รายงานโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรในกระบวนการทำแป้งจากเม็ดบัว

Research and Development of Lotus Flour Processing Machine

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย

จิรวัสส์ เจียตระกูล

Jirawat Chiatrakul

ปี พ.ศ. 2561

รายงานโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรในกระบวนการทำแป้งจากเม็ดบัว

Research and Development of Lotus Flour Processing Machine

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย

จิรวัสส์ เจียตระกูล

Jirawat Chiatrakul

ปี พ.ศ. 2561

คำปรารภ

รายงานดครงการวิจัยเรื่อง “วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรในกระบวนการทำแป้งจากเม็ดบัว” คณะผู้จัดทำผลงานวิจัยได้เริ่มดำเนินการตั้งแต่ ตุลาคม 2559 ถึง กันยายน 2561 เป็นเวลา 3 ปี วัตถุประสงค์ของโครงการเพื่อศึกษาพัฒาเทคโนโลยีและเครื่องจักรในกระบวนการทำแป้งจากเม็ดบัวแห้ง (Dry Lotus seed) ที่เหมาะสม เป็นการเพิ่มมูลค่าผลผลิตให้กับกลุ่มเกษตรกรและผู้เกี่ยวข้อง

โครงการนี้มีกิจกรรมงานวิจัย 1 กิจกรรม คือ การพัฒนาชุดเครื่องจักรในกระบวการทำแป้งจากเม็ดบัว โดยมีการพัฒนาเครื่องจักรทั้งหมด 3 ต้นแบบ ได้แก่ เครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดบัวแห้ง เครื่องแทงดีบัว และเครื่องขัดลอกเยื่อเม็ดบัว ความคุ้มค่าของการวิจัยนี้คาดว่าจะได้รับประโยชน์ด้านเครื่องมือและเทคโนโลยี สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและมูลค่าให้กับการแปรรูปแป้งจากเม็ดบัว

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า รายงานฉบับนี้จะเป็นประโยชน์แก่นักวิจัย นักวิชาการเกษตร ตลอดจนเกษตรกร และผู้สนใจที่จะได้ศึกษา พัฒนาต่อยอดและนำเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	1
ผู้วิจัย	2
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	3
บทนำ	4
บทคัดย่อ	8
ระเบียบวิธีการวิจัย	10
ผลการวิจัยและอภิปราย	11
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	18
เอกสารอ้างอิง	19
ภาคผนวก	20

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม จ.ปทุมธานี สำหรับการสนับสนุนสถานที่และอุปกรณ์สำหรับสร้างและทดสอบเก็บข้อมูลเครื่องต้นแบบ

ผู้วิจัย

จิรวัสส์ เจียตระกูล
Jirawat Chiatrakul

ปรีชา อานันท์รัตนกุล
Preecha Ananrattanakul

มานพ รักญาติ
Nitat Tangpinijkul

วิบูลย์ เทเพนทร์
Viboon Thepent

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

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

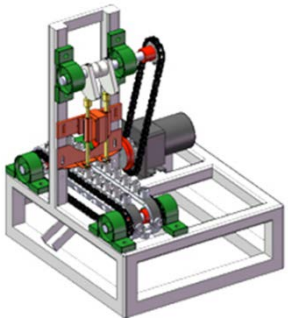
พุธวงค์และคณะ (2551) ได้ทำการออกแบบเครื่องแกะเม็ดกระเจี๊ยบแดง เพื่อเป็นการลดขั้นตอนในการผลิตกระเจี๊ยบแก้งที่ต้องใช้แรงงานคนในการแกะเม็ด ตัวเครื่องประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลักๆ คือ ส่วนของการลำเลียง และส่วนของการเจาะเอาเม็ดกระเจี๊ยบออกจากกลีบดอก มีหลักการทำงานโดยอาศัยต้นกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า ส่งกำลังโดยใช้โซ่ในการขับเคลื่อน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

รูปที่ 1 การแกะเม็ดกระเจี๊ยบด้วยแรงงานคน (พุธวงค์ และคณะ, 2551)

รูปที่ 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



รูปที่ 3 เครื่องแทงดีบัวต้นแบบ (อนุชาและคณะ, 2553)

สนองและคณะ (2555) ได้ทำการศึกษาออกแบบการพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียแบบใช้แรงงานคนในการทำงาน โดยอาศัยหลักการของการกระแทกเปลือกให้แตกออกจากกัน มีความสามารถในการทำงานของเครื่องกะเทาะได้เมล็ดเต็ม 89.87 เปอร์เซ็นต์ เนื้อในแตกชีก 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

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

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

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.

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 โดยจะอาศัยหลักการ
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 คุณสมบัติทงกายภาพของเม็ดบัวแห้ง

คุณสมบัติทางกายภาพของเม็ดบัวหลวงแห้ง	
ความชื้นเริ่มต้น (%Wb)	4.94
ความยาว (mm.)	*15.51*
ความหนา (mm.)	*11.63*
ความกว้าง (mm.)	*11.71*
เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิต (GMD) (mm.)	*11.69*
น้ำหนักต่อ 100 เมล็ด (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 ดังแสดงในรูปที่ 4 และ 5

รูปที่ 4 ชุดลูกกลิ้งขึ้นลายสำหรับกะเทาะเปลือกเม็ดบัว

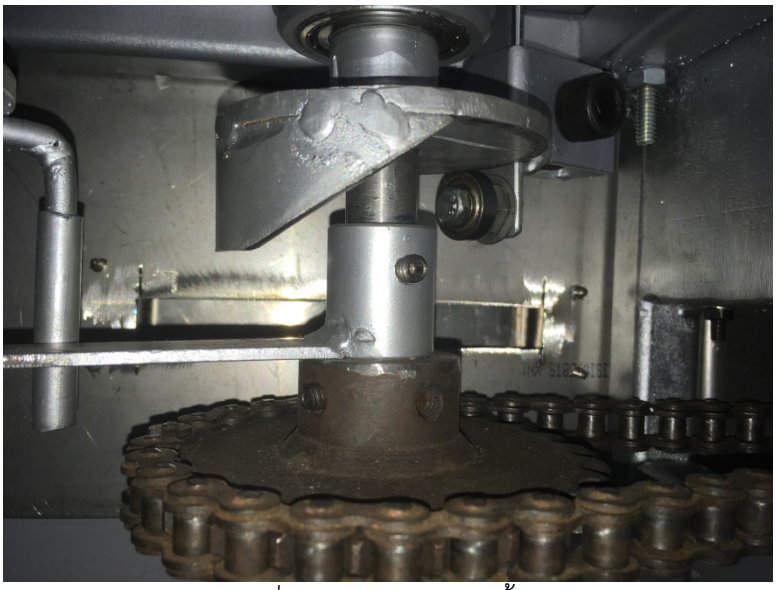
รูปที่ 5 ต้นแบบเครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดบัว

