

การออกแบบและสร้างเครื่องลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวง

จตุรงค์ ลังกาพินธุ์^{1*}, สุนัน ปานสาคร², รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์³, เกรียงไกร แคมสีม่วง⁴

ปาริษา งามนิล⁵ และ ธีรภัทร์ จู้อี⁶

jaturong.l@en.rmutt.ac.th^{1*}, sunan.p@en.rmutt.ac.th², Roongruang.k@en.rmutt.ac.th³,

grianggai.s@en.rmutt.ac.th⁴, prs.parisa@hotmail.com⁵, therapat_1@hotmail.com⁶

^{1*-6} ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Received: March 22, 2018

Revised: April 25, 2018

Accepted: May 21, 2018

บทคัดย่อ

เครื่องลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวงได้ถูกออกแบบและสร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาและแรงงานในการแปรรูปเมล็ดบัวอบซึ่งเป็นสินค้าโอท็อปของจังหวัดที่มีการทำนาบัว เครื่องต้นแบบประกอบด้วยโครงสร้างเครื่อง ชุดลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวง ระบบส่งกำลัง และใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.5 แรงม้า เป็นต้นกำลัง หลักการทำงานของเครื่องเริ่มจากผู้ทำงานป้อนเมล็ดบัวหลวงครั้งละ 0.5 กิโลกรัม และน้ำ 1.5 ลิตรลงในช่องป้อนทางด้านบนของเครื่องเพื่อลอกเยื่อในชุดลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวง หลังจากที่เมล็ดบัวหลวงถูกลอกเยื่อแล้ว จึงเปิดช่องทางออกซึ่งอยู่ทางด้านล่างของเครื่องเพื่อให้เมล็ดบัวไหลออกมาสู่ภาชนะรองรับจากการทดสอบเครื่องลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวงที่ความเร็วของชุดลอกเยื่อที่ 1,000 1,200 และ 1,400 รอบต่อนาที ที่เวลาในการทดสอบ 3, 4, 5, 6 และ 7 นาที ตามลำดับ พบว่าเครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้ดีที่สุดที่ความเร็วของชุดลอกเยื่อ 1,200 รอบต่อนาที ใช้เวลาทำงาน 4 นาที มีความสามารถในการทำงาน 7.1 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ในการลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวง 94.5% เปอร์เซ็นต์ความเสียหายของเมล็ด 2.9% และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 0.66 กิโลวัตต์-ชั่วโมง จากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่าเมื่อใช้เครื่องลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวง 1,440 ชั่วโมงต่อปี มีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของเครื่อง 3.90 บาทต่อกิโลกรัม จะมีระยะคืนทุน 3.4 ปี และจุดคุ้มทุน 1,170 ชั่วโมงต่อปี เมื่อเปรียบเทียบกับการลอกเยื่อด้วยแรงงานคน

คำสำคัญ: การออกแบบ เครื่องลอกเยื่อ เมล็ดบัวหลวง บัวหลวง

Design and Fabrication of a Lotus Seed Membrane Peeling Machine

Jaturong Langkapin^{1*} Sunan Parnsakhorn² Roongruang Kalsirisilp³

Grianggai samseemoung⁴ Parisa Ngmanil⁵ and Theerapat Juey⁶

jaturong.l@en.rmutt.ac.th^{1*}, sunan.p@en.rmutt.ac.th², Roongruang.k@en.rmutt.ac.th³,
grianggai.s@en.rmutt.ac.th⁴, prs.parisa@hotmail.com⁵, therapat_1@hotmail.com⁶

