำอย่างน้อย 3 ซ้ำ นำข้อมูลมาหาค่าประสิทธิภาพการแยกความสามารถในการทำงาน อัตราสิ้นเปลืองพลังงาน และอัตราการใช้น้ำ
6) ปรับปรุงต้นแบบและทดสอบการใช้งานระยะยาวในพื้นที่เป้าหมาย เลือกต้นแบบที่มีประสิทธิภาพโดยพิจารณาจากผลทดสอบมาทำการปรับปรุง และทดสอบการใช้งาน
7) วิเคราะห์ผลการทดสอบและสรุปผล

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1) ศึกษาข้อมูลพื้นฐานเพื่อใช้ในการออกแบบเครื่องล้างเปลือกถั่วเขียวซีกแช่น้ำ

วิธีการแยกเปลือกถั่วเขียว โดยแรงงานคนโดยวิธีของเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท มีดังนี้

นำถั่วเขียวเม็ดผ่าซีกด้วยโม่ผ่าซีก ถั่วเขียวจะถูกผ่าเป็นซีก แล้วนำมาร่อนทำความสะอาดเพื่อแยกเศษผงเล็ก ๆ และถั่วเขียวเม็ดที่ไม่ถูกผ่าออก โดยในขั้นตอนนี้ใช้ตะแกรงรูยาวขนาดรู 0.5 x 2 เซนติเมตร ดังแสดงในภาพที่ 1 ทำการแยกเม็ดถั่วที่ไม่ผ่าซีกออก และใช้ตะแกรงรูกลมขนาด 4 มิลลิเมตร ดังแสดงในภาพที่ 2 ร่อนแยกเศษถั่วเขียวเล็กๆ ออกไป

ภาพที่ 2 ตระแกรงรูยาว 0.5 x 2 เซนติเมตร

ภาพที่ 3 ตระแกรงกลมขนาด 4 มิลลิเมตร

ถั่วเขียวผ่าซีกที่ทำความสะอาดแล้ว นำไปแช่น้ำสะอาด เพื่อให้เปลือกหลุดออกจากเม็ดถั่วเขียวง่ายขึ้น โดยใช้เวลาแช่น้ำ ประมาณ 3 ชั่วโมง จึงทำการขัดล้างด้วยมือ เพื่อให้เปลือกถั่วเขียวหลุดออก ทำการกวนให้เปลือกถั่วเขียวลอยตัวขึ้นสู่ด้านบน ค่อยๆ รินน้ำออกพร้อมเปลือกถั่วเขียว ถั่วเขียว10 กิโลกรัม ใช้แรงงาน 3 คนช่วยกันล้าง ใช้เวลาประมาณ 1/2 ชั่วโมง คิดเป็นความสามารถในการล้างถั่ว ที่ 6.7 กิโลกรัมต่อชั่วโมงต่อคน โดยใช้น้ำประมาณ 300 ลิตร

ภาพที่ 4 แสดงวิธีล้างเปลือกถั่วเขียวผ่าซีก

ภาพที่ 5 แสดงถั่วเขียวผ่าซีกที่ผ่านการล้าง เปลือก

2) การออกแบบเครื่องแยกเปลือกจากถั่วเขียวซีกแช่น้ำ

จากการศึกษาวิธีแยกเปลือกถั่วเขียวซีกแช่น้ำพบว่า มีขั้นตอนที่สำคัญ 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนการขัดเปลือกถั่วเขียวซีกแช่น้ำให้หลุดออกจากเม็ดถั่วเขียว และขั้นตอนการลอยแยกเปลือกถั่วเขียว การออกแบบเครื่องแยกเปลือกจากถั่วเขียวซีกแช่น้ำจึงประกอบด้วย 2 ส่วนดังนี้

2.1 <u>ส่วนที่ 1 ชุดขัดเปลือกถั่วเขียวซีกแช่น้ำ</u>

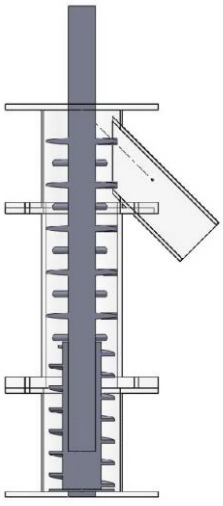
ถั่วเขียวผ่าซีกที่ผ่านการแช่น้ำแล้ว ต้องมีการขัดถูให้เปลือกหลุดออกจากเม็ดถั่วเขียว ได้ดำเนินการออกแบบชุดขัดเปลือกถั่วเขียวซีกแช่น้ำ โดยใช้วิธีการกวนด้วยก้านกวนซึ่งทำหน้าที่ในการขัดเปลือกถั่วด้วย

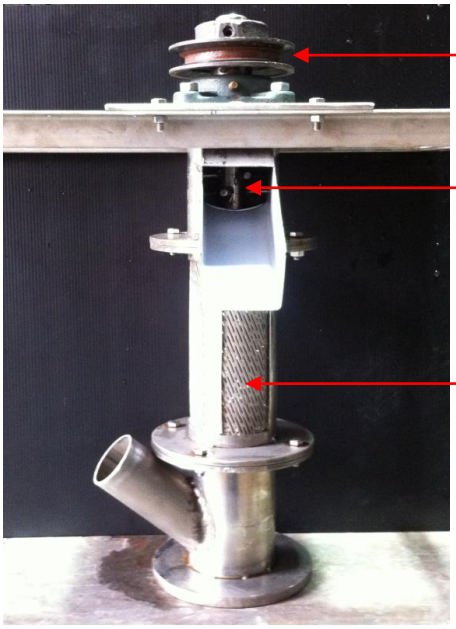
ชุดขัดเปลือกถั่วเขียวซีกแช่น้ำมีส่วนประกอบดัง ภาพที่ 6 ประกอบด้วย

1 เสื้อแกนขัด

2 แกนขัด

3 พูเล่ย์ส่งกำลัง

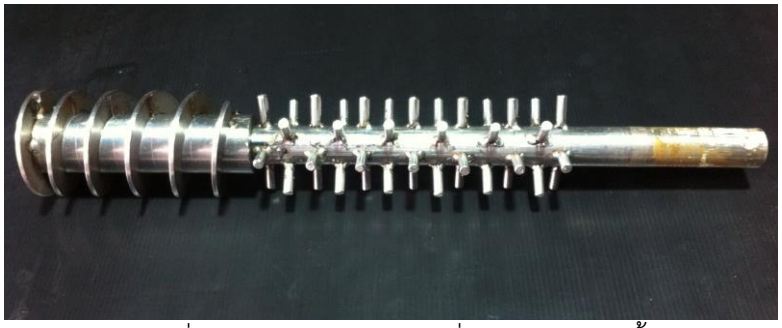




6.1 ภาพตัดภายในชุดขัดเปลือกถั่วเขียว 6.2 แสดงส่วนประกอบชุดขัดเปลือกถั่วเขียว

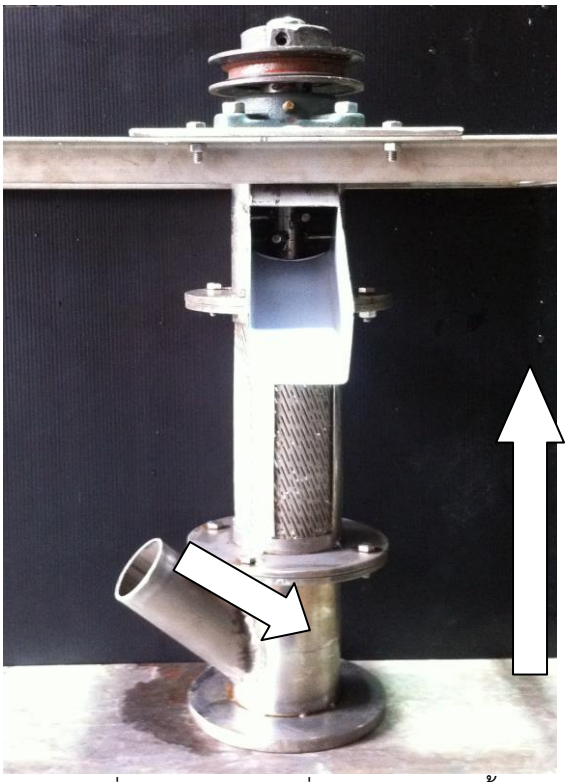
ภาพที่ 6 แสดงส่วนประกอบของชุดขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำ

แกนขัด ประกอบด้วย สกรูลำเลียง ทำหน้าที่ลำเลียงถั่วเขียวขึ้นสู่ก้านขัดเปลือกถั่วเขียว และก้านขัดเปลือกถั่วเขียวซึ่งจะทำหน้าที่ขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำให้หลุดออก ดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 แสดงแกนขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำ

การทำงานของชุดขัดเปลือกถั่วเขียวซีกแช่น้ำ ดังแสดงในภาพที่ 8 เริ่มจากป้อนถั่วเขียวผ่าซีกที่แช่น้ำ เข้าทางเข้าด้านล่าง สกรูลำเลียงที่ติดไว้ที่แกนขัด ซึ่งจะทำหน้าที่ขัดเปลือกถั่วเขียวให้หลุดออกจากเนื้อถั่ว และดันถั่วเขียวให้ออกทางช่องด้านบนสู่ชุดลอยเปลือกต่อไป



ภาพที่ 8 ชุดขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำ

ได้ดำเนินการทดลองทดสอบและปรับปรุงแกนขัดเปลือกถั่ว แบบต่างๆ

แกนขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำแบบที่ 1 ภาพที่ 9 ประกอบด้วยสกรูลำเลียงและเหล็กลิ่มสี่เหลี่ยมขนาด 1 ซม.x 1 ซม.ทำเป็นรูปเกลียว เพื่อทำหน้าที่ในการกวนปั่นให้เปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำหลุดออกจากเม็ดถั่วเขียวผ่าซีก ทำการทดสอบเบื้องต้น พบว่า ไม่สามารถขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกได้

ภาพที่ 9 แกนขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำแบบที่ 1

แกนขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำแบบที่ 2 ภาพที่ 10 ทำการปรับปรุงแกนขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแบบที่ 1 โดยเพิ่มแกนขัดยาว 1.8 ซม. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร จำนวนแถวละ 2 ก้าน ระยะห่างระหว่างแถว 3 เซนติเมตร เพื่อช่วยให้การขัดเปลือกถั่วเขียวดีขึ้น

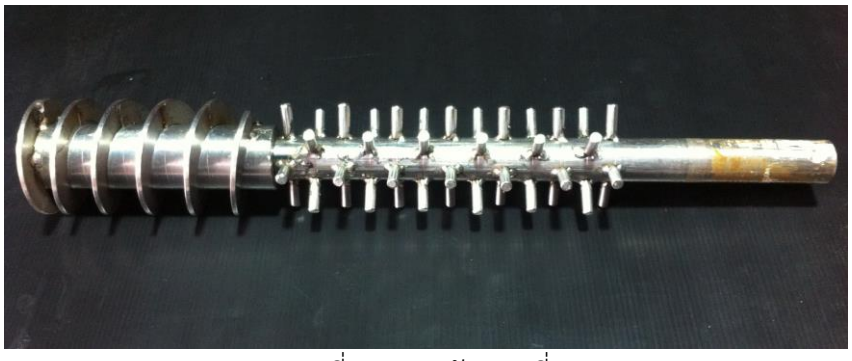
ภาพที่ 10 แกนขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำแบบที่ 2

แกนขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำแบบที่ 3 ภาพที่ 11 ทำการปรับปรุงโดยใช้ก้านขัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร ยาว 10 มิลลิเมตร แถวละ 6 แกน ระยะห่างระหว่างแถว 25 มิลลิเมตร จำนวน 9 แถว

ภาพที่ 11 แกนขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำแบบที่ 3

แกนขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำแบบที่ 4 ภาพที 12 ทำการปรับปรุงแกนขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแบบที่ 3 โดยใช้ก้านขัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร ยาว 10 มิลลิเมตร แถวละ 6 แกน ระยะห่างระหว่างแถว 25 มิลลิเมตร จำนวน 9 แถว และเพิ่มตุ่มระหว่างแถวเรียงตัวเป็นรูปเกลียว จำนวน 2 เกลียว

ภาพที่12 แกนขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำแบบที่ 4



ภาพที่ 13 แกนขัดแบบที่ 5

ทำการทดสอบแบบแกนต่าง ๆ ที่ได้สร้างขึ้น โดยวิธีการทดสอบ

1. ทดสอบโดยใช้ถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำที่ 2 ชั่วโมง ทำการทดสอบที่ความเร็วรอบ 500 รอบ/นาที
2. สุ่มตัวอย่างหลังการขัดเปลือกถั่วเขียว ได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบเปรียบเทียบแกนขัดเปลือกถั่วเขียวแบบที่ 1 ถึง แบบที่ 5

แบบ	เม็ดถั่วเขียว ลอกเปลือก	เม็ดถั่วเขียว ไม่ลอกเปลือก	เม็ดถั่วเขียว แตก	เปลือก ถั่วเขียว
แบบที่ 1	10.50	74.18	13.22	2.10
แบบที่ 2	13.05	67.54	15.96	3.45
แบบที่ 3	30.65	50.97	14.22	4.16
แบบที่ 4	58.83	18.08	15.02	8.07
แบบที่ 5	66.35	1.85	21.08	10.72

จากการทดสอบแกนขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแบบต่างๆพบว่า แนวโน้มการพัฒนา พบว่าต้องมีก้านขัด ให้มีความยาว และมีจำนวนมาก พอที่จะให้การขัดเปลือกดี จึงได้ทำการออกแบบสร้างแกนขัดแบบที่ 5 เป็นรูปแบบแกนขัดถั่วที่ได้ผลดีที่สุด โดยส่วนประกอบ ดังภาพที่ 13 โดยแกนขัดประกอบด้วยสกรูลำเลียงทำหน้าที่ลำเลียงถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำ ขึ้นสู่ด้านบน ก้านขัดมี ความยาว 2

เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร จำนวน 4 ก้านต่อแถว ระยะระหว่างแถว 2 เซนติเมตร ได้ทำการทดสอบโดย

วิธีการทดสอบชุดขัดเปลือก

1) การทดสอบใช้ถั่วเขียวผ่าซีกครั้งละ 1 กิโลกรัมต่อวิธีการทดสอบ ทำการแช่น้ำ โดยมีตัวแปรที่ต้องการหาคือ ความเร็วรอบที่เหมาะสมกับเครื่อง กำหนดทดสอบความเร็วรอบที่ 400 500 600 700 800 และ 900 รอบต่อนาที และเวลาที่ใช้แช่ถั่วเขียวผ่าซีกกำหนดให้แช่ถั่วเขียวผ่าซีกที่ 2 และ 3 ชั่วโมง (ตารางที่ 2 และตารางที่ 3)
2) ทำการสุ่มตัวอย่างถั่วเขียวผ่าซีกระหว่างดำเนินการทดสอบ ทั้งก่อนเข้าชุดขัดเปลือกและหลังเข้าชุดขัดเปลือก ทำการคัดแยกเม็ดถั่วที่มีการขัดเปลือกสมบูรณ์ เม็ดถั่วที่แตกหักและเม็ดถั่วที่ไม่ขัดเปลือก คำนวณหาสัดส่วนเป็นเปอร์เซ็นต์

ผลการทดลอง

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบชุดขัดเปลือกถั่วเขียวซีกแช่น้ำที่เวลา 2 ชั่วโมง

ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)	ก่อนเข้าชุดขัดเปลือกถั่วเขียว				หลังเข้าชุดขัดเปลือกถั่วเขียว				ความแตกต่าง		อัตราการทำงาน	
	เม็ดถั่วเขียวลอกเปลือก (%)	เม็ดถั่วเขียวไม่ลอกเปลือก (%)	เม็ดถั่วเขียวแตก (%)	เปลือกถั่วเขียว (%)	เม็ดถั่วเขียวลอกเปลือก (%)	เม็ดถั่วเขียวไม่ลอกเปลือก (%)	เม็ดถั่วเขียวแตก (%)	เปลือกถั่วเขียว (%)	ถั่วเขียวแตกเพิ่ม (%)	ขัดเปลือกถั่วเขียวออก (%)	เวลาขัด (วินาที)	อัตราทำงาน (กก./ชม.)
400	43.46	34.10	15.37	7.07	73.77	2.73	17.35	6.15	1.98	91.99	150	24.00
500	37.23	36.50	18.97	7.30	66.35	1.85	21.08	10.72	2.11	94.93	120	30.00
600	32.87	52.12	12.08	2.93	71.56	3.52	15.60	9.32	3.52	93.25	100	36.00
700	27.06	50.14	14.11	8.69	63.49	8.81	15.13	12.57	1.02	82.43	97	37.11
800	21.54	58.84	15.01	4.61	65.41	7.92	17.48	9.19	2.47	86.54	90	40.00
900	43.13	40.83	13.54	2.50	63.18	7.29	16.89	12.64	3.35	82.15	90	40.00

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบชุดขัดเปลือกถั่วเขียวซีกแช่น้ำที่เวลา 3 ชั่วโมง

ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)	ก่อนเข้าชุดขัดเปลือกถั่วเขียว				หลังเข้าชุดขัดเปลือกถั่วเขียว				ความแตกต่าง		อัตราการทำงาน	
	เม็ดถั่วเขียวลอกเปลือก (%)	เม็ดถั่วเขียวไม่ลอกเปลือก (%)	เม็ดถั่วเขียวแตก (%	เปลือกถั่วเขียว (%)	เม็ดถั่วเขียวลอกเปลือก (%)	เม็ดถั่วเขียวไม่ลอกเปลือก (%)	เม็ดถั่วเขียวแตก (%	เปลือกถั่วเขียว (%)	ถั่วเขียวแตกเพิ่ม (%)	ขัดเปลือกถั่วเขียวออก (%)	เวลาขัด (วินาที)	อัตราทำงาน (กก./ชม.)
400	25.67	59.05	8.99	6.29	72.73	1.27	11.12	14.68	2.13	97.85	150	24.00
500	32.37	45.45	14.56	7.62	60.87	2.09	16.42	20.62	1.86	95.40	120	30.00
600	52.73	30.89	10.79	5.59	72.98	0.00	14.81	12.21	4.02	100.00	100	36.00
700	33.15	45.00	12.87	8.98	65.35	2.13	16.93	15.59	4.06	95.27	95	37.89
800	21.10	62.48	9.26	7.16	65.57	0.00	13.56	20.87	4.30	100.00	90	40.00
900	43.13	40.83	13.54	2.50	68.15	0.00	18.22	16.63	4.68	100.00	90	40.00

สรุปผลการทดสอบชุดขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีก

จากการทดลองขัดเปลือกถั่วเขียวซีกแช่น้ำ พบว่า แช่ถั่วเขียวผ่าซีก 2 ชั่วโมง สามารถขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำออกได้ โดยที่ความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที ให้ผลการขัดที่ดีที่สุด สำหรับแกนขัดเปลือกถั่วแบบนี้

2.2 <u>ส่วนที่ 2 ชุดลอยแยกเปลือก</u>

หลังการขัดต้องลอยแยกเปลือก เพื่อให้ได้ถั่วเขียวผ่าซีกที่สะอาดไม่มีเปลือกเจือปน ได้ทดลองสร้างชุดลอยแยกเปลือก 2 แบบ ดังนี้

ชุดลอยแยกเปลือกแบบที่ 1 แบบแนวนอน (ไหลตามกระแสน้ำ) ชุดลอยแยกเปลือกแบบนี้อาศัยกระแสน้ำในการแยกวัตถุ โดยใช้ปั๊มน้ำเป็นต้นกำลังในการสร้างกระแสน้ำให้เปลือกลอยแยกออกจากเนื้อถั่ว กระแสน้ำจะไหลพัดพาเนื้อเม็ดถั่วและเปลือกไปตามกระแสน้ำ น้ำหนักของวัตถุที่แตกต่างกัน ทำให้เม็ดถั่วเขียวผ่าซีกไหลตกสงช่องทางออก เปลือกที่เบากว่าจะลอยออกทางท้ายราง ได้ทำการทดลองสร้างชุดลอยเปลือกแบบที่1 ดังแสดงในภาพที่ 15

ภาพที่ 15 แสดงรางลอยเปลือกที่ใช้ในการทดสอบ

การทดสอบจะทำโดยนำทั้งสองส่วนคือชุดขัดเปลือกถั่วเขียวและรางลอยเปลือกนำมาประกอบกัน ในถังน้ำขนาด กว้าง 50 เซนติเมตร ยาว 100 เซนติเมตร สูง 50 เซนติเมตร ได้เครื่องต้นแบบที่พร้อมจะใช้ทดสอบ ดังภาพที่ 16

ภาพที่ 16 เครื่องล้างเปลือกถั่วเขียวซีกแช่น้ำแบบรางแนวนอน

วิธีการทดลองส่วนชุดลอยเปลือก

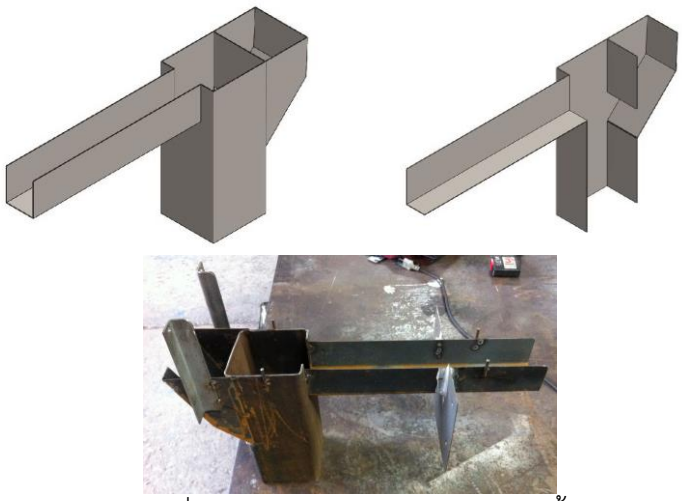
1) แช่ถั่วเขียวผ่าซีกเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทำการขัดเปลือกโดยใช้รอบการขัดที่ 500 รอบต่อนาที ถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำที่ผ่านการขัดแล้ว ไหลลงสู่ชุดลอยเปลือก
2) ทำการสุ่มเก็บข้อมูล เพื่อหาสัดส่วนเป็นเปอร์เซ็นต์ ของเนื้อถั่ว และเปลือกถั่วเขียว ในถุงเนื้อถั่วเขียวและถุงเปลือกถั่วเขียว แล้วนำมาคำนวณหา ความสามรถในการลอยแยกเปลือกและ ความสูญเสีย (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบรางลอยแยกเปลือกถั่วเขียวซีกแบบแนวนอน

ระดับน้ำในราง (เซนติเมตร)	สัดส่วนในถุงเนื้อถั่วเขียว		สัดส่วนในถุงเปลือกถั่วเขียว	
	เนื้อถั่วเขียว (%)	เปลือกถั่วเขียว (%)	เนื้อถั่วเขียว (%)	เปลือกถั่วเขียว (%)
7	76.93	13.07	1.06	8.94
8	77.76	10.98	2.31	8.95
9	73.96	12.19	6.05	7.80
10	77.82	6.39	7.13	8.66

สรุปผลการทดสอบชุดลอยเปลือกแบบแนวนอน

จากการทดสอบแบบรางลอยเปลือกที่สร้างขึ้น พบว่า ความสูงของแผ่นกั้น 8 เซนติเมตร ให้ผลการทดสอบที่มีเนื้อถั่วเขียวปนออกมาน้อยที่สุด แต่เปลือกถั่วเขียวยังปะปนกับเนื้อถั่วเขียวอย่างมาก ขณะเดียวกัน ที่ระดับความสูงน้ำที่ 10 เซนติเมตร มีเปลือกปะปนในถุงเนื้อถั่วเขียวน้อยกว่า แต่สูญเสียเนื้อถั่วเขียวไปมากเช่นกัน จำเป็นต้องแก้ไขข้อบกพร่องนี้



ภาพที่ 17 แสดงชุดรางลอยเปลือกแนวตั้ง

ชุดลอยแยกเปลือกแบบที่ 2 แบบแนวตั้ง (ไหลสวนกระแสน้ำ)ดังแสดงในภาพที่ 17 การทำงานของชุดลอยแยกเปลือกแนวตั้ง เริ่มจากถั่วเขียวผ่าซีกที่ผ่านการขัดเปลือกแล้วจะไหลลงทางเข้า

โดยกระแสน้ำถูกบังคับให้ไหลจากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบน พัดพาเปลือกถั่วเขียวซึ่งเบาไหลออกไปตามรางน้ำสู่ถุงเก็บ เปลือกถั่วเขียวทางด้านท้ายรางต่อไป ส่วนเม็ดถั่วเขียวผ่าซีกไหลตกลงสู่ถุงเก็บด้านล่าง ได้ดำเนินการติดตั้งกับชุดขัดเปลือกถั่ว ดังภาพที่ 18 และดำเนินการทดสอบโดยมีปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเครื่อง ได้แก่ อัตราการไหลของน้ำ

ภาพที่ 18 เครื่องล้างเปลือกถั่วเขียวซีกแช่น้ำแบบรางแนวตั้ง

วิธีการทดสอบมีดังนี้

1) แช่ถั่วเขียวผ่าซีกเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทำการขัดเปลือกโดยใช้รอบการขัดที่ 500 รอบต่อนาที ถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำที่ผ่านการขัดแล้ว ไหลลงสู่ชุดลอยเปลือก
2) ทำการสุ่มเก็บข้อมูล เพื่อหาสัดส่วนเป็นเปอร์เซ็นต์ ของเนื้อถั่วเขียว และเปลือกถั่วเขียว ในถุงเนื้อถั่วเขียวและถุงเปลือกถั่วเขียว (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบรางลอยแยกเปลือกถั่วเขียวซีกแบบแนวตั้ง

อัตราการไหลน้ำ ลิตร/นาที	สัดส่วนในถุงเนื้อถั่วเขียว		สัดส่วนในถุงเปลือกถั่วเขียว	
	เนื้อถั่วเขียว (%)	เปลือกถั่วเขียว(%)	เนื้อถั่วเขียว (%)	เปลือกถั่วเขียว (%)
10	82.48	6.36	0.00	11.16
20	80.36	4.43	0.74	14.47
30	79.36	1.39	1.52	17.73

สรุปผลการทดสอบชุดลอยแยกเปลือกแบบแนวตั้ง

ผลการทดสอบพบว่า สามารถลอยแยกเปลือกออกได้ดีขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับชุดลอยแยกเปลือกแบบแนวนอน โดยพบว่าที่อัตราการไหลน้ำ 30 ลิตร/นาที ให้ผลการทดสอบดีที่สุด โดยมีเปลือกปน 1.39 เปอร์เซ็นต์ และมีเนื้อที่สูญเสียไปในถุงเปลือก 1.52 เปอร์เซ็นต์

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

ต้นแบบเครื่องล้างเปลือกจากถั่วเขียวซีกแช่น้ำ ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย ชุดขัดเปลือกถั่วเขียว และชุดลอยแยกเปลือกถั่วเขียว ประกอบกันใช้งานในถังน้ำขนาด 1x0.5x0.47 เมตร ใช้น้ำ170 ลิตร ในการทำงาน ใช้ต้นกำลังเป็นมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด ½ แรงม้า ในการขับเคลื่อน ชุดขัดเปลือกถั่วเขียว และใช้ปั๊มน้ำในการสร้างกระแสน้ำ เพื่อใช้ในการลอยแยกเปลือกถั่วเขียว

จากการทดสอบเครื่องต้นแบบ พบว่า ความเร็วรอบที่เหมาะสม สำหรับใช้ในต้นแบบนี้คือ 500 รอบต่อนาที สามารถขัดเปลือกถั่วเขียวให้หลุดออกได้ 94.93 เปอร์เซ็นต์ โดยเม็ดถั่วเขียวมีการแตกหักเพิ่มขึ้นประมาณ 2.11 เปอร์เซ็นต์ การทดสอบชุดลอยแยกได้ดำเนินการสร้างและทดสอบชุดลอยแยกเปลือก 2 แบบคือชุดลอยแยกเปลือกแบบแนวนอนและชุดลอยแยกเปลือกแบบแนวตั้ง โดยชุดลอยแยกเปลือกแบบแนวนอน อาศัยกระแสน้ำในการพัดพาวัตถุ เม็ดถั่วเขียวซีกที่น้ำหนักมากกว่าจะตกลงในช่องทางออกก่อน ส่วนเปลือกที่เบากว่าจะถูกน้ำพัดพาออกไปทางท้ายรางสู่ถุงเก็บเปลือกถั่วเขียว จากการทดสอบ พบว่า ให้ผลการแยกลอยเปลือกไม่ดี แยกเปลือกถั่วได้ไม่สะอาด จึงทำการออกแบบและสร้างชุดลอยเปลือกแบบที่ 2 เป็นแบบชุดลอยแยกเปลือกแนวตั้ง เป็นการทำงานแบบสวนทิศทางกระแสน้ำ โดยเม็ดถั่วที่หนักกว่าจะจมลงสู่ถุงเก็บเนื้อถั่วเขียว ส่วนเปลือกที่เบากว่าจะลอยตามน้ำออกไปสู่ถุงเก็บเปลือกถั่วเขียว ผลการทดสอบพบว่าสามารถทำงานได้ดี โดยใช้อัตราการไหลน้ำที่ 30 ลิตรต่อนาที จะให้ผลการทดสอบที่ดีที่สุดโดยมีเปลือกถั่วเขียวปะปนเพียง 1.39 เปอร์เซนต์ สูญเสียเนื้อถั่วเขียวเพียง 1.52 เปอร์เซนต์ อย่างไรก็ตามต้นแบบที่จัดสร้างขึ้นยังควรที่จะพัฒนาให้ดีขึ้นในหลาย ๆ ด้าน โดยเฉพาะเรื่องความสามารถในการลอยแยกเปลือกให้สูงขึ้นอีก และความสะดวกในการใช้งาน ให้ใช้งานง่ายขึ้น

เอกสารอ้างอิง

นิรนาม. ม.ป.ป. **แผ่นพับ การผลิตวุ้นเส้นและการเพาะถั่วงอก.** ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรที่ 5 กรมวิชาการเกษตร.

นิรนาม. ม.ป.ป. แผ่นพับ ถั่วเขียวแปรรูป. ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรที่ 5 กรมวิชาการเกษตร.

สมจินตนา ทุมแสน และอิสระ พุทธสิมมา. 2549. ถั่วเขียว. ระบบฐานข้อมูลงานวิจัยด้านพืชไร่ ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรที่ 3 กรมวิชาการเกษตร. แหล่งที่มา : http://oard3.

doa.go.th/agriculture/ (สืบค้นเมื่อวันที่ 16 พ.ค. 2557).

สิริชัย ส่งเสริมพงศ์ ศรีวัย สิงหะคเชนทร์ ยงยุทธ คงซ่าน และสุภัทร หนูสวัสดิ์. 2535. การผลิตโปรตีนจากถั่วเขียวและชีอิ้วหมักจากโปรตีนถั่วเขียว. หน้า 403-411. ใน รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 30. 29 มกราคม - 1 กุมภาพันธ์ 2535. กรุงเทพฯ. 858 หน้า.

สิริชัย ส่งเสริมพงศ์ ศรีวัย สิงหะคเชนทร์ ยงยุทธ คงซ่าน และสุภัทร หนูสวัสดิ์. 2537. เครื่องมือแปรรูปถั่วเขียว. หน้า 186-207. การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน สถาบันวิจัยและพัฒนา นครปฐม. 271 หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2555. ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2555. เอกสารสถิติการเกษตรเลขที่ 401. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

อรอนงค นัยวิกุล และ ลินดา พงศผาสุก. 2537. อาหารเช้าจากธัญชาติ. อุตสาหกรรมเกษตร. 5 (3): 5-14.

เอื้อย สิงหกุล ไมตรี ทองสว่าง และศรีวัย สิงหะคเชนทร์. 2531. การผลิตวุ้นเส้นจากถั่วเขียวระดับหมู่บ้าน. หน้า 324-331. *ใน* **รายงานผลการสัมมนาเชิงปฏิบัติการเรื่อง งานวิจัยถั่วเขียว ครั้งที่ 3.** กรมวิชาการเกษตร สถาบันวิจัยพืชไร่ ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท.

วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรในกระบวนการทำแป้งจากเม็ดบัว

Research and Development of Lotus Flour Processing Machine

ผู้วิจัย

จิรวัสส์ เจียตระกูล
Jirawat Chiatrakul

ปรีชา อานันท์รัตนกุล
Preecha Ananrattanakul

มานพ รักญาติ
Manop Rakyat

วิบูลย์ เทเพนทร์
Viboon Thepent

คำสำคัญ : เครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดบัวแห้ง, เครื่องแทงดีเม็ดบัวแห้ง, เครื่องขัดลอกเยื่อเม็ดบัวแห้ง
Dry lotus seeds shelling machine, Dry lotus seeds drilling machine, Dry lotus seeds polishing machine

บทคัดย่อ

การพัฒนาเครื่องจักรในกระบวนการทำแป้งจากเม็ดบัว มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับอุตสาหกรรมการแปรรูปเม็ดบัวแห้ง ประกอบไปด้วย 3 เครื่องต้นแบบได้แก่ เครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดบัวแห้ง เครื่องแทงดีเม็ดบัวแห้ง และเครื่องขัดลอกเยื่อเม็ดบัวแห้ง เม็ดบัวแห้งที่นำมาทำการทดสอบมีเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 11.69 มิลลิเมตร ซึ่งจะใช้เป็นข้อมูลสำหรับการออกแบบเครื่องต้นแบบทั้ง 3 เครื่อง เครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดบัวแห้งต้นแบบ ใช้ลูกกลิ้งขึ้นลายแบบเกลียวสำหรับปอกเปลือกจำนวน 2 ลูก และมีลูกกลิ้งขนาดเล็กสำหรับกดเม็ดบัวอีก 1 ลูก เม็ดบัวแห้งเคลื่อนที่เข้าหาชุดลูกกลิ้งด้วยเกลียวลำเลียง สามารถกะเทาะเปลือกได้เม็ดบัวที่สมบูรณ์เฉลี่ย 78.2 เปอร์เซ็นต์ เม็ดแตกเสียหายเฉลี่ย 12.6 เปอร์เซ็นต์ และเม็ดบัวที่ไม่ถูกกะเทาะเฉลี่ย 9.2 เปอร์เซ็นต์ เครื่องแทงดีบัวแห้งมีหลักการทำงานด้วยการเจาะรูที่บริเวณขั้วของเม็ดบัวแห้งด้วยดอกสว่านขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 มิลลิเมตร เม็ดบัวแห้งหลังผ่านการกเทาะเปลือกถูกบรรจุลงในถาดเจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 95 มิลิเมตร ที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ที่ความเร็ว 6.5 รอบต่อนาที (1.94 เมตรต่อนาที) มีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 1.04 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เม็ดบัวที่ผ่านการเจาะโดยสมบูรณ์เฉลี่ย 69.5 เปอร์เซ็นต์ เม็ดแตกเสียหาย และเจาะไม่ตรงตำแหน่งรวมกัน 30.5 เปอร์เซ็นต์ เครื่องขัดลอกเยื่อเม็ดบัวแห้งที่ผ่านการกะเทาะเปลือกและแทงดีบัวออกแล้วมีส่วนประกอบของถังบรรจุเม็ดบัวที่ติดกระดาษทรายไว้บริเวณผนัง และมีชุดจานหมุนบริเวณด้านล่างทำหน้าที่หมุนให้เม็ดบัวเคลื่อนที่ โดยอาศัยหลักการของแรงเสียดทานระหว่างเม็ดบัว และผนังทำให้เกิดการขัดผิวของเม็ดบัว เลือกใช้กระดาษทรายเบอร์ 100 ใช้เวลาในการขัดเฉลี่ย 35 นาที ส่วนที่ถูกขัดออกไปคิดเป็นสัดส่วนน้ำหนักเฉลี่ย 7.5 เปอร์เซ็นต์

Abstract

The Objective was to research and development of processing prototype machines for producing of lotus flour from dried lotus seeds to increase their value. Three prototypes of machines in the processing system were developed which are dried lotus seed shelling machine, dried lotus seed drilling machine and dried lotus seed polishing machine. Physical properties of dried lotus seed and designing, fabrication and testing of these machines were conducted, the average seed diameter of 11.69 mm is used as design criteria and testing and evaluation of the prototype machines. Dried lotus seed shelling machine function is screw under the hopper feed the dried seeds to the shelling unit which consist of two threat rollers horizontal installed and revolve alternative direction as well as pressed by small roller for shelling. Its performance was 78.2 percent of good kernel shelling, 12.6 percent damage kernel and 9.2 percent unshelled. Dried lotus seed drilling machine function is a dried lotus seed on a hole of the rotating pan was drill by electrical auger with a hole diameter of 2.5 mm at a top pole of that dried lotus seed. The diameter of rotating pan is 95 mm and drive by an electrical motor with a rotation speed of 6.5 rpm (1.94 m/sec). The average capacity was 1.04 kilograms per hour. The completely drilled seeds were 69.5 percent, broken and not drilled were 30.5 percent. The dried lotus seed polishing machine function is the dried seed on the bottom rotation plate will be thrown hit to the wall of the circular bucket of the machine which attached with sandpaper No. 100. The lotus seeds have been polished based on the principle of friction between the seed and the friction wall. The average polishing time was 35 minutes, the average degree of percentage of whole kernel polishing is 7.5 percent.