เครื่องต้นแบบเครื่องแทงดีบัว

ประกอบไปด้วย ชุดแทง (เจาะ) เม็ดบัวแห้งด้วยดอกสว่านขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 มิลลิเมตร (รูปที่ 6) และถาดบรรจุเม็ดบัวขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 95 มิลลิเมตร (รูปที่ 7) ที่ถูกขับเคลื่อนให้หมุนเข้าหาตำแหน่งแทงเม็ดบัวด้วยกลไกของชุดลูกเบี้ยวด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า (รูปที่ 8) เครื่องต้นแบบเครื่องแทงดีบัวดังแสดงในรูปที่ 9

รูปที่ 6 ดอกสว่านขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 มิลลิเมตร

รูปที่ 7 ถาดบรรจุเม็ดบัวขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 95 มิลลิเมตร

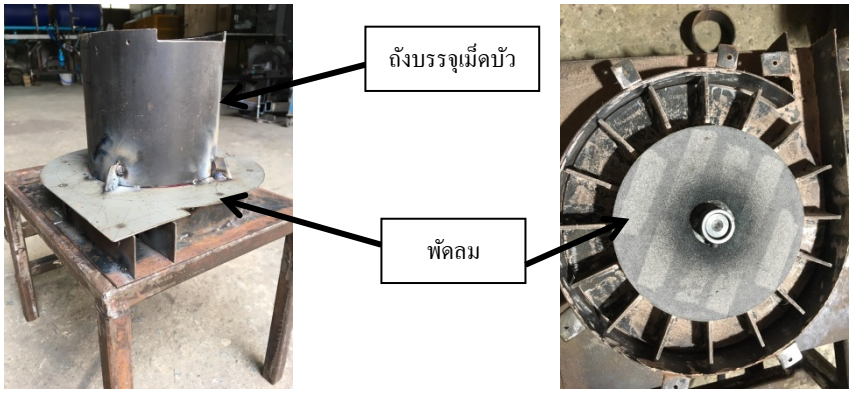


รูปที่ 8 กลไกของชุดลูกเบี้ยว

รูปที่ 9 ต้นแบบเครื่องแทงดีบัว

เครื่องต้นแบบเครื่องขัดลอกเยื่อเม็ดบัวแห้ง

ประกอบไปด้วยถังบรรจุเม็ดบัวที่ถูกติดกระดาษทรายไว้บริเวณผนัง จานหมุน และพัดลมดูดเศษฝุ่นจากการขัด (รูปที่ 10) บริเวณด้านล่างของตัวเครื่อง เครื่องต้นแบบดังแสดงในรูปที่ 11



รูปที่ 10 บรรจุเม็ดบัวและพัดลมดูดเศษฝุ่นจากการขัด

รูปที่ 11 ต้นแบบเครื่องขัดลอกเยื่อเม็ดบัวแห้ง

3. ทดสอบประสิทธิภาพ และบันทึกผลการทำงานของเครื่องต้นแบบ เครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดบัวแห้ง

ลักษณะการทำงานของเครื่องคือ เม็ดบัวจะถูกป้อนลงในถังบรรจุเม็ดบัว และถูกลำเลียงออกด้วยชุดเกลียวลำเลียงเม็ดที่อยู่ด้านในเครื่องออกมายังชุดกะเทาะเปลือกด้วยลูกกลิ้งขึ้น เม็ดบัวที่ผ่านลูกกลิ้งจะมีลักษณะการแตกร้าวของเปลือกดังแสดงในรูปที่ 9 โดยจะเกิดการกรีดเปลือกด้วยลูกกลิ้งขึ้นลายเกลียวที่ความเร็วในการหมุน 360 รอบต่อนาที โดยจะมีทั้งเม็ดบัวที่กะเทาะได้สมบูรณ์ แตกเสียหาย และไม่ถูกกะเทาะโดยเฉลี่ย 78.2% ,12.6% และ 9.2% ตามลำดับ (รูปที่ 12) ความสามารถในการกะเทาะเปลือกเฉลี่ย 2.7 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 2 เม็ดบัวแห้งที่ผ่านการกะเทาะเปลือกดังแสดงในรูปที่ 13

รูปที่ 12 แสดงลักษณะของเปลือกเม็ดบัวที่ถูกกะเทาะโดยลูกกลิ้ง

รูปที่ 13 เม็ดบัวแห้งที่ผ่านการกะเทาะมีทั้งเม็ดที่กะเทาะได้สมบูรณ์ เม็ดที่ถูกบีบจนแตกเสียหายและเม็ดที่ไม่ถูกกะเทาะ

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดบัวแห้ง

ความเร็วรอบของลูกกะเทาะ (rpm.)	*เม็ดสมบูรณ์ (%)*	*เม็ดแตกหัก (%)*	*เม็ดที่ไม่ถูกกะเทาะ (%)*	*ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย ($kg\text{-}hr^{-1}$)*
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 เม็ดบัวแห้งที่ผ่านการเจาะได้สมบูรณ์ดังแสดงในรูปที่ 14 ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 3

รูปที่ 14 เม็ดบัวที่ผ่านการเจาะรู

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบเครื่องแทงดีบัว

ความเร็วรอบของจานหมุน (rpm.)	*เม็ดที่ถูกเจาะสมบูรณ์ (%)*	*เม็ดแตกเสียหายและไม่ถูกเจาะ (%)*	*ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย ($kg\text{-}hr^{-1}$)*
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 ดังแสดงในรูปที่ 15

รูปที่ 15 เม็ดบัวที่ผ่านการขัดลอกเยื่อเปรียบเทียบระหว่างเม็ดบัวจีน (บน) และเม็ดบัวไทย (ล่าง)

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบเครื่องขัดลอกเยื่อเม็ดบัวแห้ง

เบอร์กระดาษทราย (No.)	*น้ำหนักที่หายไปที่เวลาต่างๆ (%)*													
	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)*	*ผลต่างของน้ำหนัก (%)*
#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	= 0.08×5×180×3.5	บาท/ปี
	= 252	บาท/ปี