^{1*-6} Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

Received: March 22, 2018

Revised: April 25, 2018

Accepted: May 21, 2018

Abstract

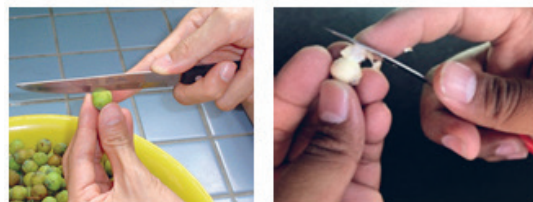
The research was to design and fabricate a lotus seeds membrane peeling machine to minimize the time and labor requirement in the processing of OTOP products of the provinces with lotus planting areas. The prototype consists of the main frame, lotus seed membrane peeling unit, the power transmission unit, and a 0.5 hp electric motor, which was used as a prime mover. In the operation, the 0.5 kg lotus seeds and 1.5 lites of water were fed manually into feeding chute at the top of the machine to peel the lotus seed membrane in the peeling unit. After the peeling, lotus seeds were released through outlet chute at the bottom. Results of testing at the peeling speed of 1,000, 1,200 and 1,400 rpm, and testing time at 3, 4, 5, 6 and 7 min, respectively indicated that the optimal performance was achieved when the machine was operated 4 min at peeling speed 1,200 rpm. The working capacity was 7.1 kg/hour, percentage of peeling was found to be 94.5% with seed damaged 2.9%, and consumed 0.66 kW-hour of energy. An engineering economic analysis showed that, at an annual usage rate of 1,440 hours, the machine cost was on average of 3.9 THB per kilogram, payback period of 3.4 years and the break-even point of the machine was 1,170 hours per year.

Keywords: design, peeling machine, lotus seed, lotus

1. บทนำ

เมล็ดบัวหลวงเป็นธัญพืชที่เป็นส่วนผสมในตำรับยาหลายตำรับ มีคาร์โบไฮเดรต จึงให้พลังงาน โดยสรรพคุณที่โดดเด่นของเมล็ดบัวคือ ถ้าทานเมล็ดสดจะมีวิตามินซีสูง หรือทานแบบอบกรอบจะมีโปรตีนสูง มีฟอสฟอรัส ธาตุเหล็ก และแคลเซียม ในตำราแพทย์แผนจีน เมล็ดบัวมีฤทธิ์เป็นกลาง ช่วยบำรุงเลือด บำรุงหัวใจ รวมถึงอวัยวะภายในร่างกาย ช่วยบำรุงข้อ [1] ถิ่นกำเนิดของบัวส่วนใหญ่อยู่ในเขตร้อน จึงสามารถเจริญเติบโตได้ดีในทุกพื้นที่ของประเทศไทย ดังนั้นภาครัฐจึงได้สนับสนุนให้ปลูกบัวหลวงเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีน้ำท่วมขังไม่สามารถปลูกพืชชนิดอื่นได้ [2] เกษตรกรจำนวนมากในหลายจังหวัดยึดการปลูกบัวเป็นอาชีพหลัก และเนื่องจากบัวเป็นไม้ล้มลุก ลักษณะของแปลงปลูกจึงต้องมีการขังน้ำเหมือนทำนาข้าว จึงเรียกว่า การทำนาบัว นาบัวสามารถดูแลรักษาง่ายกว่านาข้าว มีโรคและแมลงรบกวนน้อย ใช้น้ำน้อยกว่า สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตทั้งในรูปดอกตูมและเก็บเมล็ด ซึ่งผลผลิตทั้งสองรูปแบบนี้ยังเป็นที่ต้องการของทั้งในประเทศและต่างประเทศ ดังนั้นจากสภาพปัจจุบันที่เกษตรกรผู้ทำนาข้าวประสบปัญหาทั้งในเรื่อง การขาดน้ำ และราคาข้าวไม่แน่นอน นาบัวจึงเป็นทางเลือกใหม่ทางหนึ่งที่มีความเหมาะสมกับพื้นที่นาข้าว [3, 4, 5] ปัจจุบันเมล็ดบัวยังสามารถนำมาแปรรูปเป็นสินค้าโอท็อป ของจังหวัดที่มีการทำนาบัว เช่น วิชากิจชุมชนกลุ่มสตรีบึงสีไฟ อ.เมือง จ.พิจิตร ผลิต “เมล็ดบัวอบกรอบ” บรรจุกล่องพลาสติก และดีบัวแคปซูลจำหน่ายเป็นสินค้าโอท็อป ซึ่งมียอดจำหน่ายแต่ละปีกว่า 1.2 ล้านบาท [6] นอกจากนี้เมล็ดบัวยังเป็นส่วนประกอบหลักของไส้ขนมไหว้พระจันทร์ไส้ลูกบัวของโรงงานผลิตขนมไหว้พระจันทร์ต่างๆ สำหรับส่งขายทั่วประเทศ เช่น โรงงานผลิตขนมไหว้พระจันทร์ เอส แอนด์ พี เป็นต้น