บทนำ

แป้งบัวหลวง หรือแป้งที่แปรรูปมาจากเม็ดบัว สามารถนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทต่าง ๆ ได้หลากหลายชนิด เช่น เค้ก โดนัท คุกกี้ ไส้ขนม เป็นต้น โดยแป้งบัวหลวงจะมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับแป้งมันเทศ แต่มีเนื้อเบากว่าแป้งมันเทศและสามารถที่จะใช้แป้งบัวหลวงทดแทนแป้งสาลีได้อย่างสมบูรณ์ (ร้อยละ 100) เนื่องมาจากปัญหาการนำเข้าแป้งสาลีจากต่างประเทศที่มีมูลค่าสูงประมาณ 2 หมื่นล้านบาท/ปี และจากการที่ผู้บริโภคเกิดอาการโปรตีนกลูเตน (Gluten) ที่มีอยู่ในแป้งสาลี จึงได้มีการศึกษาวิจัย เพื่อหาผลผลิตทางการเกษตรที่จะสามารถนำมาทดแทนการใช้แป้งสาลี เพื่อเป็นทางเลือกสำหรับผู้มีอาการแพ้โปรตีนกลูเตน และเป็นการลดการนำเข้าแป้งสาลีจากต่างประเทศ สอดคล้องกับแผนงานวิจัยบัวหลวงให้เป็นพืชเศรษฐกิจในพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากของกรมวิชาการเกษตร โดยในปี 2552 จัดทำโครงการอนุรักษ์ และปรับปรุงพันธุ์บัวหลวงและโครงการวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มมูลค่าบัว และในปี 2554 เริ่มทำงานวิจัยเร่งด่วนเพื่อรวบรวมและศึกษาพันธุ์บัวหลวงในประเทศไทย ทั้งพันธุ์พื้นเมืองและนำเข้าอนุรักษ์และศึกษาการใช้ประโยชน์จากพันธุ์บัวหลวงในประเทศไทย ศึกษาวิจัยแนวทางสร้าง และเพิ่มมูลค่าบัวท้องถิ่นให้เป็นพืชสร้างรายได้ต่อเกษตรกร และเป็นพืชทางเลือกในพื้นที่เสี่ยงภัย วิจัยและศึกษาการแปรรูปแป้งเม็ดบัวซึ่งจะเป็นแป้งที่มีราคาสูง วิจัยและพัฒนาให้มีการใช้ประโยชน์จากส่วนต่างๆ ของบัวให้ได้ประโยชน์สูงสุดทั้งในรูปแบบวัตถุดิบพื้นฐานทางเกษตรอุตสาหกรรมไปจนถึงผลิตภัณฑ์การใช้ประโยชน์จากบัวหลวง เช่นนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์สิ่งทอ ส่วนต่างๆ ของบัวหลวงสามารถนำมาพัฒนาเพิ่มมูลค่าได้แทบทั้งสิ้น เช่น เกสรบัวหลวงสามารถนำไปสกัดเป็นน้ำหอม ยาดม ยาหม่อง หรือชา เมล็ดบัว นำไปรับประทานเป็นของกินเล่น เมล็ดบัวอบแห้งสำหรับนำไปเป็นส่วนประกอบในอาหารคาวหวาน สกัดเป็นแป้งบัว (กรมวิชาการเกษตร, 2555)

แป้งบัวหลวงจะอยู่ในลักษณะของแป้งทำขนมเพื่อสุขภาพ เกรดสูง ราคาแพงซึ่งในการทำผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ต้องใช้แป้งที่บดจากเม็ดบัวที่ผ่านการตากแดดลดความชื้นให้เหลือประมาณร้อยละ 10 แล้วนำมาบดละเอียดเป็นแป้ง ซึ่งในปัจจุบันนี้เม็ดบัวยังมีราคาที่ไม่สูงมาก แต่มีปัญหาในเรื่องของการจ้างแรงงานในการแกะเปลือกมาก ถ้าเม็ดบัวแก่มากเปลือกจะแข็งและเหนียว เปลือกที่ติดกับเม็ดจะทำให้แกะยาก ขนาดของเม็ดบัวก็มีความแตกต่างกัน บางพันธุ์เม็ดบัวมีขนาดเล็กมาก ทำให้แกะเปลือกยาก ดังนั้น เครื่องมือที่ช่วยในกระบวนการแปรรูปเป็นแป้งได้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง เนื่องจากเม็ดบัวไทยมีปริมาณน้อย นาบัวส่วนมากมักจะตัดขายดอกมากกว่าที่จะรอจนได้เม็ดบัว โดยจากการหาข้อมูลพบว่า ในต่างประเทศ เช่น ประเทศจีน ได้มีการใช้เครื่องจักรเข้ามาช่วยในเรื่องของการแกะและกะเทาะเปลือกเม็ดบัว มีความสามารถในการทำงาน 15-60 กิโลกรัม/ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับขนาดของเครื่องจักร แต่เนื่องจากชนิดพันธุ์บัวของจีนกับไทยนั้นมีความแตกต่างกันในลักษณะทางกายภาพ (ขนาดของเม็ด) หากมีการนำเครื่องจักรมาใช้งานต้องมีการดัดแปลงเครื่องจักรให้สามารถใช้ได้กับบัวสายพันธุ์ไทย อีกทั้งการนำเข้าเครื่องจักรจากต่างประเทศนั้นมีราคาที่ค่อนข้างแพง สำหรับในประเทศไทยได้มีการวิจัยและพัฒนาเครื่องทุ่นแรงต้นแบบสำหรับการแปรรูปเม็ดบัว เช่น เครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดบัว เครื่องแทงดีบัว เป็นต้นแต่ก็ยังเป็นเครื่องต้นแบบในระดับห้องปฏิบัติการเท่านั้น ความสามารถในการทำงานยังไม่แตกต่างจากการใช้แรงงานคนมากนัก และตัวเครื่องสามารถใช้ได้กับเฉพาะเม็ดบัวที่มีขนาดใหญ่เท่านั้น จึงทำให้ไม่สามารถใช้ได้กับเม็ดขนาดเล็กได้ จำเป็นที่จะต้องมีการปรับปรุงแก้ไขให้สามารถทำงานได้กับเม็ดบัวทุกขนาด และมีความสามารถในการทำงานที่เพิ่มขึ้นเพื่อให้รองรับกับการขยายตัวกับการแปรรูปเม็ดบัวในอนาคต

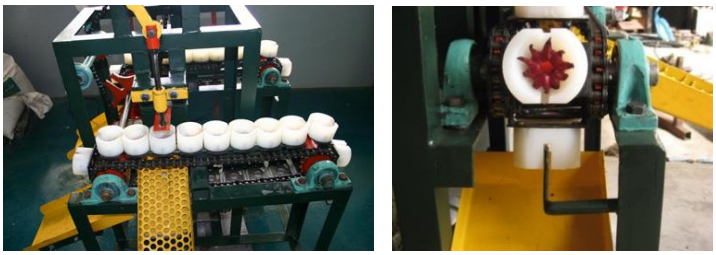
ดังนั้น การวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรสำหรับการแปรรูปผลิตภัณฑ์แป้งบัวหลวงจึงจะเป็นแนวทางที่เป็นประโยชน์ที่จะเป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับเม็ดบัวไทย ซึ่งจะสอดคล้องกับแผนงานวิจัยบัวหลวงให้เป็นพืชเศรษฐกิจในพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากของกรมวิชาการเกษตร เพื่อเพิ่มความสนใจ ความต้องการบริโภคเม็ดบัวไทยที่มากขึ้น แก้ปัญหาจากขาดแคลนแรงงาน ลดการนำเข้าเครื่องจักร แนวทางในการพัฒนาเครื่องจักรสำหรับกระบวนการแปรรูปเม็ดบัวคือ การเพิ่มประสิทธิภาพ ตั้งแต่ขั้นตอนของการคัดขนาดเม็ดบัว การกะเทาะเปลือก การนำดีบัวออกจากเม็ด การลอกเยื่อที่ติดกับเม็ด และบดเป็นแป้งเม็ดบัวต่อไป

การทบทวนวรรณกรรม

ฤดีและคณะ (2550) ได้ทำการศึกษาโครงการเรื่องศักยภาพการผลิต ต้นทุนและตลาดของผลิตภัณฑ์บัวหลวง โดยเป็นการศึกษาด้านศักยภาพการผลิตบัวหลวงของประเทศไทย เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาบัวไปสู่พืชเศรษฐกิจของประเทศ ผลจากการศึกษาพบว่า ในการผลิตแบบนาบัวมีพื้นที่เฉลี่ยต่อครอบครัว 20.05 ไร่ และการผลิต โดยใช้น้ำจากธรรมชาติใช้พื้นที่เฉลี่ย 5.86 ไร่/ครอบครัว (ในจังหวัดอุบลราชธานี) พันธุ์บัวที่ปลูกมากที่สุดในลักษณะการปลูกแบบนาบัวคือ พันธุ์ฉัตรขาว รองลงมาคือฉัตรแดง ส่วนพันธุ์บัวที่ใช้ในการปลูกมากที่สุดในลักษณะการปลูกจากแหล่งน้ำธรรมชาติ คือพันธุ์แหลมขาว การผลิตแบบนาบัวจะเก็บผลผลิตในรูปของดอกเกือบทั้งหมด แต่สำหรับเกษตรกรที่ปลูกโดยใช้แหล่งน้ำจากธรรมชาติจะเก็บในรูปของฝัก โดยการผลิตแบบนาบัว เกษตรกรมีรายได้เฉลี่ย 29,909.92 บาท/ไร่ ขณะที่เกษตรกรที่ผลิตบัวจากแหล่งน้ำธรรมชาติ มีรายได้ 5,906.88 บาท/ไร่ นาบัวมีต้นทุนเฉลี่ยเท่ากับ 13,209.98 บาท/ไร่ เมื่อพิจารณาในด้านของผลกำไรแล้ว เกษตรกรที่ทำการผลิตแบบนาบัว จะมีผลกำไรโดยเฉลี่ย 16,699.94 บาท/ไร่ ส่วนการปลูกบัวโดยใช้แหล่งน้ำธรรมชาติ มีกำไร 1,181.18 บาท/ไร่ ดังนั้นการผลิตบัวแบบนาบัวจะมีผลตอบแทนสูงกว่าการผลิตพืชชนิดอื่นๆ อีกหลายชนิด และเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของเกษตรกรในการเปลี่ยนพื้นที่การผลิตของตน

พุธวงค์และคณะ (2551) ได้ทำการออกแบบเครื่องแกะเม็ดกระเจี๊ยบแดง เพื่อเป็นการลดขั้นตอนในการผลิตกระเจี๊ยบแก้งที่ต้องใช้แรงงานคนในการแกะเม็ด ตัวเครื่องประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลักๆ คือ ส่วนของการลำเลียง และส่วนของการเจาะเอาเม็ดกระเจี๊ยบออกจากกลีบดอก มีหลักการทำงานโดยอาศัยต้นกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า ส่งกำลังโดยใช้โซ่ในการขับเคลื่อน หัวเจาะจะถูกกดลงลงเมื่อชุดลำเลียงหมุนเอาเบ้าที่ใส่ดอกกระเจี๊ยบในลักษณะที่คว่ำไว้แล้ว หัวเจาะจะกดส่วนที่เป็นเม็ด กับกลีบเลี้ยงออกจากกัน แล้วตกลงสู่ถาดรองรับ แม้ในการป้อนดอกจะยังต้องใช้แรงงานคนในการป้อน แต่เครื่องก็สามารถทำงานได้เร็ว ประสิทธิภาพในการทำงาน พบว่า ความเร็วรอบที่เหมาะสมคือ 800 รอบ/นาที อัตราการทำงานอยู่ที่ 18.08 กิโลกรัม/ชั่วโมง ประวิทธิภาพ 80.1 เปอร์เซ็นต์

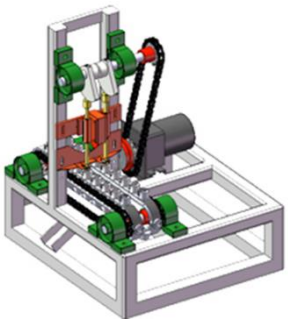
ภาพที่ 1 การแกะเม็ดกระเจี๊ยบด้วยแรงงานคน (พุธวงค์ และคณะ, 2551)



ภาพที่ 2 เครื่องแกะเม็ดกระเจี๊ยบต้นแบบ (พุธวงค์ และคณะ, 2551)

ดารุณีและนิรมล (2552) ได้ทำการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและความเป็นไปได้ของการใช้เป็นส่วนประกอบอาหารของเมล็ดบัวไทยพบว่า เมล็ดบัวอุดมไปด้วยธาตุอาหารต่าง ๆ และมีสรรพคุณทางการบำรุงเลือดที่ดี อุดมไปด้วยวิตามิน เอ วิตามิน ซี วิตามินอี มีโปรตีนเป็นส่วนประกอบอยู่ถึงประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 60 เปอร์เซ็นต์ ใยอาหาร 18 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 5 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าเมล็ดบัวจากจีน แต่มีปริมาณไขมัน 2.7 เปอร์เซ็นต์ ต่ำกว่าเมล็ดบัวจากจีน มีแคลเซียมและกรดไขมันไม่อิ่มตัว โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดลิโนเลอิก และกรดโอเลอิกอยู่สูง

อนุชาและคณะ (2553) ได้ทำการออกแบบเครื่องแทงดีบัว เพื่อเป็นเครื่องทุ่นแรงในการแทงดีบัวที่อาศัยแรงคนในการแทงดีบัวที่ใช้เวลานาน และเม็ดบัวมักจะแตกหักเสียหายง่าย โดยตัวเครื่องประกอบไปด้วยเบ้ารับเม็ดบัว และชุดเข็มแทงดีบัว ทำงานด้วยระบบถ่ายทอดกำลัง ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลัง สามารถแทงดีบัวได้ 1.2 กิโลกรัม/ชั่วโมง ประสิทธิภาพการทำงาน 70 เปอร์เซ็นต์ ความเสียหาย 13.3 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 3 เครื่องแทงดีบัวต้นแบบ (อนุชาและคณะ, 2553)

สนองและคณะ (2555) ได้ทำการศึกษาออกแบบการพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียแบบใช้แรงงานคนในการทำงาน โดยอาศัยหลักการของการกระแทกเปลือกให้แตกออกจากกัน มีความสามารถในการทำงานของเครื่องกะเทาะได้เมล็ดเต็ม 89.87 เปอร์เซ็นต์ เนื้อในแตกซีก 10.13 เปอร์เซ็นต์ ตัวเครื่องมีความสามารถในการทำงาน 5.2 กิโลกรัม/ชั่วโมง ทำการเปรียบเทียบกับการกะเทาะด้วยแรงงานคน 2 แบบคือ ค้อนและเครื่องบีบ ผลการทดสอบพบว่า มีการกะเทาะที่ได้เมล็ดเต็มที่ดีกว่า

เอกณรงค์ และคณะ (2556) ได้ทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้ง โดยเครื่องต้นแบบประกอบไปด้วยชุดลำเลียง ชุดกะเทาะเมล็ด 2 ชุด ชุดแรกสำหรับเมล็ดบัวที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง 11.5-12.0 มิลลิเมตร และชุดที่สองสำหรับเมล็ดบัวที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 12 มิลลิเมตร ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้าเป็นต้นกำลัง โดยเครื่องต้นแบบ สามารถทำงานได้ดีที่ความเร็วรอบของเพลาลูกเบี้ยวของชุดกะเทาะที่ 30 รอบ/นาที โดยสามารถกะเทาะเมล็ดบัวได้ 1.3 กิโลกรัม/ชั่วโมง และมีเปอร์เซ็นต์การกะเทาะ และการเสียหายเป็น 75.7 เปอร์เซ็นต์ และ 18.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับชุดกะเทาะชุดแรก และ 73.3 เปอร์เซ็นต์ และ 20.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับชุดกะเทาะชุดที่สอง