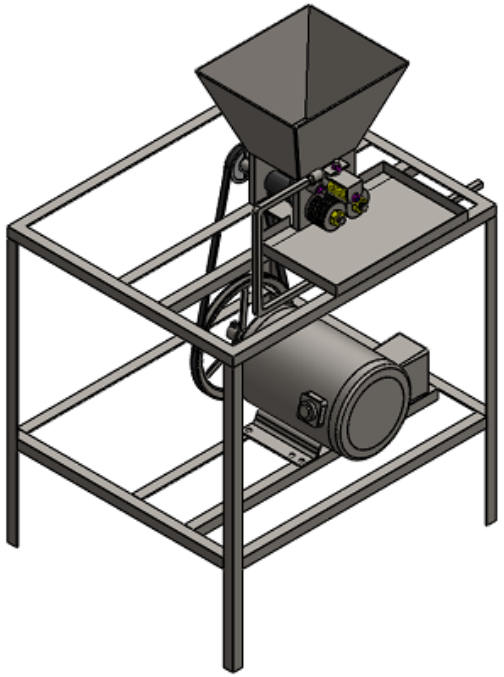
-ค่าซ่อมบำรุง

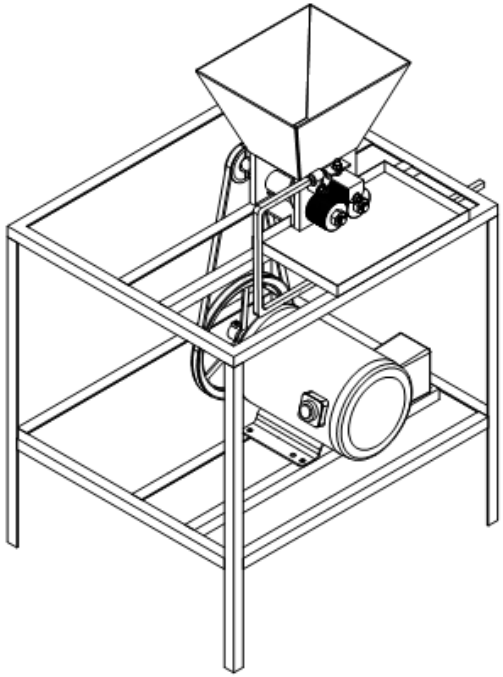
คิดคงที่เท่ากับร้อยละ 5	= 0.05 × 23,000	บาท/ปี
	= 1,150	บาท/ปี
-ต้นทุนผันแปรรวม	= 55,402	บาท/ปี
-ต้นทุนรวมทั้งหมด	= 3,450 + 55,402	บาท/ปี
	= 58,852	บาท/ปี
ระยะเวลา 1 ปีมีปริมาณเม็ดบัว	= 1.04 × 5 × 180	กิโลกรัม/ปี
	= 936	กิโลกรัม/ปี
-ต้นทุนค่าใช้จ่าย	= 58,852/936	กิโลกรัม/ปี
	= 62.87	บาท/กิโลกรัม

<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

ภาคผนวก ข
แบบทางวิศวกรรม

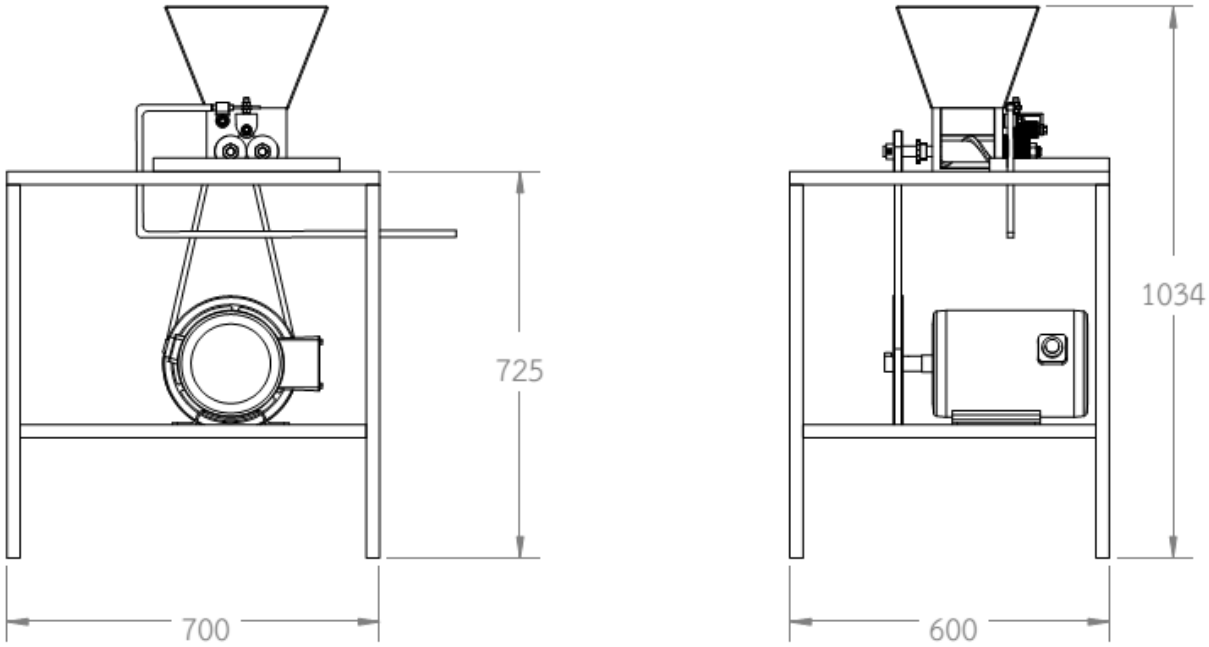




ISO

	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			

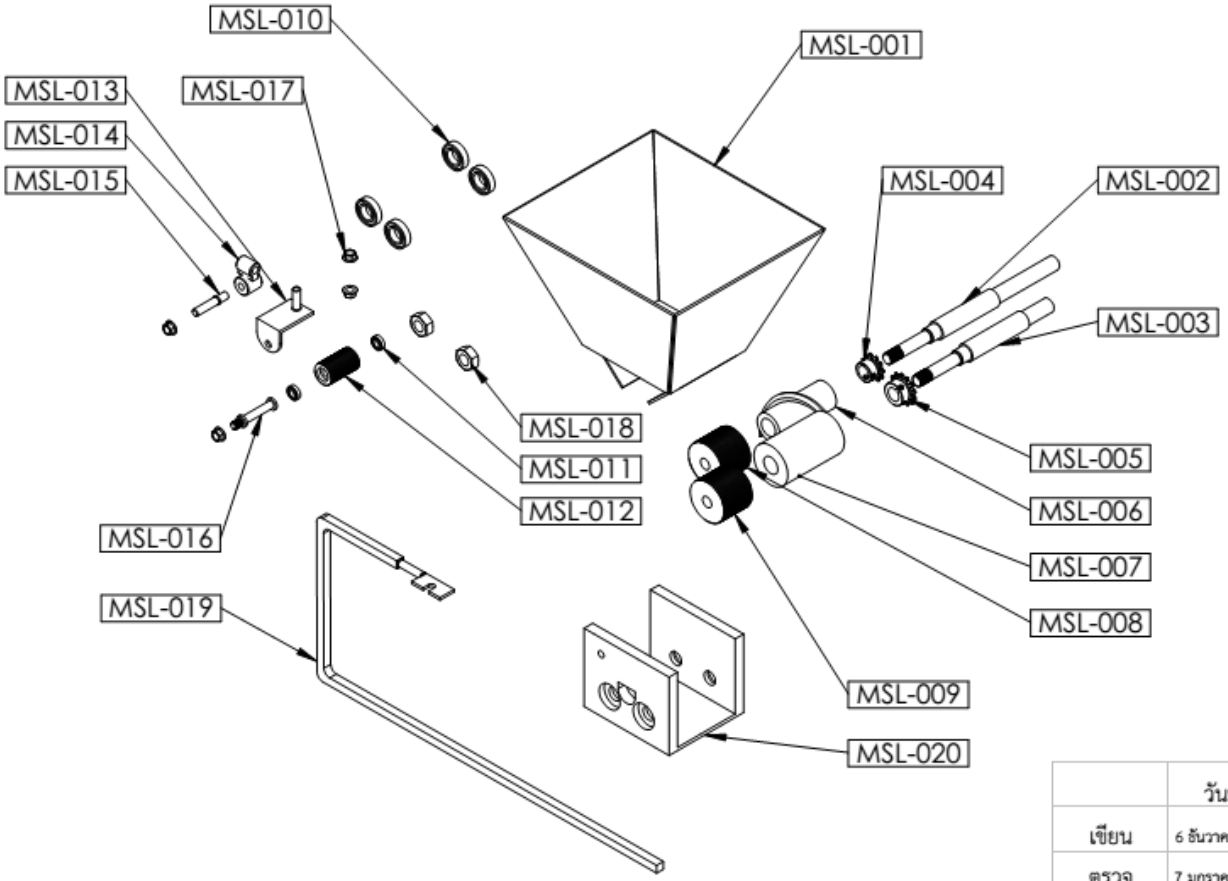
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน	หมายเลขแบบ
1 : 50 มม.	เครื่องกระเทาะเปลือกเม็ดบัวแห้ง	LSM-01



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

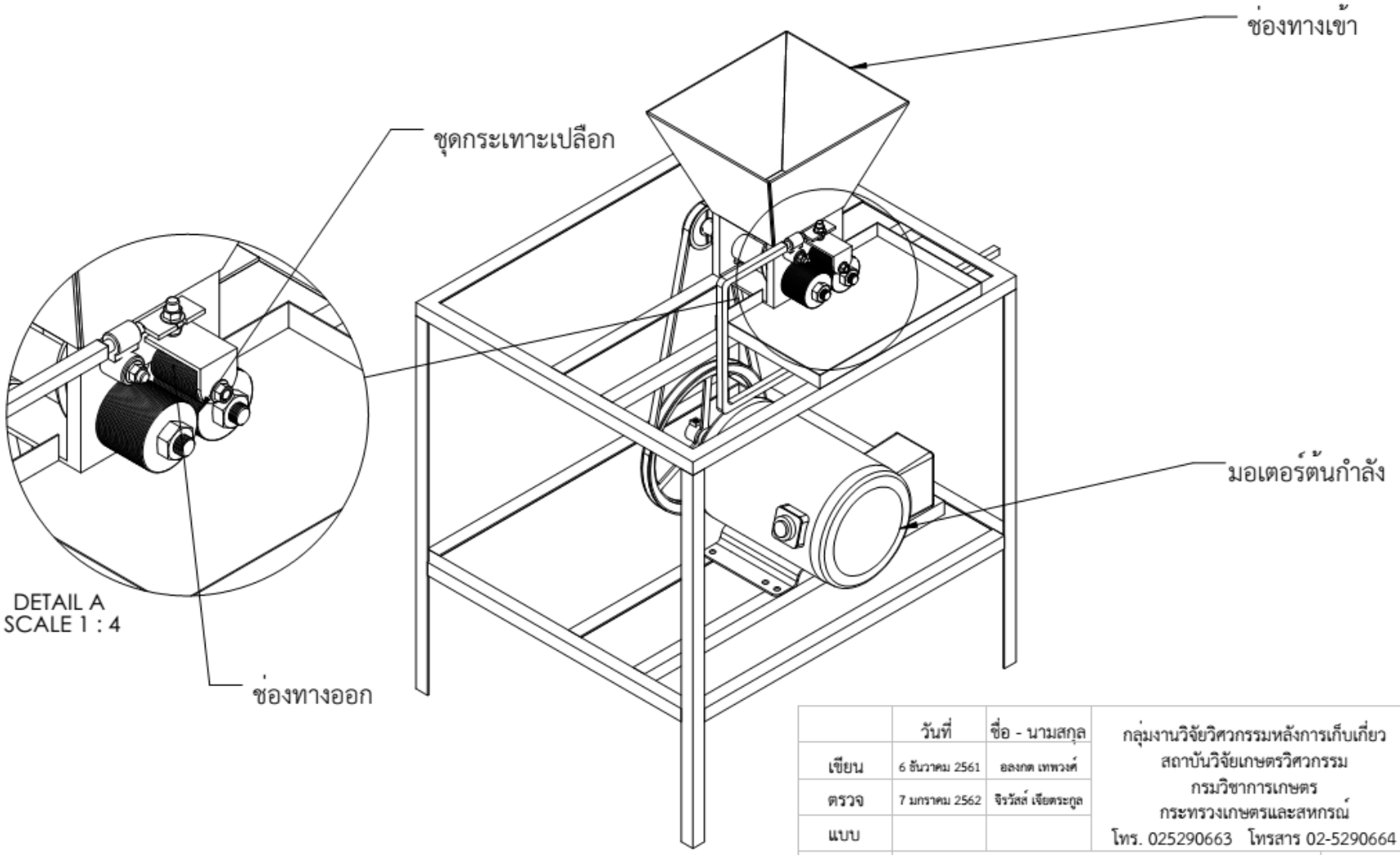


Part List

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

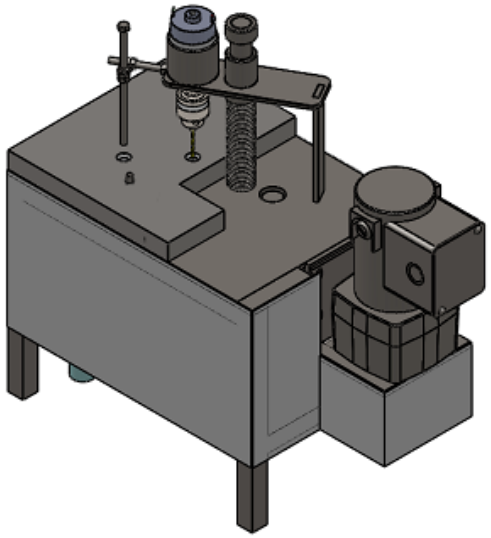
	วันที่	ชื่อ - นามสกุล	กลุ่มงานวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โทร. 025290663 โทรสาร 02-5290664
เขียน	6 ธันวาคม 2561	อลงกต เทพวงศ์	
ตรวจ	7 มกราคม 2562	จิรวัสส์ เจียตระกูล	
แบบ			