กฤษฎากร และคณะ (2559) ได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องลอกเยื่อหุ้มเมล็ดมะละกอ โดยประกอบด้วย 3 ส่วนหลักคือ ชุดโครงสร้างเครื่องและต้นกำลังโดยใช้มอเตอร์ขนาด ¼ แรงม้า ชุดลอกเยื่อออกแบบโดยใช้เหล็กแผ่นปรับระดับได้สี่เหลี่ยมผืนผ้าเจาะรูเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร แผ่นกว้าง 27 มิลลิเมตร ยาว 35 หนา 3 มิลลิเมตร และชุดลูกกลิ้งลอกเยื่อเส้นผ่าศูนย์กลาง ½ นิ้ว ยาว 18 เซนติเมตร หุ้มด้วยใยขัดความเร็วรอบที่ใช้ในการทดสอบคือ 200 300 500 700 และ 1,350 รอบต่อนาที ประสิทธิภาพเชิงคุณภาพสูงสุดคือ 82 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็ว 500 รอบต่อนาที ที่ 10.06 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

ระเบียบวิธีการวิจัย

สิ่งที่ใช้ในการทดลอง

1) เม็ดบัวหลวงแห้ง
2) เครื่องต้นแบบฯ
3) เครื่องวัดความเร็วรอบ
4) นาฬิกาจับเวลา
5) แอมป์มิเตอร์
6) เครื่องชั่งดิจิตอล
7) เวอร์เนียคาลิปเปอร์

วิธีดำเนินการ

กิจกรรมนี้ออกแบบสร้าง ทดสอบ และปรับปรุงต้นแบบเครื่องเครื่องจักรในกระบวนการทำแป้งจากเม็ดบัวที่สามารถใช้งานและบำรุงรักษาได้ง่าย มีประสิทธิภาพ ราคาถูก ใช้แรงงานน้อย

1) ตรวจเอกสาร และศึกษาหาข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ
2) ออกแบบสร้างต้นแบบเครื่องจักรในกระบวนการทำแป้งจากเม็ดบัว
3) ทดสอบประสิทธิภาพการทำงานเบื้องต้นของเครื่องต้นแบบที่ได้สร้างขึ้นมา และปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องการทำงานของเครื่องต้นแบบ
4) ทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งาน ได้แก่ ประสิทธิภาพการทำงาน ความสามารถในการทำงาน เป็นต้น
5) วิเคราะห์ผลการทดสอบ เขียนแบบ และสรุปผล

การบันทึกข้อมูล

บันทึกข้อมูล ความเร็วรอบ ความสามารถในการทำงาน และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน เป็นต้น

สถานที่ทำการทดลองและเก็บข้อมูล

กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม จตุจักร กทม. 10900 โทรศัพท์ 0-2529-0663 โทรสาร 0-2529-0664

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ศึกษาข้อมูลสมบัติทางกายภาพของเม็ดบัวหลวงแห้ง เครื่องมือในกระบวนการแปรรูปแป้งบัว เครื่องจักรอื่นๆที่มีหลักการทำงานเกี่ยวข้อง และมีลักษณะกลไกการทำงานที่คล้ายกัน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องต้นแบบ

การศึกษาสมบัติทางกายภาพของเม็ดบัวหลวงแห้ง พบว่า เม็ดบัวหลวงแห้งมีค่าความชื้นเริ่มต้นที่ 4.94 เปอร์เซ็นต์จากการวัดขนาด (Size) พบว่าความยาว, ความหนา และความกว้าง มีค่าเฉลี่ยคือ 15.51, 11.63 และ 11.71 มิลลิเมตร ตามลำดับ เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเลขาคณิต (GMD) 11.69 มิลลิเมตร และมีค่าน้ำหนัก 100 เมล็ดเฉลี่ย 106.27 กรัม ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางกายภาพของเม็ดบัวแห้ง

Physical properties of dried lotus seed.

Moisture content (%Wb)	4.94
Length (mm.)	*15.51*
Thickness (mm.)	*11.63*
Width (mm.)	*11.71*
Geometric mean diameter (GMD) (mm.)	*11.69*
Weight 100 seeds (g.)	*106.27*

2. ออกแบบสร้างต้นแบบชุดเครื่องมือสำหรับกระบวนการแปรรูปแป้งจากเม็ดบัวหลวงแห้ง ประกอบด้วย เครื่องกะเทาะเปลือก เครื่องแทงดีบัว และเครื่องขัดลอกเยื่อเม็ดบัว

เครื่องต้นแบบเครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดบัวแห้ง

มีส่วนประกอบหลักคือ ชุดลูกกลิ้งขึ้นลายสำหรับกะเทาะเปลือกประกอบไปด้วยลูกกลิ้งขึ้นลายขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 60 มิลลิเมตร ยาว 50 มิลลิเมตร จำนวน 2 ลูก และลูกกลิ้งขึ้นลายขนาดเล็กสำหรับกดเม็ดบัวมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตร ยาว 50 มิลลิเมตร จำนวน 1 ลูก ชุดเกลียวลำเลียงเม็ดบัว มีต้นกำลังเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 2 แรงม้า ดังแสดงในรภาพที่ 4 และ 5

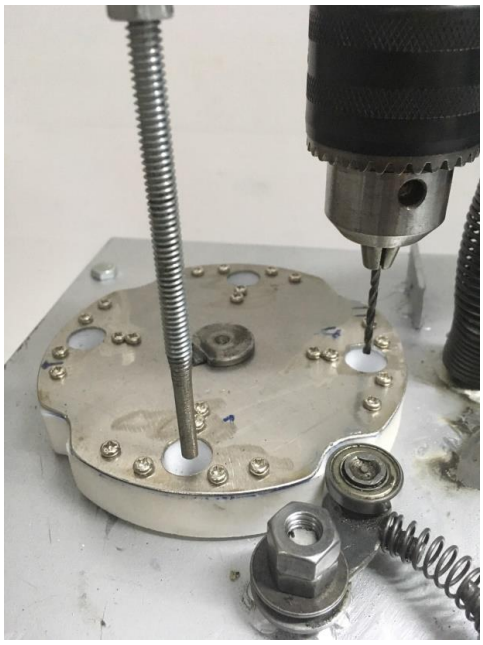
ภาพที่ 4 ชุดลูกกลิ้งขึ้นลายสำหรับกะเทาะเปลือกเม็ดบัว

ภาพที่ 5 ต้นแบบเครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดบัว

เครื่องต้นแบบเครื่องแทงดีบัว

ประกอบไปด้วย ชุดแทง (เจาะ) เม็ดบัวแห้งด้วยดอกสว่านขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 มิลลิเมตร (ภาพที่ 6) และถาดบรรจุเม็ดบัวขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 95 มิลลิเมตร (ภาพที่ 7) ที่ถูกขับเคลื่อนให้หมุนเข้าหาตำแหน่งแทงเม็ดบัวด้วยกลไกของชุดลูกเบี้ยวด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า (ภาพที่ 8) เครื่องต้นแบบเครื่องแทงดีบัวดังแสดงในภาพที่ 9

ภาพที่ 6 ดอกสว่านขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 มิลลิเมตร



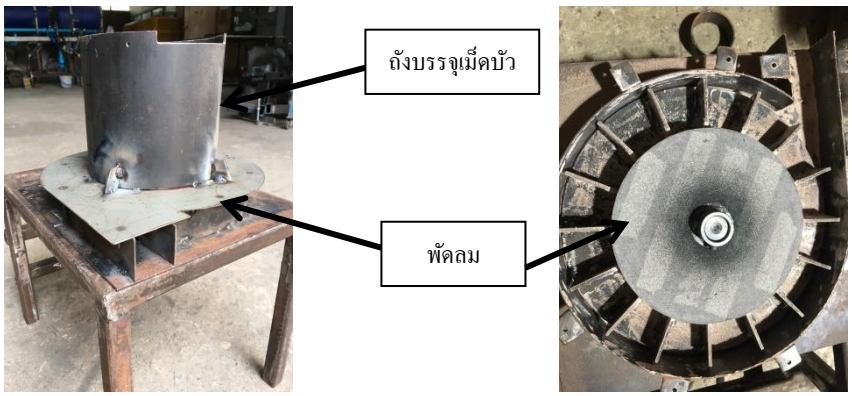
ภาพที่ 7 ถาดบรรจุเม็ดบัวขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 95 มิลลิเมตร

ภาพที่ 8 กลไกของชุดลูกเบี้ยว

ภาพที่ 9 ต้นแบบเครื่องแทงดีบัว

เครื่องต้นแบบเครื่องขัดลอกเยื่อเม็ดบัวแห้ง

ประกอบไปด้วยถังบรรจุเม็ดบัวที่ถูกติดกระดาษทรายไว้บริเวณผนัง จานหมุน และพัดลมดูดเศษฝุ่นจากการขัด (ภาพที่ 10) บริเวณด้านล่างของตัวเครื่อง เครื่องต้นแบบดังแสดงในภาพที่ 11



ภาพที่ 10 บรรจุเม็ดบัวและพัดลมดูดเศษฝุ่นจากการขัด

ภาพที่ 11 ต้นแบบเครื่องขัดลอกเยื่อเม็ดบัวแห้ง

3. ทดสอบประสิทธิภาพ และบันทึกผลการทำงานของเครื่องต้นแบบเครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดบัวแห้ง

ลักษณะการทำงานของเครื่องคือ เม็ดบัวจะถูกป้อนลงในถังบรรจุเม็ดบัว และถูกลำเลียงออกด้วยชุดเกลียวลำเลียงเม็ดที่อยู่ด้านในเครื่องออกมายังชุดกะเทาะเปลือกด้วยลูกกลิ้งขึ้น เม็ดบัวที่ผ่านลูกกลิ้งจะมีลักษณะการแตกร้าวของเปลือกดังแสดงในภาพที่ 12 โดยจะเกิดการกรีดเปลือกด้วยลูกกลิ้งขึ้นลายเกลียวที่ความเร็วในการหมุน 360 รอบต่อนาที โดยจะมีทั้งเม็ดบัวที่กะเทาะได้สมบูรณ์ แตกเสียหาย และไม่ถูกกะเทาะโดยเฉลี่ย 78.2% ,12.6% และ 9.2% ตามลำดับ ความสามารถในการกะเทาะเปลือกเฉลี่ย 2.7 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 2 เม็ดบัวแห้งที่ผ่านการกะเทาะเปลือกดังแสดงในรูปที่ 13

ภาพที่ 12 แสดงลักษณะของเปลือกเม็ดบัวที่ถูกกะเทาะโดยลูกกลิ้ง

ภาพที่ 13 เม็ดบัวแห้งที่ผ่านการกะเทาะมีทั้งเม็ดที่กะเทาะได้สมบูรณ์ เม็ดที่ถูกบีบจนแตกเสียหายและเม็ดที่ไม่ถูกกะเทาะ

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดบัวแห้ง

Sheller speed (rpm.)	*Good kernel (%)*	*Damage kernel (%)*	*Unshelled (%)*	*Average capacity (kg-hr^{-1})*
360	*78.2*	*12.6*	*9.2*	*2.7*

เครื่องแทงดีบัว

ทดสอบการทำงานด้วยความเร็วรอบในการหมุน 3 ระดับ ได้แก่ 4.5 ,5.5 และ 6.5 รอบต่อนาทีซึ่งเป็นความเร็วที่ผู้ปฏิบัติงานสามารถทำการบรรจุเม็ดบัวแห้งได้ทัน พบว่าที่ความเร็วในหารหมุน 4.5 รอบต่อนาที่ มีเม็ดบัวที่เจาะได้สมบูรณ์ 63.5% เจาะไม่ตรงและแตกเสียหาย 36.5% ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 0.71 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความเร็วในหารหมุน 5.5 รอบต่อนาที่ มีเม็ดบัวที่เจาะได้สมบูรณ์ 59.5% เจาะไม่ตรงและแตกเสียหาย 39.5% ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 0.88 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความเร็วในหารหมุน 6.5 รอบต่อนาที่ มีเม็ดบัวที่เจาะได้สมบูรณ์ 69.5% เจาะไม่ตรงและแตกเสียหาย 29.5% ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 1.04 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สาเหตุที่ทำให้เกิดการเจาะไม่ตรงตำแหน่งส่วนหนึ่งเกิดจากการบรรจุเม็ดบัวของผู้ปฏิบัติงานที่วางเม็ดบัวลงในถาดหมุนไม่ตรงกับตำแหน่งการเจาะ เม็ดบัวแห้งที่ผ่านการเจาะได้สมบูรณ์ดังแสดงในภาพที่ 14 ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 3

ภาพที่ 14 เม็ดบัวที่ผ่านการเจาะรู

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบเครื่องแทงดีบัว

Rotating-pan speed (rpm.)	*Completely drilled seed (%)*	*Broken and not drilled (%)*	*Average capacity (kg-hr^{-1})*
4.5	*63.5*	*36.5*	*0.71*
5.5	*59.5*	*39.5*	*0.88*
6.5	*69.5*	*29.5*	*1.04*

เครื่องขัดลอกเยื่อเม็ดบัวแห้ง

ทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบเครื่องขัดลอกเยื่อเม็ดบัวแห้งด้วยกระดาษทรายที่มีความละเอียดต่างกันที่สามารถหาซื้อได้ง่ายในท้องตลาดจพนวน 6 ขนาด คือ 24 ,100 ,180 ,240 ,360 และ 500 (ขนาด 24 คือหยาบ 500 คือละเอียด) ใช้ความเร็วในการทดสอบคือ 436 รอบต่อนาที ซึ่งเป็นความเร็วรอบสูงสุดที่ไม่ทำให้เม็ดบัวกระเด็นออกจากถังบรรจุ ทำการขัดเม็ดบัวแห้งด้วยระยะเวลา 60 นาที พบว่าที่กระดาษทรายความหยาบเบอร์ 24 มีค่าน้ำหนักที่หายไปจากการขัดเฉลี่ย 12.0 เปอร์เซ็นต์ ความหยาบเบอร์ 100 มีค่าน้ำหนักที่หายไปจากการขัดเฉลี่ย 10.8 เปอร์เซ็นต์ ความหยาบเบอร์ 180 มีค่าน้ำหนักที่หายไปจากการขัดเฉลี่ย 24.5 เปอร์เซ็นต์ ความหยาบเบอร์ 240 มีค่าน้ำหนักที่หายไปจากการขัดเฉลี่ย 14.8 เปอร์เซ็นต์ ความหยาบเบอร์ 360 มีค่าน้ำหนักที่หายไปจากการขัดเฉลี่ย 12.1 เปอร์เซ็นต์ ความหยาบเบอร์ 500 มีค่าน้ำหนักที่หายไปจากการขัดเฉลี่ย 10 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 4 และการใช้กระดาษทรายเบอร์ 100 ในการทดสอบทำการขัดจนเยื่อสีน้ำตาลส่วนมากถูกขัดออกไป ใช้ระยะเวลาในการขัดโดยประมาณ 35 นาที ส่วนที่ถูกขัดออกไปคิดเป็นสัดส่วนน้ำหนักเฉลี่ย 7.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าเม็ดบัวมีลักษณะใกล้เคียงกับเม็ดบัวจากประเทศจีนที่มีขายอยู่ในท้องตลาด ดังแสดงในภาพที่ 15

ภาพที่ 15 เม็ดบัวที่ผ่านการขัดลอกเยื่อเปรียบเทียบระหว่างเม็ดบัวจีน (บน) และเม็ดบัวไทย (ล่าง)

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบเครื่องขัดลอกเยื่อเม็ดบัวแห้ง

Roughness of sandpaper (No.)	*Weight per time (%)*													
	0 (min)	*5 (min)*	*10 (min)*	*15 (min)*	*20 (min)*	*25 (min)*	*30 (min)*	*35 (min)*	*40 (min)*	*45 (min)*	*50 (min)*	*55 (min)*	*60 (min)*	*Difference (%)*
#24	*100.0*	*98.1*	*97.5*	*96.7*	*95.9*	*95.0*	*94.4*	*93.4*	*92.5*	*91.3*	*90.3*	*89.2*	*88.0*	*12.0*
#100	*100.0*	*97.3*	*96.3*	*95.6*	*94.6*	*94.2*	*93.4*	*92.5*	*92.3*	*90.5*	*90.1*	*89.7*	*89.2*	*10.8*
#180	*100.0*	*97.0*	*95.5*	*93.4*	*92.0*	*90.4*	*88.8*	*87.1*	*84.8*	*82.0*	*80.1*	*78.6*	*75.5*	*24.5*
#240	*100.0*	*98.6*	*96.5*	*95.9*	*94.8*	*93.6*	*92.5*	*91.6*	*90.1*	*89.0*	*87.8*	*86.1*	*85.2*	*14.8*
#360	*100.0*	*98.3*	*97.1*	*96.2*	*95.4*	*94.5*	*93.6*	*93.1*	*105.8*	*90.2*	*90.2*	*89.3*	*87.9*	*12.1*
#500	*100.0*	*98.9*	*98.0*	*97.4*	*96.6*	*96.0*	*94.9*	*94.0*	*93.7*	*92.6*	*91.7*	*90.9*	*90.0*	*10.0*

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

เครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดบัวแห้งสามารถกะเทาะเปลือกได้เม็ดบัวที่สมบูรณ์เฉลี่ย 78.2 เปอร์เซ็นต์ เม็ดแตกเสียหายเฉลี่ย 12.6 เปอร์เซ็นต์ เม็ดที่แตกเสียหายเกิดจากการถูกเบียดอัดบริเวณเกลียวลำเลียงเม็ดบัวด้านในตัวเครื่อง เม็ดบัวที่ไม่ถูกกะเทาะเฉลี่ย 9.2 เปอร์เซ็นต์ สาเหตุมาจากเม็ดบัวมีขนาดเล็กกว่าระยะกดของลูกกลิ้งตัวบน มีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 2.7 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งสูงกว่าใช้แรงงานคนในการกะเทาะที่ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 0.3 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

เครื่องแทงดีบัวมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 1.04 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่ความเร็วรอบของจานบรรจุเม็ดบัว 6.5 รอบต่อนาที (1.94 เมตรต่อนาที) ซึ่งเป็นความเร็วที่ผู้ปฏิบัติงานสามารถบรรจุเม็ดบัวได้ทัน เม็ดบัวที่ผ่านการเจาะโดยสมบูรณ์เฉลี่ย 69.5 เปอร์เซ็นต์ เม็ดแตกเสียหายและเจาะไม่ตรงตำแหน่งรวมกัน 30.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นผลมาจากการบรรจุเม็ดบัวลงในจานหมุนไม่ตรงตำแหน่ง

เครื่องขัดลอกเยื่อเม็ดบัวแห้ง เลือกใช้กระดาษทรายเบอร์ 100 ในการทดสอบ ทำการขัดจนเยื่อสีน้ำตาลส่วนมากถูกขัดออกไป ที่ความเร็วรอบ 436 รอบต่อนาที (ความเร็วรอบสูงสุดที่ไม่ทำให้เม็ดบัวกระเด็นออกจากถังบรรจุ) ใช้ระยะเวลาในการขัดโดยประมาณ 35 นาที ส่วนที่ถูกขัดออกไปคิดเป็นสัดส่วนน้ำหนักเฉลี่ย 7.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าเม็ดบัวมีลักษณะใกล้เคียงกับเม็ดบัวจากประเทศจีนที่มีขายอยู่ในท้องตลาด

หลังจากเม็ดบัวแห้งผ่านกระบวนการขัดลอกเยื่อจนได้เม็ดบัวแห้งที่มีสีขาวแล้ว ก็จะเข้าสู่ขั้นตอนของการบดให้เป็นแป้งด้วยการใช้เครื่องบดแบบลูกหินที่มีใช้งานอยู่ในกลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว และนำไปผ่านการคัดแยกแป้งด้วยเครื่องคัดแยกด้วยลมซึ่งเป็นงานวิจัยในชุดโครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลแปรรูปในกระบวนการทำแป้งจากธัญพืชและผลผลิตเกษตรระดับกลุ่มเกษตรกรต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2555. สัมมนาวิชาการการพัฒนาบัวให้เป็นพืชเศรษฐกิจ ครั้งที่ 10 “บัวไทย: การอนุรักษ์ความหลากหลาย”. 17-18 สิงหาคม 2556. สวนสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ.