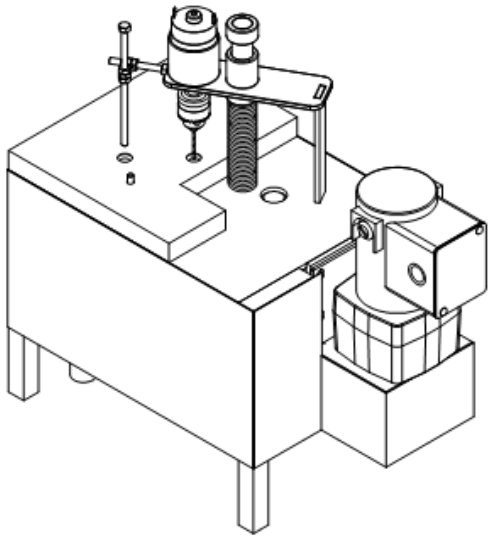
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน	หมายเลขแบบ
1 : 50 มม.	เครื่องกระเทาะเปลือกเม็ดบัวแห้ง	LSM-03



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

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

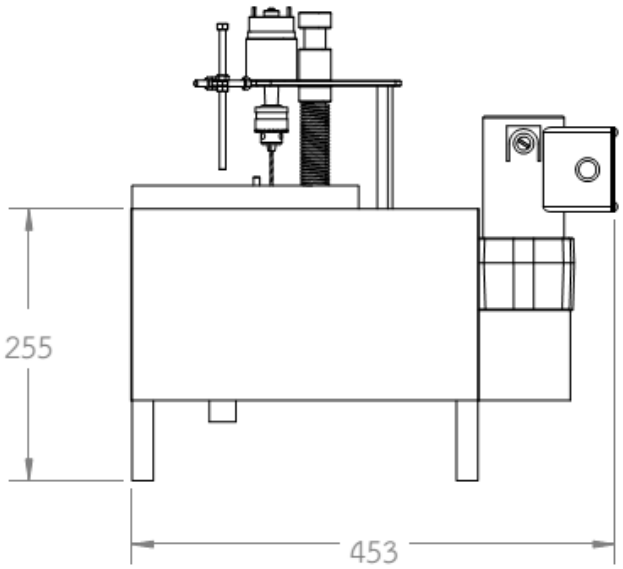


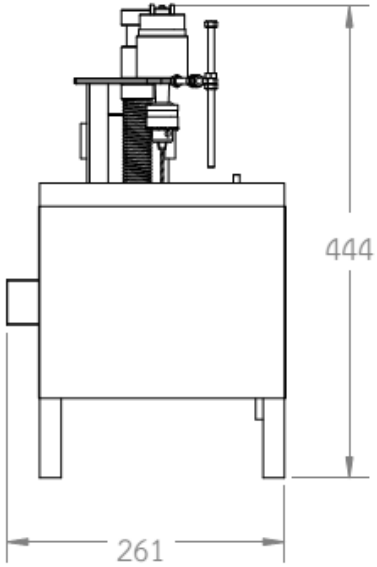


ISO

	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

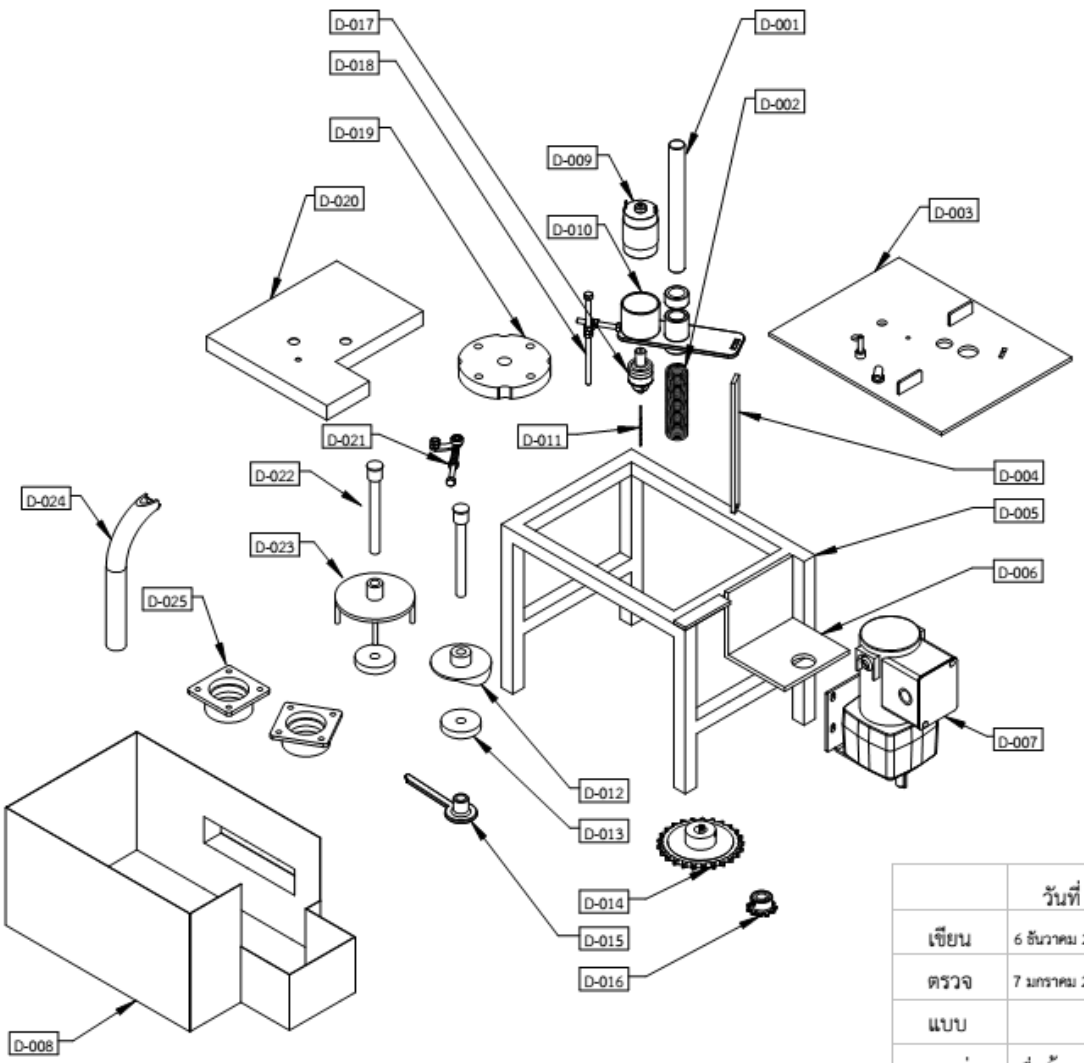




Dimension

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

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

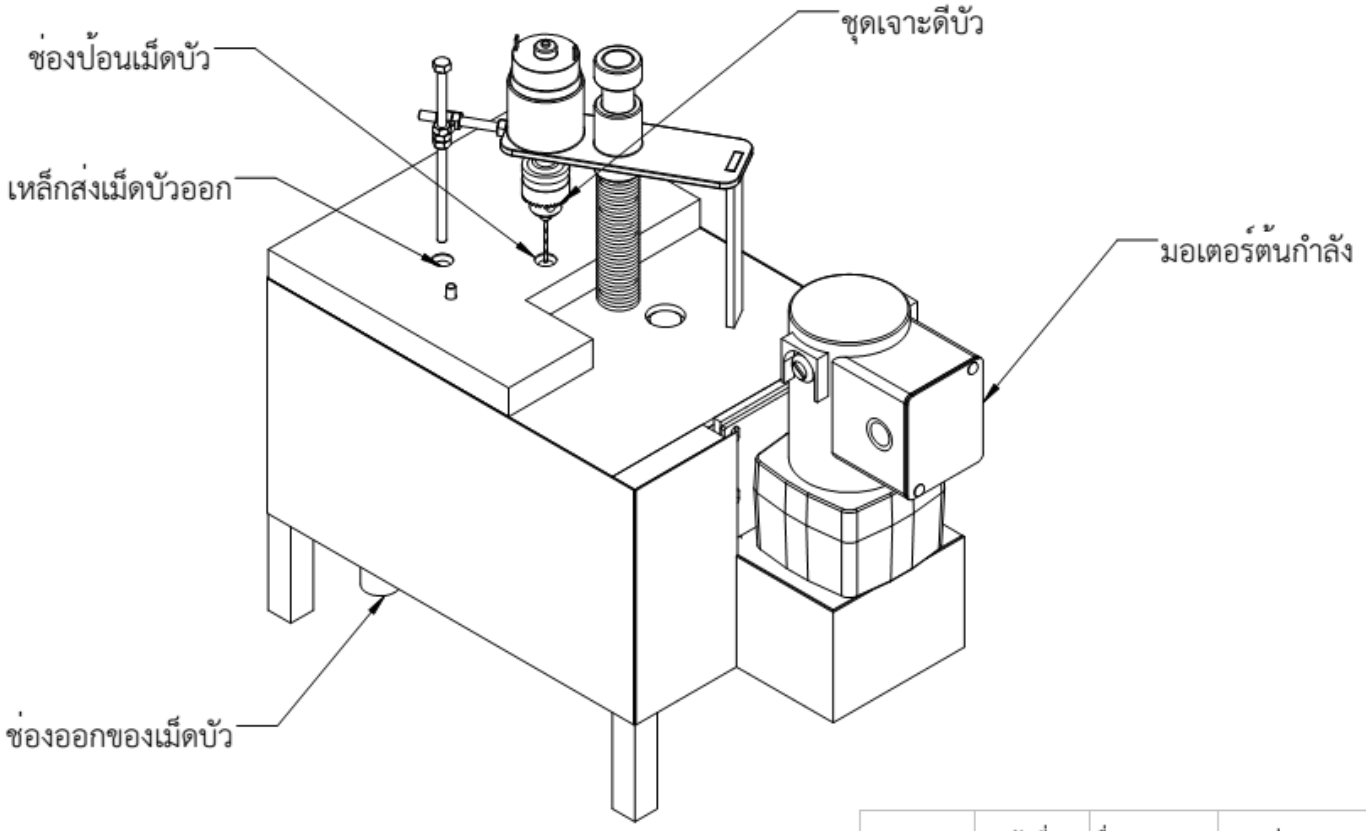


Part List

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

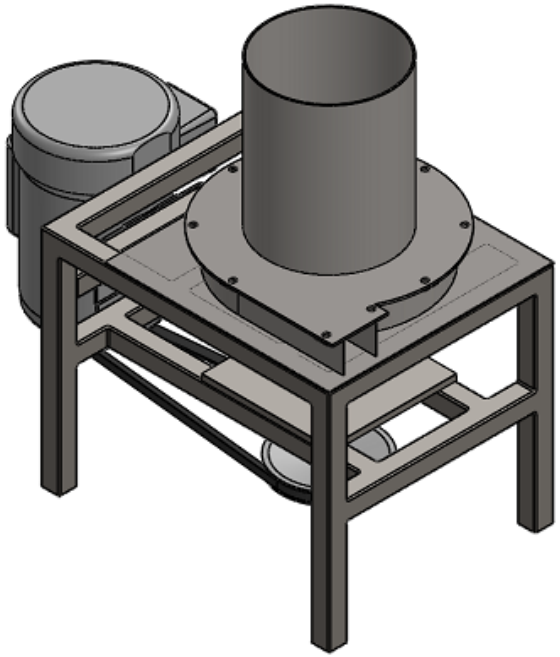
	วันที่	ชื่อ - นามสกุล	กลุ่มงานวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โทร. 025290663 โทรสาร 02-5290664
เขียน	6 ธันวาคม 2561	ออลกต เทพวงศ์	
ตรวจ	7 มกราคม 2562	จิรวัสส์ เจียตระกูล	
แบบ			