ดารุณี ไพยราช และนิรมล ปัญญ์บุศยกุล. 2552. คุณค่าทางโภชนาการและความเป็นไปได้ของการใช้เป็นส่วนประกอบอาหารของเมล็ดบัวไทย. หน้า 671-679 การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47 สาขาอุตสากรรมเกษตร กรุงเทพ, 2552 (838 หน้า).

ฤดี ธีระวนิช และคณะ, 2550, ศักยภาพการผลิต ต้นทุน และตลาดของผลิตภัณฑ์บัวหลวง. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45. 30 มกคาคม – 2 กุมภาพันธ์ 2550 กรุงเทพฯ.

พุธวงค์ นาทอง และวิไลพร คำงาม. 2551. การออกแบบและพัฒนาเครื่องแกะเม็ดกระเจี๊ยบแดง. หน้า 77 - 83. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี. ปีที่ 6 ฉบับที่ 2 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

สนอง อมฤกษ์ ประพัฒน์ ทองจันทร์ และวุฒิพล จันทร์สระคู. 2555, การพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียโดยใช้กลไกกระแทกสำหรับการใช้งานของเกษตรกร. การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13. 4-5 เมษายน 2555. จังหวัดเชียงใหม่.

อนุชา ทองประสม ธนัญญา เสืออุดม และอัครินทร์ ว่องสิทธิโรจน์. 2553. การออกแบบและพัฒนาเครื่องแทงดีบัว. การประชุมทางวิชาการโครงงานวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 16. 29 มกราคม 2553. จังหวัดขอนแก่น.

เอกณรงค์ สาตี กิตติ คำพวง และสรรพสิทธิ์ บุญคำ. 2556, การออกแบบและพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้ง. การประชุมทางวิชาการโครงงานวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 19. 8 กุมภาพันธ์ 2556. จังหวัดชุมพร.

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเครื่องจักรในกระบวนการทำแป้งจากเม็ดบัว

ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) เครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดบัวแห้ง

- ค่าเสื่อมราคาเครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดบัว

มูลค่าเครื่องกะเทาะเปลือกฯ (P)	25,000	บาท
อายุการใช้งาน (N)	10	ปี
มูลค่าเครื่องเมื่อหมดอายุการใช้งาน (L)	0	บาท
ต้นทุนค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรง		
ต้นทุนค่าเสื่อมราคาของเครื่องฯ	= (P-L)/N	
	= (25,000 – 0)/10	บาท/ปี
	= 2,500	บาท/ปี
-ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน ดอกเบี้ย 10% (i)		
ต้นทุนค่าเสียโอกาสเงินทุน	= [(P+L)/2] × i	
	= [(25,000+0)/2] × 0.1	บาท/ปี
	= 1,250	บาท/ปี
ดังนั้นต้นทุนคงที่รวม	= 2,500+1,250	บาท/ปี
	= 3,750	บาท/ปี

ต้นทุนผันแปร (Variable Cost)

-ค่าจ้างแรงงาน

แรงงาน 1 คน 300 บาท/คน เวลา 180 วัน

ต้นทุนค่าแรงงาน	= 1×300×180	บาท/ปี
	= 54,000	บาท/ปี
-ค่าน้ำ	ไม่มีค่าใช้จ่าย	

-ค่าไฟฟ้า

พลังงานไฟฟ้าขณะทำงาน 1.1 kW-h

คิดค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3.5 บาท

ต้นทุนค่าไฟฟ้า	= 1.1×5x180×3.5	บาท/ปี
	= 3,465	บาท/ปี
-ค่าซ่อมบำรุง		
คิดคงที่เท่ากับร้อยละ 5	= 0.05 × 25,000	บาท/ปี
	= 1,250	บาท/ปี
-ต้นทุนผันแปรรวม	= 58,715	บาท/ปี
-ต้นทุนรวมทั้งหมด	= 3,750 + 58,715	บาท/ปี
	= 62,465	บาท/ปี
ระยะเวลา 1 ปีใช้ปริมาณเม็ดบัว	= 2.7 × 5 × 180	กิโลกรัม/ปี
	= 2,430	กิโลกรัม/ปี
-ต้นทุนค่าใช้จ่าย	= 62,465/2,430	กิโลกรัม/ปี
	= 25.7	บาท/กิโลกรัม

<u>การคำนวณจุดคุ้มทุน</u>

ราคาค่าจ้างในกะเทาะเปลือก	= 100	บาท/กิโลกรัม
ต้นทุนค่าใช้จ่าย	= 25.7	บาท/กิโลกรัม
มูลค่าเพิ่ม	= 74.3	บาท/กิโลกรัม
ปริมาณเม็ดบัว	= 2,430	กิโลกรัม/ปี
จุดคุ้มทุนของการใช้เครื่อง	รายรับ = ต้นทุนค่าใช้จ่าย	
ดังนั้น	100×N = 25.7×2,430	
โดยที่ N คือปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุน	= 624.51	กิโลกรัม/ปี
มูลค่าเพิ่มในการทำงานของเครื่องฯ	= (2,430–624.51) ×74.3	บาท/ปี
	= 134,147.9	บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน = ราคาเครื่อง/มูลค่าเพิ่ม	= 25,000/134,147.9	ปี
	= 0.18 (2.2 เดือน)	ปี
อัตราผลตอบแทนเงินทุน	= (มูลค่าเพิ่มสุทธิ/มูลค่าเครื่อง)×100 %	
	= (134,147.9/25,000) ×100	%
	= 536	%/ปี

ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) เครื่องแทงดีบัวแห้ง

- ค่าเสื่อมราคาเครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดบัว

มูลค่าเครื่องกะเทาะเปลือกฯ (P)	23,000	บาท
อายุการใช้งาน (N)	10	ปี
มูลค่าเครื่องเมื่อหมดอายุการใช้งาน (L)	0	บาท
ต้นทุนค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรง		
ต้นทุนค่าเสื่อมราคาของเครื่องฯ	= (P-L)/N	
	= (23,000 – 0)/10	บาท/ปี
	= 2,300	บาท/ปี
-ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน ดอกเบี้ย 10% (i)		
ต้นทุนค่าเสียโอกาสเงินทุน	= [(P+L)/2] × i	
	= [(23,000+0)/2] × 0.1	บาท/ปี
	= 1,150	บาท/ปี
ดังนั้นต้นทุนคงที่รวม	= 2,300+1,150	บาท/ปี
	= 3,450	บาท/ปี

ต้นทุนผันแปร (Variable Cost)

-ค่าจ้างแรงงาน

แรงงาน 1 คน 300 บาท/คน เวลา 180 วัน

ต้นทุนค่าแรงงาน	= 1×300×180	บาท/ปี
	= 54,000	บาท/ปี
-ค่าน้ำ	ไม่มีค่าใช้จ่าย	
-ค่าไฟฟ้า		
พลังงานไฟฟ้าขณะทำงาน 0.08 kW-h		
คิดค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3.5 บาท		
ต้นทุนค่าไฟฟ้า	= 0.08×5x180×3.5	บาท/ปี
	= 252	บาท/ปี

-ค่าซ่อมบำรุง

คิดคงที่เท่ากับร้อยละ 5	= 0.05 × 23,000	บาท/ปี
	= 1,150	บาท/ปี
-ต้นทุนผันแปรรวม	= 55,402	บาท/ปี
-ต้นทุนรวมทั้งหมด	= 3,450 + 55,402	บาท/ปี
	= 58,852	บาท/ปี
ระยะเวลา 1 ปีมีปริมาณเม็ดบัว	= 1.04 × 5 × 180	กิโลกรัม/ปี
	= 936	กิโลกรัม/ปี
-ต้นทุนค่าใช้จ่าย	= 58,852/936	กิโลกรัม/ปี
	= 62.87	บาท/กิโลกรัม

<u>การคำนวณจุดคุ้มทุน</u>

ราคาค่าจ้างในแทงดีบัว	= 100	บาท/กิโลกรัม
ต้นทุนค่าใช้จ่าย	= 62.87	บาท/กิโลกรัม
มูลค่าเพิ่ม	= 37.13	บาท/กิโลกรัม
ปริมาณเม็ดบัวแห้ง	= 936	กิโลกรัม/ปี
จุดคุ้มทุนของการใช้เครื่อง	รายรับ = ต้นทุนค่าใช้จ่าย	
ดังนั้น	100×N = 62.87×936	
โดยที่ N คือปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุน	= 588.46	กิโลกรัม/ปี
มูลค่าเพิ่มในการทำงานของเครื่องฯ	= (936–588.46) × 37.13	บาท/ปี
	= 12,904.16	บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน = ราคาเครื่อง/มูลค่าเพิ่ม	= 23,000/12,904.16	ปี
	= 1.78 (21.4 เดือน)	ปี
อัตราผลตอบแทนเงินทุน	= (มูลค่าเพิ่มสุทธิ/มูลค่าเครื่อง)×100 %	
	= (12,904.16/23,000) ×100	%
	= 56.1	%/ปี

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยของแผนงานวิจัย

แผนงานวิจัยและพัฒนาวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลแปรรูปในกระบวนการทำแป้งจากธัญพืชและผลผลิตเกษตรระดับกลุ่มเกษตรกรมีระยะเวลาดำเนินการ 3 ปี เริ่มต้นปี 2559 สิ้นสุดปี 2561 ประกอบไปด้วยดครงการวิจัยภายใต้แผนงานทั้งสิ้น 3 โครงการคือ วิจัยและพัฒนาเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลม วิจัยและพัฒนาเครื่องแยกเปลือกจากถั่วเขียวซีกแช่น้ำ และวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรในกระบวนการทำแป้งจากเม็ดบัว จากผลการดำเนินได้เครื่องจักรกลแปรรูปต้นแบบในกระบวนการทำแป้งจากธัญพืช และผลการทดสอบดังนี้

เครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลมที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก ชุดคัดแป้ง ชุดพัดลม ไซโคลนดักเก็บแป้งละเอียด ถาดรองรับแป้งหยาบ และชุดควบคุมความเร็วรอบของพัดลม ผลการทดสอบที่ความเร็วลม 1.5 , 2.0, 2.5 และ 3.0 เมตร/วินาที ในการคัดขนาดแป้งถั่วเขียว และแป้งบัวหลวง ที่ความสามารถในการทำงานเครื่อง 150 กิโลกรัม/ชั่วโมง พบว่าความเร็วลม 2.5 เมตร/วินาที ให้ผลการทดสอบดีที่สุด ผลการคัดขนาดแป้งถั่วเขียว ที่ความชื้น 9% เครื่องมีประสิทธิภาพการคัดเฉลี่ย 84.04 % สูญเสียออกช่องระบายลมสะอาด 0.94% สุ่มก่อนคัดมีแป้งหยาบปนเฉลี่ย 11.30% หลังคัดมีแป้งหยาบปนเฉลี่ย 1.30% และการคัดขนาดแป้งบัวหลวงที่ความชื้น 8.5% เครื่องมีประสิทธิภาพการคัดเฉลี่ย 83.94 % สูญเสียออกช่องระบายลมสะอาด 1.03% สุ่มก่อนคัดมีแป้งหยาบปนเฉลี่ย 13.32% หลังคัดมีแป้งหยาบปนเฉลี่ย 1.31% ซึ่งการปนของแป้งหยาบ (ขนาดมากกว่า 180 ไมครอน) ในแป้งละเอียดที่คัดได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของ มอก. แป้งธัญพืช คือ ไม่เกิน 2.5 % (สัดส่วนโดยน้ำหนัก)

เครื่องแยกเปลือกจากถั่วเขียวซีกแช่น้ำประกอบด้วย 2 ส่วนหลักคือ ส่วนชุดขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกแช่น้ำ ใช้วิธีการขัดเปลือกถั่วเขียวผ่าซีกในเสื้อทรงกระบอก โดยใช้ต้นกำลังเป็นมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด ½ แรงม้า และส่วนของชุดลอยแยกเปลือก ซึ่งพบว่า การลอยแยกเปลือก แบบสวนทิศทางกระแสน้ำให้ผลการทดสอบที่ดี จากการทดสอบเครื่องต้นแบบ พบว่า มีความสามารถในการทำงาน 30 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยถั่วเขียวที่ได้มีการแตกหักเพิ่ม 2.11 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วรอบในการขัด 500 รอบต่อนาที มีเปลือกเจือปนในถุงเก็บเนื้อถั่วเขียว 1.33 เปอร์เซ็นต์

เครื่องจักรในกระบวนการทำแป้งจากเม็ดประกอบไปด้วย 3 เครื่องต้นแบบได้แก่ เครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดบัวแห้ง เครื่องแทงดีเม็ดบัวแห้ง และเครื่องขัดลอกเยื่อเม็ดบัวแห้ง โดยเครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดบัวแห้งต้นแบบ ใช้ลูกกลิ้งขึ้นลายแบบเกลียวสำหรับปอกเปลือกจำนวน 2 ลูก และมีลูกกลิ้งขนาดเล็กสำหรับกดเม็ดบัวอีก 1 ลูก เม็ดบัวแห้งเคลื่อนที่เข้าหาชุดลูกกลิ้งด้วยเกลียวลำเลียง สามารถกะเทาะเปลือกได้เม็ดบัวที่สมบูรณ์เฉลี่ย 78.2 เปอร์เซ็นต์ เม็ดแตกเสียหายเฉลี่ย 12.6 เปอร์เซ็นต์ และเม็ดบัวที่ไม่ถูกกะเทาะเฉลี่ย 9.2 เปอร์เซ็นต์ เครื่องแทงดีบัวแห้ง มีหลักการทำงานด้วยการเจาะรูที่บริเวณขั้วของเม็ดบัวแห้งด้วยดอกสว่านขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 มิลลิเมตร เม็ดบัวแห้งหลังผ่านการกเทาะเปลือกถูกบรรจุลงในถาดเจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 95 มิลิเมตร ที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ที่ความเร็ว 6.5 รอบต่อนาที (1.94 เมตรต่อนาที) มีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 1.04 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เม็ดบัวที่ผ่านการเจาะโดยสมบูรณ์เฉลี่ย 69.5 เปอร์เซ็นต์ เม็ดแตกเสียหาย และเจาะไม่ตรงตำแหน่งรวมกัน 30.5 เปอร์เซ็นต์ เครื่องขัดลอกเยื่อเม็ดบัวแห้งที่ผ่านการกะเทาะเปลือกและแทงดีบัวออกแล้วมีส่วนประกอบของถังบรรจุเม็ดบัวที่ติดกระดาษทรายไว้บริเวณผนัง และมีชุดจานหมุนบริเวณด้านล่างทำหน้าที่หมุนให้เม็ดบัวเคลื่อนที่ โดยอาศัยหลักการของ

แรงเสียดทานระหว่างเม็ดบัว และผนังทำให้เกิดการขัดผิวของเม็ดบัว เลือกใช้กระดาษทรายเบอร์ 100 ใช้เวลาในการขัดเฉลี่ย 35 นาที ส่วนที่ถูกขัดออกไปคิดเป็นสัดส่วนน้ำหนักเฉลี่ย 7.5 เปอร์เซ็นต์

จากผลการวิจัยเครื่องต้นแบบข้างต้น เป็นการวิจัยในส่วนของขั้นตอนในการแปรรูปตั้งแต่การเตรียมวัตถุดิบไปจนถึงการคัดคุณภาพ เพื่อแก้ปัญหาการล้นตลาดของผลิตผลทางการเกษตรแบบสด ซึ่งช่วยยกระดับราคาผลิตผลไม่ให้ตกต่ำ การเพิ่มมูลค่าของผลิตผลทางการเกษตรโดยการแปรรูปเป็นแป้งที่สามารถเก็บรักษาได้นานและมีมูลค่าสูงขึ้น เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ในชุมชนเช่น แป้งถั่วเขียว แป้งบัวหลวง เป็นต้น