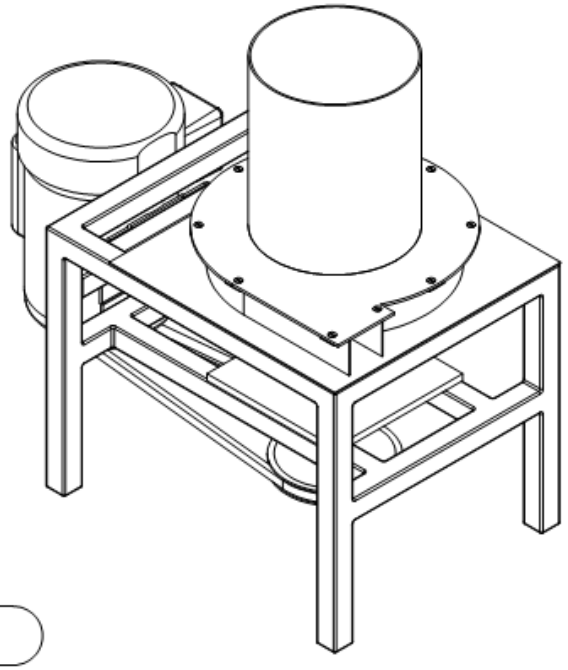
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน	หมายเลขแบบ
1 : 50 มม.	เครื่องแทงดีบัวแห้ง	DR-03