ข้อเสนอแนะ

จากการทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบ พบว่าเครื่องคัดขนาดแป้งโดยใช้ลมมีประสิทธิภาพในการทำงานเฉลี่ย 84 % และยังมีข้อบกพร่องในเรื่องการสูญเสียแป้งที่ออกไปทางช่องระบายลมสะอาดของไซโคลนที่ยังต้องมีการปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น เครื่องแยกเปลือกจากถั่วเขียวซีกแช่น้ำ ผลการทดสอบพบว่าสามารถทำงานได้ดี โดยใช้อัตราการไหลน้ำที่ 30 ลิตรต่อนาที จะให้ผลการทดสอบที่ดีที่สุดโดยมีเปลือกถั่วเขียวปะปนเพียง 1.39 เปอร์เซนต์ สูญเสียเนื้อถั่วเขียวเพียง 1.52 เปอร์เซนต์ อย่างไรก็ตามต้นแบบที่จัดสร้างขึ้นยังควรที่จะพัฒนาให้ดีขึ้นในหลาย ๆ ด้าน โดยเฉพาะเรื่องความสามารถในการลอยแยกเปลือกให้สูงขึ้นอีก และความสะดวกในการใช้งานให้ใช้งานง่ายขึ้น เครื่องจักรในกระบวนการทำแป้งจากเม็ดบัว ประกอบไปด้วย 3 เครื่องต้นแบบคือ เครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดบัวแห้ง ที่สามารถกะเทาะเปลือกได้เม็ดบัวที่สมบูรณ์เฉลี่ย 78.2 เปอร์เซ็นต์ เม็ดแตกเสียหายเฉลี่ย 12.6 เปอร์เซ็นต์ เม็ดที่แตกเสียหายเกิดจากการถูกเบียดอัดบริเวณเกลียวลำเลียงเม็ดบัวด้านในตัวเครื่อง เม็ดบัวที่ไม่ถูกกะเทาะเฉลี่ย 9.2 เปอร์เซ็นต์ สาเหตุมาจากเม็ดบัวมีขนาดเล็กกว่าระยะกดของลูกกลิ้งตัวบน จึงควรมีการพัฒนาระบบการคัดขนาดของเม็ดบัวก่อนเข้าเครื่องกะเทาะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้ เครื่องแทงดีบัวมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 1.04 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่ความเร็วรอบของจานบรรจุเม็ดบัว 6.5 รอบต่อนาที (1.94 เมตรต่อนาที) ซึ่งเป็นความเร็วที่ผู้ปฏิบัติงานสามารถบรรจุเม็ดบัวได้ทัน เม็ดบัวที่ผ่านการเจาะโดยสมบูรณ์เฉลี่ย 69.5 เปอร์เซ็นต์ เม็ดแตกเสียหายและเจาะไม่ตรงตำแหน่งรวมกัน 30.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นผลมาจากการบรรจุเม็ดบัวลงในจานหมุนไม่ตรงตำแหน่งของผู้ปฏิบัติงาน จึงต้องมีการปรับปรุงช่องบรรจุเม็ดบัวและกลไกการจับเม็ดบัวให้อยู่ในตำแหน่ง เครื่องขัดลอกเยื่อเม็ดบัวแห้ง เลือกใช้กระดาษทรายในการทดสอบ พบปัญหาอายุการใช้งานของกระดาษทราย จึงควรมีการปรับเปลี่ยนการใช้วัสดุชนิดอื่นที่มีพื้นผิวขรุขระมาทดแทน

เครื่องจักรกลแปรรูปในกระบวนการทำแป้งจากธัญพืชและผลผลิตเกษตรในแผนงานวิจัยนี้ยังอยู่ในระยะเริ่มต้นของการพัฒนาเพื่อให้ได้เครื่องจักรที่เหมาะสมกับการใช้งาน ซึ่งมีความเป็นไปได้ในการใช้งาน แต่ยังต้องมีการพัฒนา ปรับปรุง แก้ไขข้อบกพร่อง เพื่อให้มีประสิทธิภาพการทำงาน ที่ดียิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

บทที่ 1

เชียวเฮงฮวด. 2557. เครื่องร่อนแป้งแบบตะแกรงโยก. เชียวเฮงฮวด. แหล่งที่มา : http://shh-foodmac.weloveshopping.com/store/index.php/product?ps=5 (สืบค้นเมื่อวันที่ 16 พ.ค. 2557)

บริษัท เอ็ม.เค. ยูนิกรุ๊ป คอร์ปอเรชั่น จำกัด. 2557. เครื่องร่อนแป้งแบบสั่น. บริษัท เอ็ม.เค. ยูนิกรุ๊ป คอร์ปอเรชั่น จำกัด. แหล่งที่มา : http://www.mkunigroup.com/product_detail.php?product_id=402 (สืบค้นเมื่อวันที่ 16 พ.ค. 2557)

GEA Nu-Con Ltd. 2557. เครื่องร่อนแป้งแบบโรตารี่. GEA Nu-Con Ltd. แหล่งที่มา : http://www.nu con.com/nu-con/cmsdoc.nsf/webdoc/webb8nftmk (สืบค้นเมื่อวันที่ 16 พ.ค. 2557)

N.N.Zoubov Engineers SMCE. 2557. Whirlwind air classifier. N.N.Zoubov Engineers SMCE. แหล่งที่มา : http://www.airclassifier.com/how_works_air_classifiers_air_classification.html (สืบค้นเมื่อวันที่ 16 พ.ค. 2557)

บทที่ 2

นิรนาม. ม.ป.ป. **แผ่นพับ การผลิตวุ้นเส้นและการเพาะถั่วงอก.** ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรที่ 5 กรมวิชาการเกษตร.

นิรนาม. ม.ป.ป. แผ่นพับ ถั่วเขียวแปรรูป. ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรที่ 5 กรมวิชาการเกษตร.

สมจินตนา ทุมแสน และอิสระ พุทธสิมมา. 2549. ถั่วเขียว. ระบบฐานข้อมูลงานวิจัยด้านพืชไร่ ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรที่ 3 กรมวิชาการเกษตร. แหล่งที่มา : http://oard3.doa.go.th/agriculture/ (สืบค้นเมื่อวันที่ 16 พ.ค. 2557).

สิริชัย ส่งเสริมพงศ์ ศรีวัย สิงหะคเชนทร์ ยงยุทธ คงซ่าน และสุภัทร หนูสวัสดิ์. 2535. การผลิตโปรตีนจากถั่วเขียวและซีอิ้วหมักจากโปรตีนถั่วเขียว. หน้า 403-411. ใน รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 30. 29 มกราคม - 1 กุมภาพันธ์ 2535. กรุงเทพฯ. 858 หน้า.

สิริชัย ส่งเสริมพงศ์ ศรีวัย สิงหะคเชนทร์ ยงยุทธ คงซ่าน และสุภัทร หนูสวัสดิ์. 2537. เครื่องมือแปรรูปถั่วเขียว. หน้า 186-207. การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน สถาบันวิจัยและพัฒนา นครปฐม. 271 หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2555. ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2555. เอกสารสถิติการเกษตรเลขที่ 401. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

อรอนงค นัยวิกุล และ ลินดา พงศผาสุก. 2537. อาหารเช้าจากธัญชาติ. อุตสาหกรรมเกษตร. 5 (3): 5-14.

เอื้อย สิงหกุล ไมตรี ทองสว่าง และศรีวัย สิงหะคเชนทร์. 2531. การผลิตวุ้นเส้นจากถั่วเขียวระดับหมู่บ้าน. หน้า 324-331. *ใน* **รายงานผลการสัมมนาเชิงปฏิบัติการเรื่อง งานวิจัยถั่วเขียว ครั้งที่ 3.** กรมวิชาการเกษตร สถาบันวิจัยพืชไร่ ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท.

บทที่ 3

กรมวิชาการเกษตร. 2555. สัมมนาวิชาการการพัฒนาบัวให้เป็นพืชเศรษฐกิจ ครั้งที่ 10 “บัวไทย: การอนุรักษ์ความหลากหลาย”. 17-18 สิงหาคม 2556. สวนสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ.

ดารุณี ไพยราช และนิรมล ปัญญ์บุศยกุล. 2552. คุณค่าทางโภชนาการและความเป็นไปได้ของการใช้เป็นส่วนประกอบอาหารของเมล็ดบัวไทย. หน้า 671-679 การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47 สาขาอุตสากรรมเกษตร กรุงเทพ, 2552 (838 หน้า).

ฤดี ธีระวนิช และคณะ, 2550, ศักยภาพการผลิต ต้นทุน และตลาดของผลิตภัณฑ์บัวหลวง. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45. 30 มกคาคม – 2 กุมภาพันธ์ 2550 กรุงเทพฯ.

พุธวงค์ นาทอง และวิไลพร คำงาม. 2551. การออกแบบและพัฒนาเครื่องแกะเม็ดกระเจี๊ยบแดง. หน้า 77 - 83. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี. ปีที่ 6 ฉบับที่ 2 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

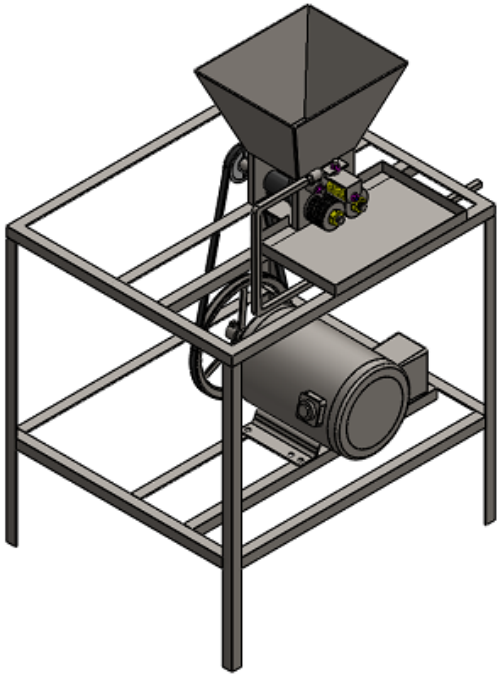
สนอง อมฤกษ์ ประพัฒน์ ทองจันทร์ และวุฒิพล จันทร์สระคู. 2555, การพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียโดยใช้กลไกกระแทกสำหรับการใช้งานของเกษตรกร. การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13. 4-5 เมษายน 2555. จังหวัดเชียงใหม่.

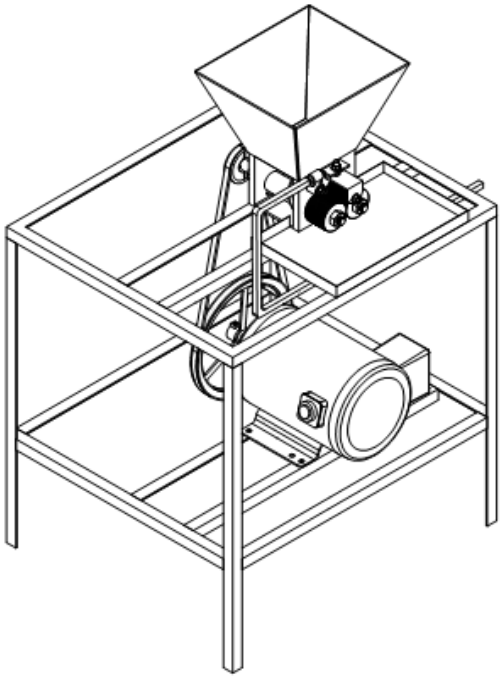
อนุชา ทองประสม ธนัญญา เสืออุดม และอัครินทร์ ว่องสิทธิโรจน์. 2553. การออกแบบและพัฒนาเครื่องแทงดีบัว. การประชุมทางวิชาการโครงงานวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 16. 29 มกราคม 2553. จังหวัดขอนแก่น.

เอกณรงค์ สาตี กิตติ คำพวง และสรรพสิทธิ์ บุญคำ. 2556, การออกแบบและพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้ง. การประชุมทางวิชาการโครงงานวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 19. 8 กุมภาพันธ์ 2556. จังหวัดชุมพร.

ภาคผนวก

แบบทางวิศวกรรม เครื่องจักรในกระบวนการทำแป้งจากเม็ดบัว

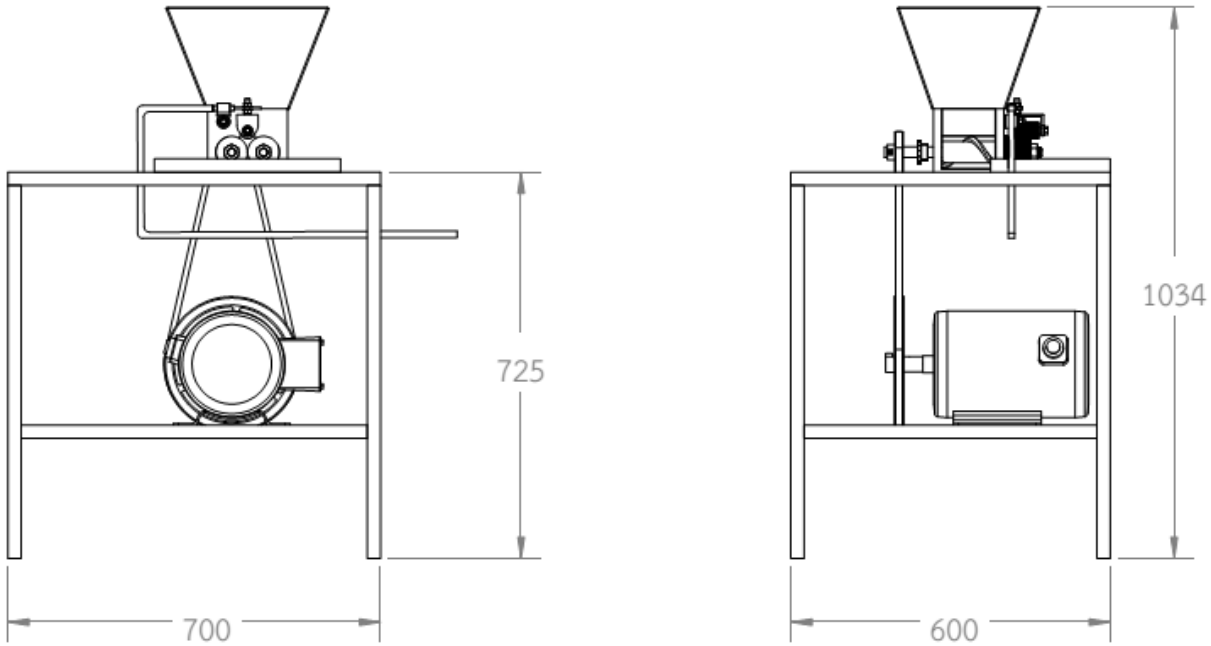




ISO

	วันที่	ชื่อ - นามสกุล	กลุ่มงานวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โทร. 025290663 โทรสาร 02-5290664
เขียน	6 ธันวาคม 2561	อลงกต เทพวงศ์	
ตรวจ	7 มกราคม 2562	จิรวัสส์ เจียตระกูล	
แบบ			

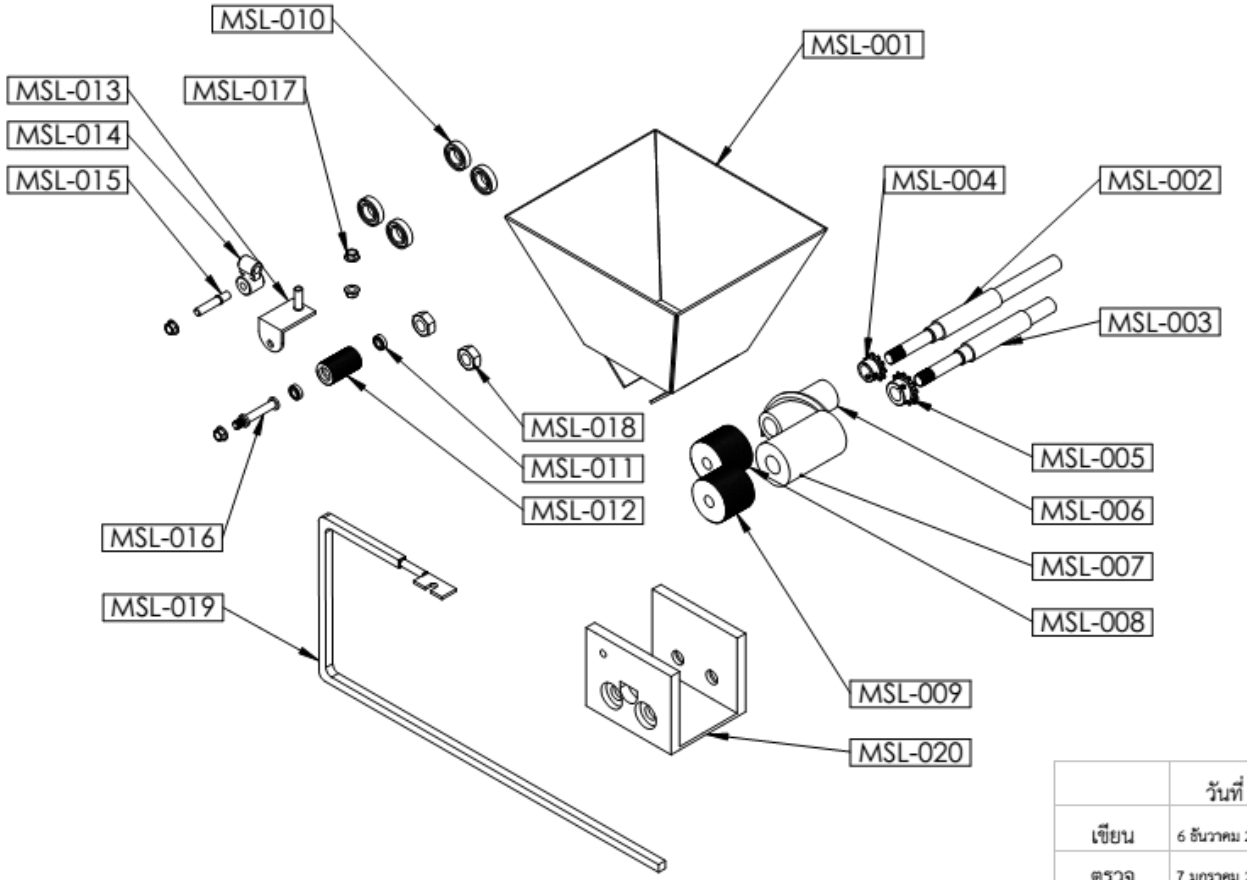
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน	หมายเลขแบบ
1 : 50 มม.	เครื่องกระเทาะเปลือกเม็ดบัวแห้ง	LSM-01