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

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

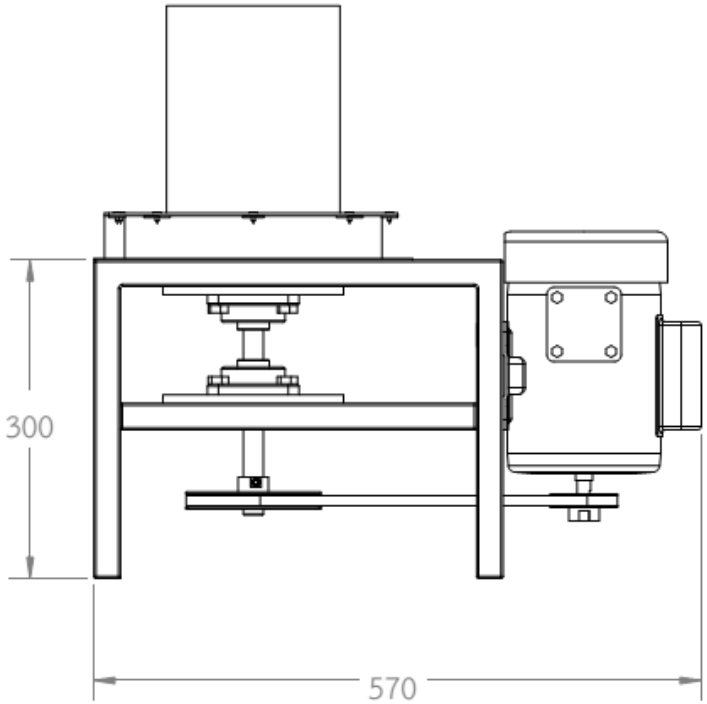


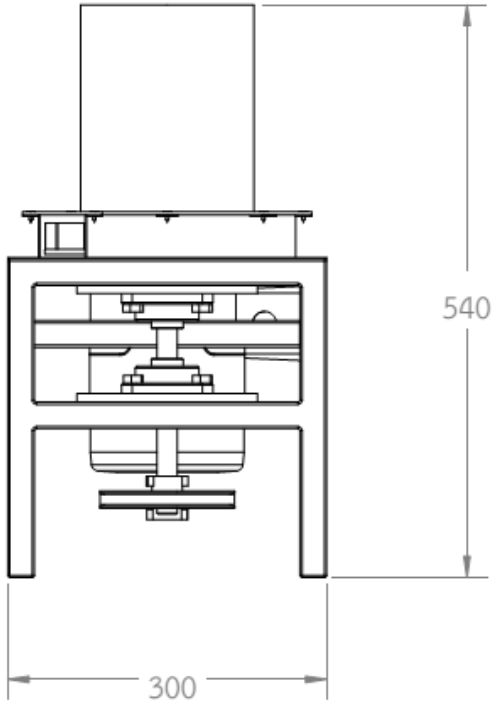


ISO

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

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

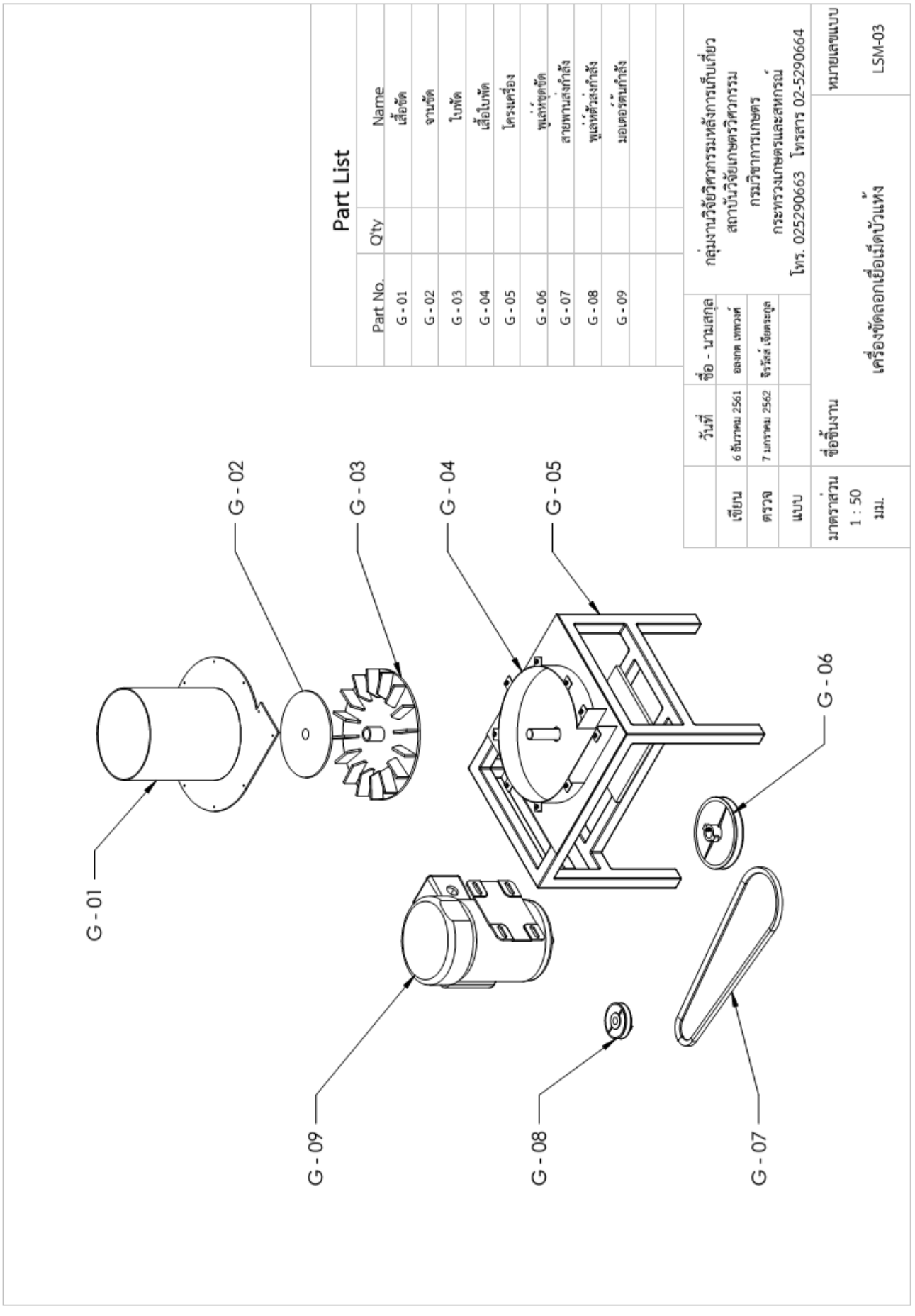


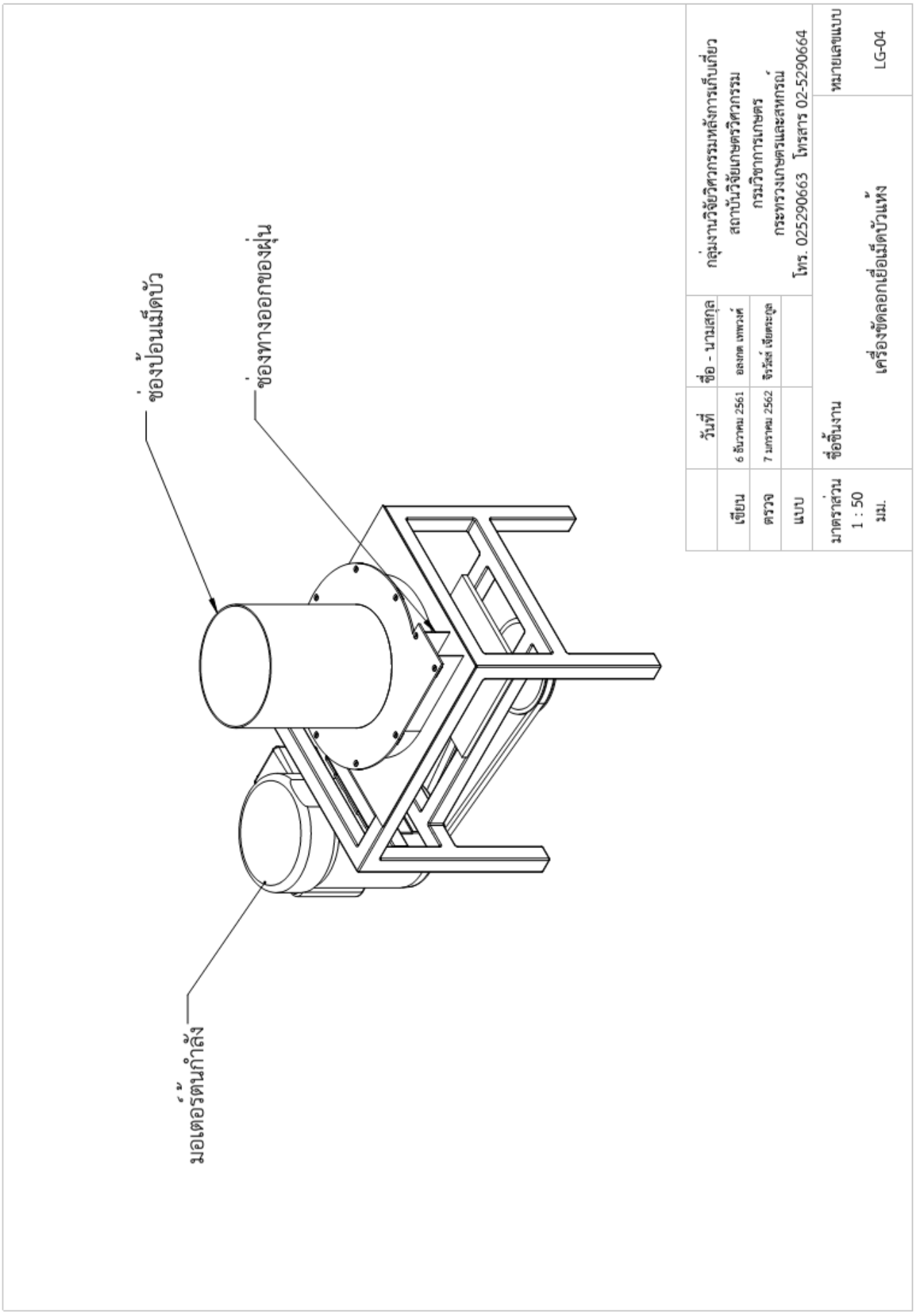


Dimension

	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
พูเล่ย์ขับขัด
G - 07
สายพานส่งกำลัง
G - 08
พูเล่ย์ส่งกำลัง
G - 09
มอเตอร์ส่งกำลัง
กลุ่มงานวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว
สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
กรมวิชาการเกษตร
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
โทร. 025290663 โทรสาร 02-5290664
วันที่
ชื่อ - นามสกุล
เขียน
6 ธันวาคม 2561
ธนากร เพชรวงศ์
ตรวจ
7 มกราคม 2562
จิรวัลย์ เจียระนุล
แบบ
มาตราส่วน
1 : 50
มม.
ชื่อชิ้นงาน
เครื่องขัดลอกเยื่อเม็ดบัวแห้ง
หมายเลขแบบ
LSM-03
G - 01
G - 02
G - 03
G - 04
G - 05
G - 06
G - 07
G - 08
G - 09



	วันที่	ชื่อ - นามสกุล
เขียน	6 ธันวาคม 2561	ยงยุทธ เพชรงค์
ตรวจ	7 มกราคม 2562	จิรวัสร์ เจียศรยุทธ
แบบ		

กลุ่มงานวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว
สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
กรมวิชาการเกษตร
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
โทร. 025290663 โทรสาร 02-5290664

มาตราส่วน 1 : 50
หน่วย มม.

ชื่อชิ้นงาน
เครื่องขัดลอกเยื่อเม็ดบัวแห้ง

หมายเลขแบบ
LG-04