Dimension

	วันที่	ชื่อ - นามสกุล	กลุ่มงานวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โทร. 025290663 โทรสาร 02-5290664
เขียน	6 ธันวาคม 2561	อลงกต เทพวงศ์	
ตรวจ	7 มกราคม 2562	จิรวัสส์ เจียตระกูล	
แบบ			

มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน	หมายเลขแบบ
1 : 50 มม.	เครื่องกระเทาะเปลือกเม็ดบัวแห้ง	LSM-02

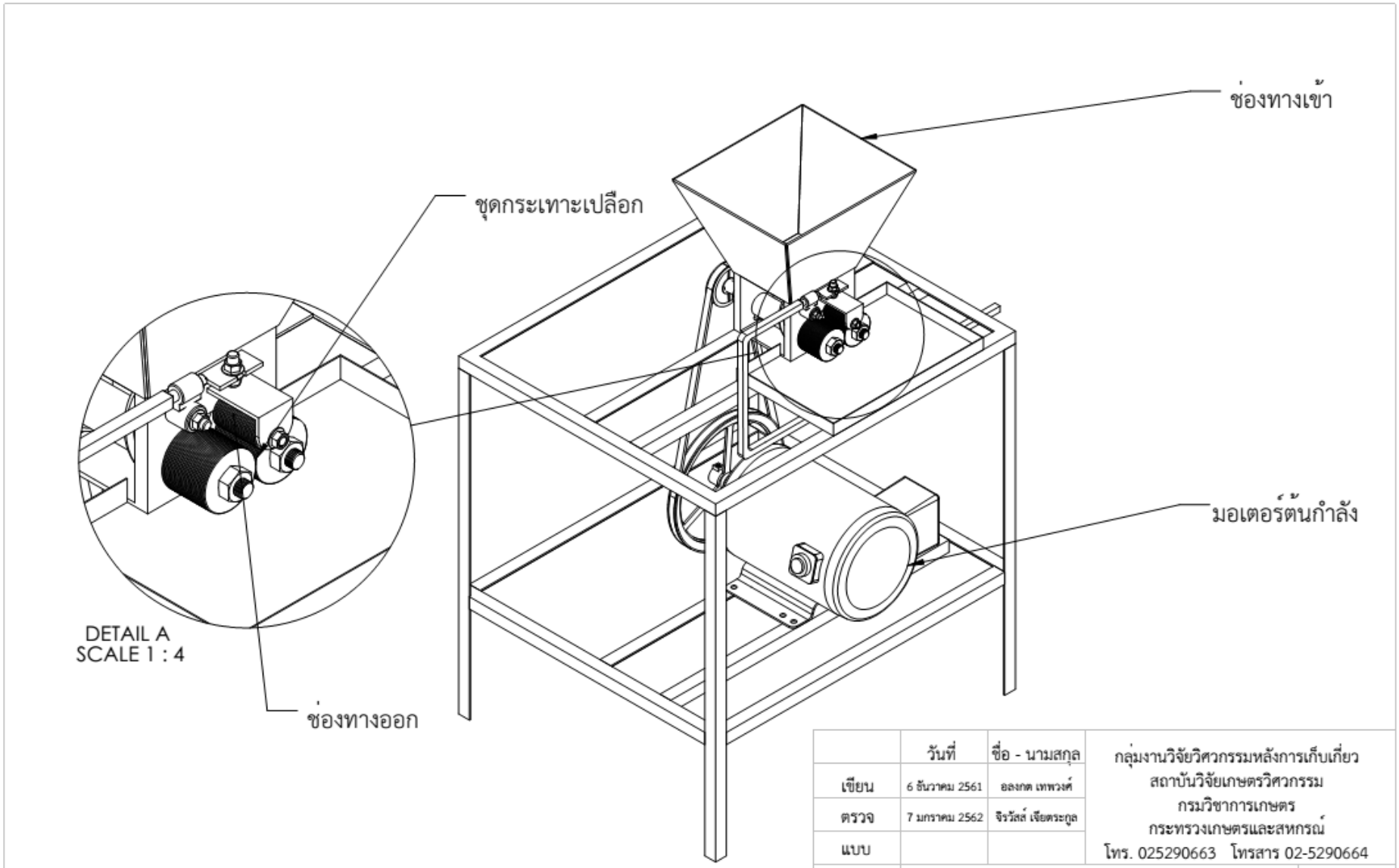


Part List

Part No.	Q'ty	Name
MSL-001	1	โฮปเปอร์
MSL-002	1	เพลาขับ
MSL-003	1	เพลาตาม
MSL-004	1	เฟือง11ฟัน
MSL-005	1	เฟือง13ฟัน
MSL-006	1	สกูรลำเลียง
MSL-007	1	บรูช
MSL-008	1	ลูกกลิ้งเกลียวซ้าย
MSL-009	1	ลูกกลิ้งเกลียวขวา
MSL-010	4	ตลับลูกปืนเพลาขับ
MSL-011	2	ตลับลูกปืนลูกกลิ้ง
MSL-012	1	ลูกกลิ้ง
MSL-013	1	ตัวยึดลูกกลิ้ง
MSL-014	1	บรูชตัวยึดลูกกลิ้ง
MSL-015	1	สตัท
MSL-016	1	สตัท
MSL-017	4	น๊อตตัวเมีย m6
MSL-018	2	น๊อตตัวเมีย m20
MSL-019	1	เสื้อชุดกระเทาะ
MSL-020	1	ขากดลูกกลิ้ง

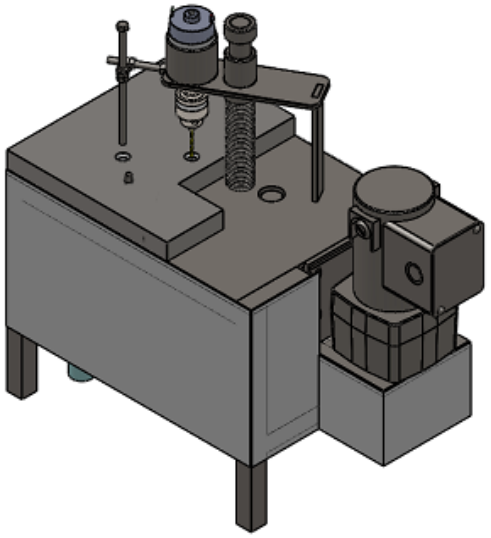
	วันที่	ชื่อ - นามสกุล	กลุ่มงานวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โทร. 025290663 โทรสาร 02-5290664
เขียน	6 ธันวาคม 2561	อลงกต เทพวงศ์	
ตรวจ	7 มกราคม 2562	จิรวัสส์ เจียตระกูล	
แบบ			

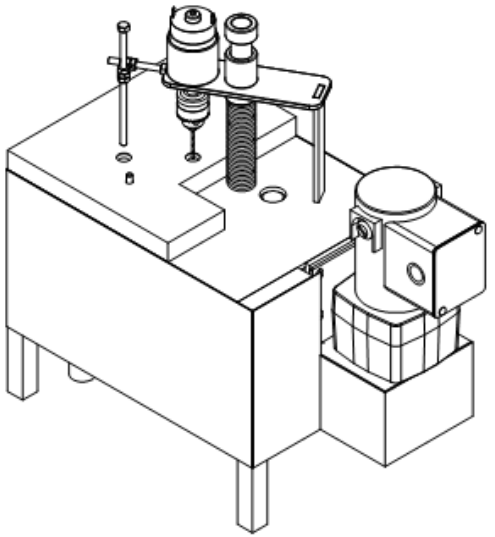
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน	หมายเลขแบบ
1 : 50 มม.	เครื่องกระเทาะเปลือกเม็ดบัวแห้ง	LSM-03



	วันที่	ชื่อ - นามสกุล	กลุ่มงานวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โทร. 025290663 โทรสาร 02-5290664
เขียน	6 ธันวาคม 2561	ออลกต เทพวงศ์	
ตรวจ	7 มกราคม 2562	จิรวัสส์ เจียตระกูล	
แบบ			

มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน	หมายเลขแบบ
1 : 50 มม.	เครื่องกระเทาะเปลือกเม็ดบัวแห้ง	LSM-04

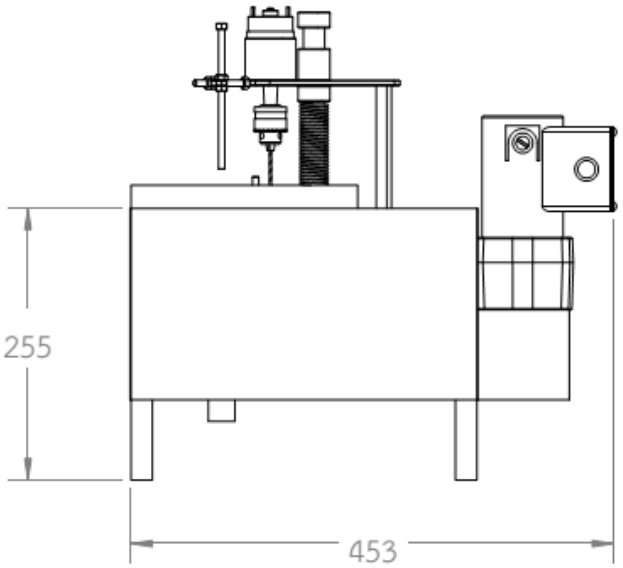


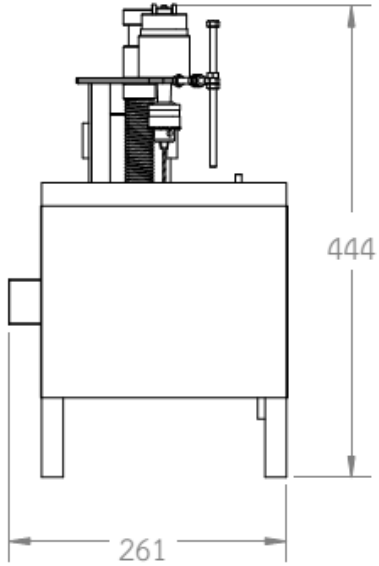


ISO

	วันที่	ชื่อ - นามสกุล	กลุ่มงานวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โทร. 025290663 โทรสาร 02-5290664
เขียน	6 ธันวาคม 2561	อลงกต เทพวงศ์	
ตรวจ	7 มกราคม 2562	จิรวัสส์ เจียตระกูล	
แบบ			

มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน	หมายเลขแบบ
1 : 50 มม.	เครื่องแทงดีบัวแห้ง	DR-01

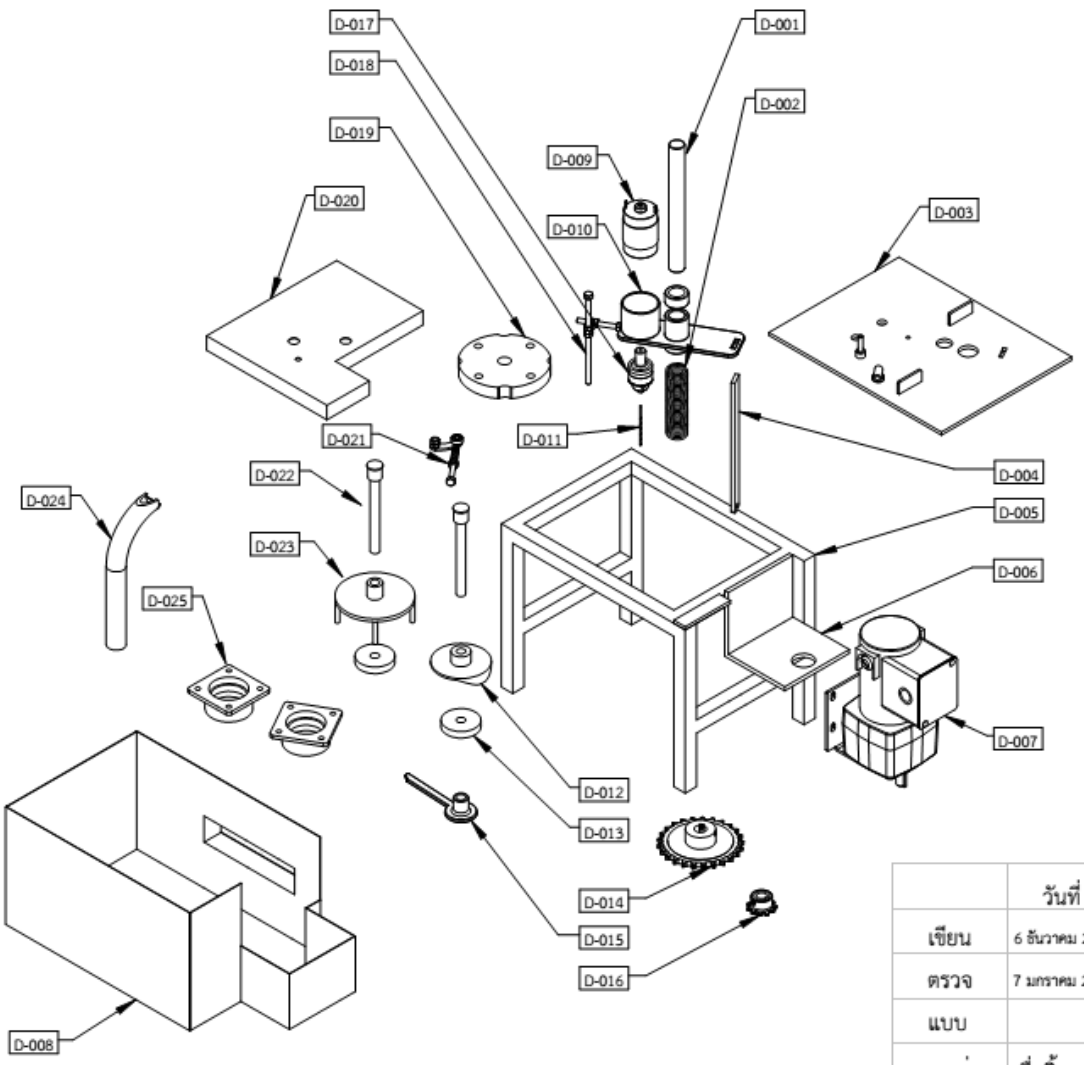




Dimension

	วันที่	ชื่อ - นามสกุล	กลุ่มงานวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โทร. 025290663 โทรสาร 02-5290664
เขียน	6 ธันวาคม 2561	อลงกต เทพวงศ์	
ตรวจ	7 มกราคม 2562	จิรวัสส์ เจียตระกูล	
แบบ			

มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน	หมายเลขแบบ
1 : 50 มม.	เครื่องแทงดีบัวแห้ง	DR-02

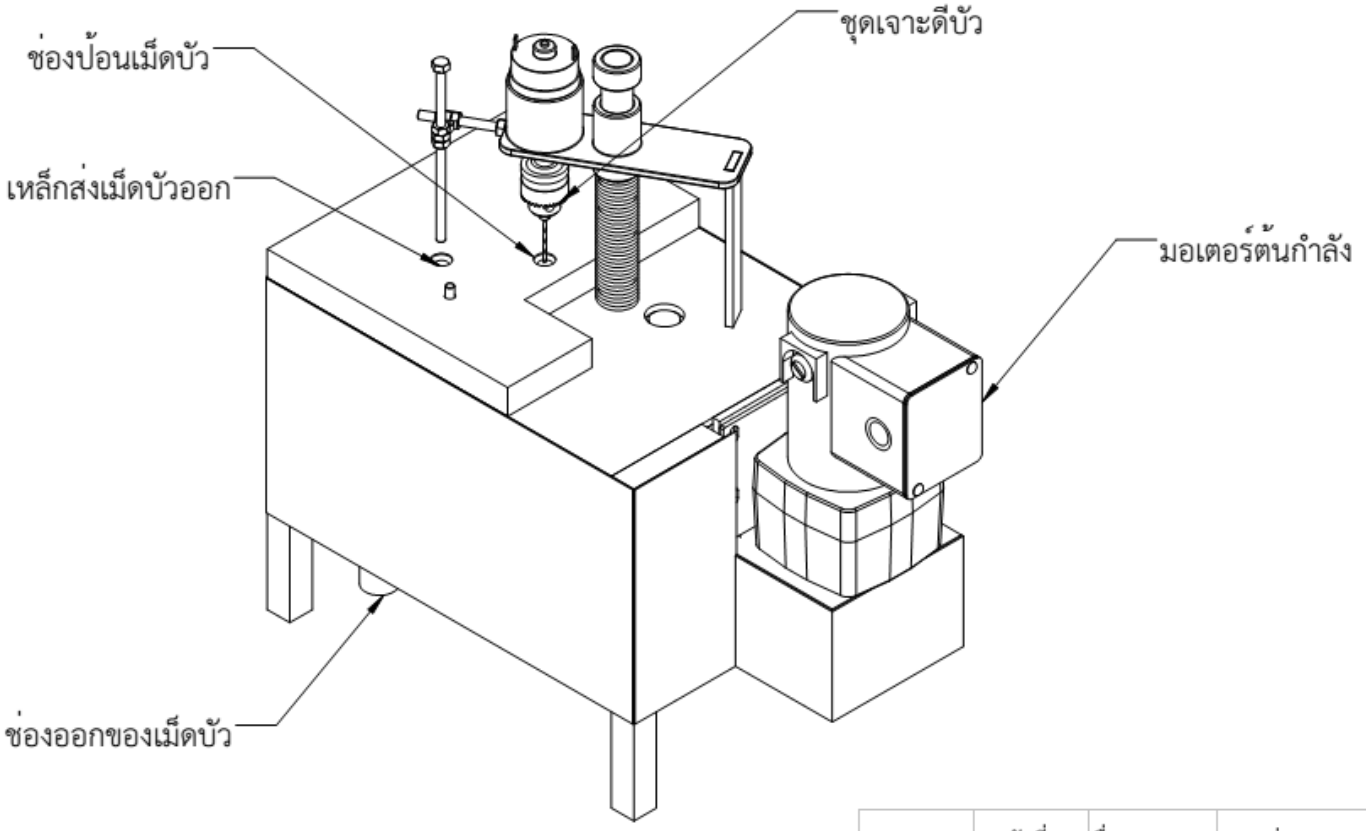


Part List

Part No.	Q'ty	Name
D-001	1	เพลาแกนเสา
D-002	1	สปริง
D-003	1	เพลทบน
D-004	1	เหล็กดึงกลไก
D-005	1	โครงสร้าง
D-006	1	เหล็กรับมอเตอร์
D-007	1	มอเตอร์ส่งกำลัง
D-008	1	เคสเครื่อง
D-009	1	มอเตอร์เจาะ
D-010	1	ชุดติดตั้งมอเตอร์
D-011	1	ดอกสว่าน
D-012	1	แผ่นลูกเบี้ยว
D-013	2	ตลับลูกปืน
D-014	1	เฟืองขับ 25 ฟัน
D-015	1	ขาตีดกลไก
D-016	1	เฟืองตาม 13 ฟัน
D-017	1	หัวยึดดอกสว่าน
D-018	1	เหล็กส่งเม็ดบัว
D-019	1	จานหมุน
D-020	1	ฝาครอบจานหมุน
D-021	1	ชุดล๊อคจานหมุน
D-022	2	เพลา
D-023	1	กลไกจานหมุน
D-024	1	ท่อลำเลียงเม็ดบัว
D-025	2	เสื้อลูกปืน

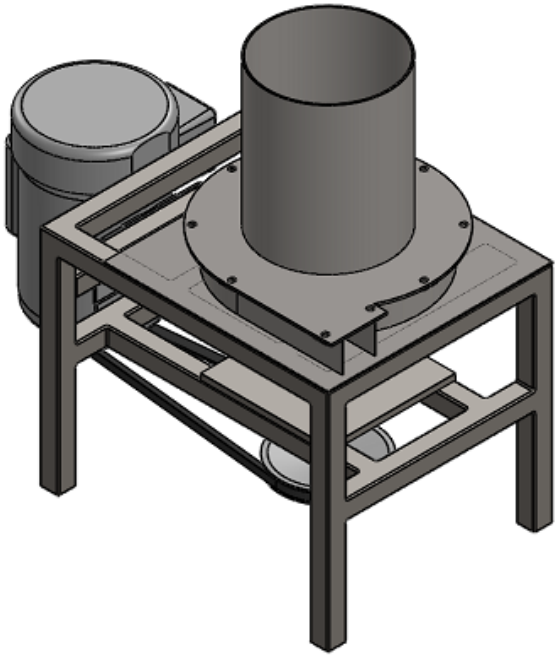
	วันที่	ชื่อ - นามสกุล	กลุ่มงานวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โทร. 025290663 โทรสาร 02-5290664
เขียน	6 ธันวาคม 2561	ธลงกต เทพวงศ์	
ตรวจ	7 มกราคม 2562	จิรวัสส์ เจียตระกูล	
แบบ			

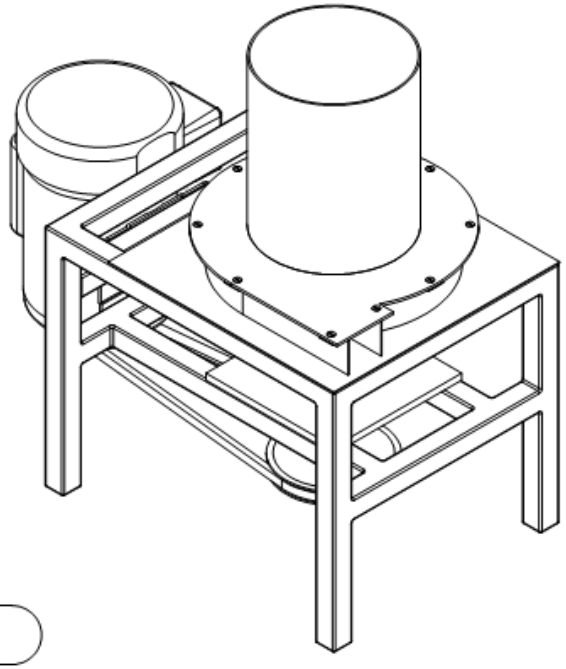
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน	หมายเลขแบบ
1 : 50 มม.	เครื่องแทงดีบัวแห้ง	DR-03



	วันที่	ชื่อ - นามสกุล	กลุ่มงานวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โทร. 025290663 โทรสาร 02-5290664
เขียน	6 ธันวาคม 2561	ออลกต เทพวงศ์	
ตรวจ	7 มกราคม 2562	จิรวัสส์ เจียตระกูล	
แบบ			

มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน	หมายเลขแบบ
1 : 50 มม.	เครื่องแทงดีบัวแห้ง	DR-04

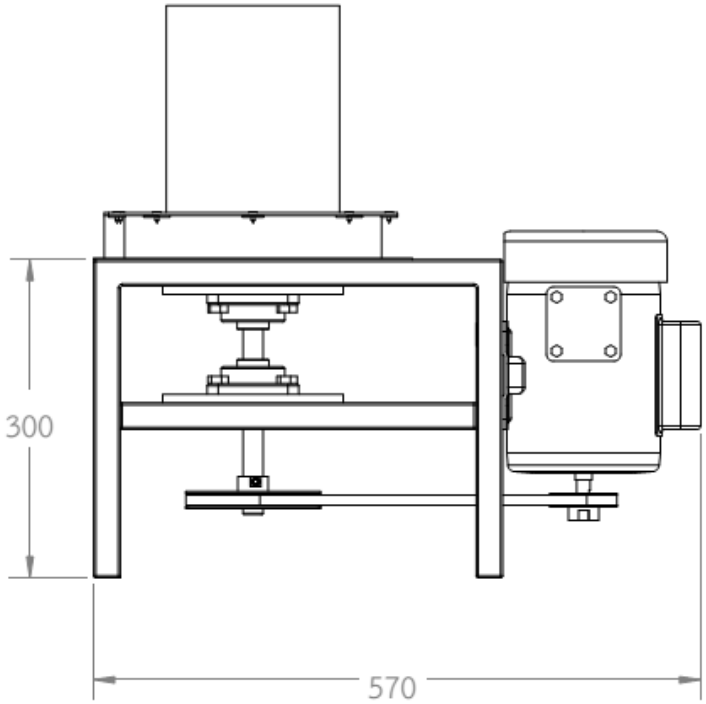


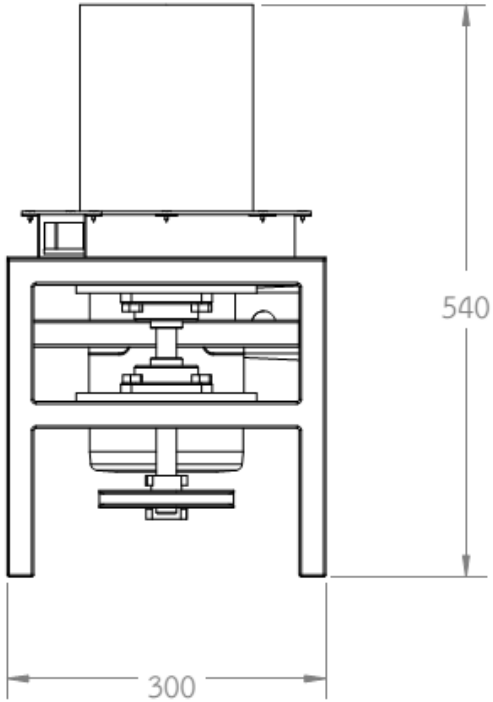


ISO

	วันที่	ชื่อ - นามสกุล	กลุ่มงานวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โทร. 025290663 โทรสาร 02-5290664
เขียน	6 ธันวาคม 2561	อลงกต เทพวงศ์	
ตรวจ	7 มกราคม 2562	จิรวัสส์ เจียดระกูล	
แบบ			

มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน	หมายเลขแบบ
1 : 50 มม.	เครื่องขัดลอกเยื่อเม็ดบัวแห้ง	LG-01

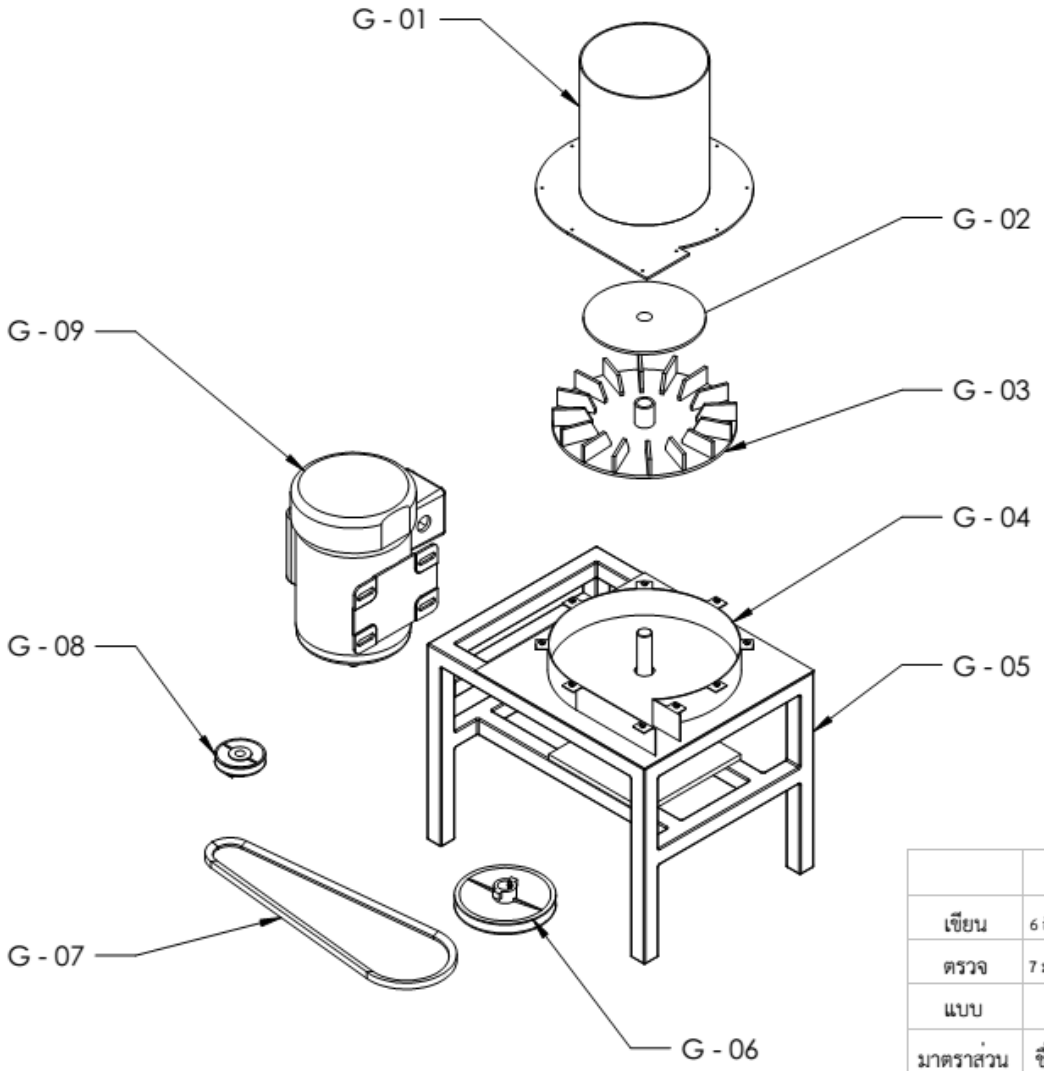




Dimension

	วันที่	ชื่อ - นามสกุล	กลุ่มงานวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โทร. 025290663 โทรสาร 02-5290664
เขียน	6 ธันวาคม 2561	อลงกต เทพวงศ์	
ตรวจ	7 มกราคม 2562	จิรวัสส์ เจียตระกูล	
แบบ			

มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน	หมายเลขแบบ
1 : 50 มม.	เครื่องขัดลอกเยื่อเม็ดบัวแห้ง	LG-02

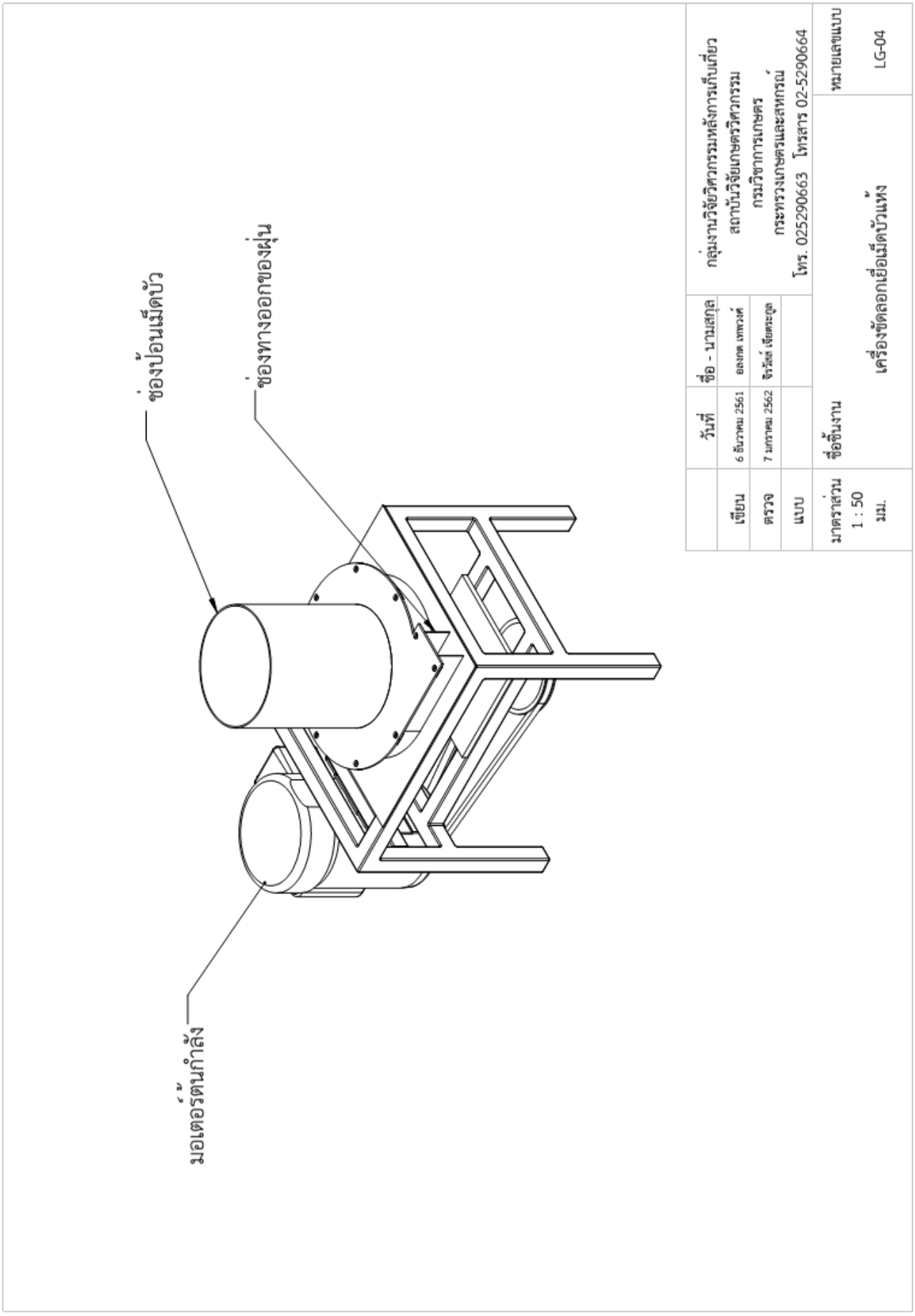


Part List

Part No.	Q'ty	Name
G - 01		เสื้อขัด
G - 02		จานขัด
G - 03		ใบพัด
G - 04		เสื้อใบพัด
G - 05		โครงเครื่อง
G - 06		พูเล่ห์ชุดขัด
G - 07		สายพานส่งกำลัง
G - 08		พูเล่ห์ตัวส่งกำลัง
G - 09		มอเตอร์ต้นกำลัง

	วันที่	ชื่อ - นามสกุล	กลุ่มงานวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โทร. 025290663 โทรสาร 02-5290664
เขียน	6 ธันวาคม 2561	อลงกต เทพวงศ์	
ตรวจ	7 มกราคม 2562	จิรวัสส์ เจียตระกูล	
แบบ			

มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน	หมายเลขแบบ
1 : 50 มม.	เครื่องขัดลอกเยื่อเม็ดบัวแห้ง	LSM-03



	วันที่	ชื่อ - นามสกุล
เขียน	6 ธันวาคม 2561	ธงชาติ เทพวงศ์
ตรวจ	7 มกราคม 2562	จิรวัสร์ เสียตระกูล
แบบ		

กลุ่มงานวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว
สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
กรมวิชาการเกษตร
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
โทร. 025290663 โทรสาร 02-5290664

มาตราส่วน 1 : 50 มม.

ชื่อชิ้นงาน
เครื่องขัดลอกเยื่อเม็ดบัวแห้ง

หมายเลขแบบ
LG-04