เมล็ดบัวหลวงสด (มีเปลือกสีเขียวเข้ม) ที่จะนำไปแปรรูปในปัจจุบันจะแกะเปลือกโดยใช้มีด แล้วทำการลอกเยื่อจนได้เมล็ดบัวสีขาวด้วยมีด ดังรูปที่ 1 ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวยังใช้แรงงานคนเป็นหลักทำให้ต้องใช้เวลาในการเตรียมเมล็ดบัวเพื่อการแปรรูปสูง อีกทั้งในประเทศไทยยังไม่มีเครื่องทุ่นแรงสำหรับใช้ในกระบวนการแกะเปลือกและลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวง ส่วนเครื่องแกะเปลือกและเครื่องลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวงที่มีใช้ในต่างประเทศ เช่นในประเทศจีนนั้นไม่เหมาะที่จะนำมาใช้กับเมล็ดบัวพันธุ์ที่นิยมปลูกในประเทศไทยเนื่องจากเมล็ดบัวหลวงมีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกัน และราคานำเข้าค่อนข้างแพง จึงทำให้ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ได้วิจัยและพัฒนาเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวงขึ้น [7, 8] ดังนั้นเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตผลิตภัณฑ์สินค้าโอท็อปของวิชากิจชุมชนให้สูงขึ้น จึงได้ทำการวิจัยต่อเนื่องโดยการออกแบบและสร้างเครื่องลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวงที่ทำงานต่อจากเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง



รูปที่ 1 ก) การแกะเปลือก และ
ข) ลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวง โดยใช้มีด

2. อุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยนี้ให้ความสำคัญในการออกแบบและสร้างเครื่องลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวงที่ปลูกในประเทศไทย ซึ่งมีระเบียบวิธีการวิจัยดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 ศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบ

2.1.1 ศึกษาปัญหาและวิธีการลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวง

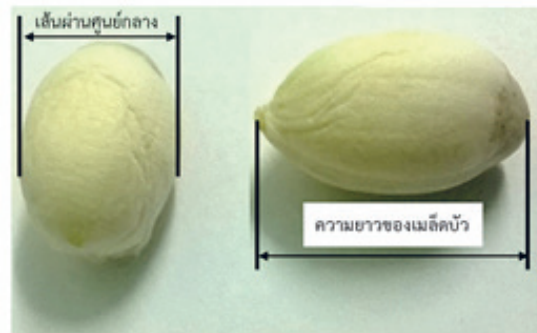
วัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงปัญหาและวิธีการลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวงของเกษตรกรในปัจจุบัน เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับเปรียบเทียบการทำงานระหว่างเครื่องลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวงต้นแบบกับวิธีที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน จากการสัมภาษณ์กลุ่มแม่บ้านบึงสีไฟ อ.เมือง จ.พิจิตร ได้ผลการศึกษา ดังนี้

- แรงงานในกระบวนการผลิตมาจากแรงงานในกลุ่มสหกรณ์ในชุมชนซึ่งมีสมาชิก 30 คน หรือหมู่บ้านใกล้เคียง ซึ่งในปัจจุบันจำนวนแรงงานมีจำนวนลดลง
- ค่าจ้างแรงงานสำหรับการแกะและลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวง 10 บาทต่อกิโลกรัม
- ปริมาณการแกะและลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวงในแต่ละวันประมาณ 24-36 กิโลกรัม (ทำงานไม่เกิน 8 ชั่วโมง) โดยขึ้นอยู่กับความชำนาญในการแกะและลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวง
- ปัญหาที่พบในขั้นตอนการลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวงคือเกิดความไม่ปลอดภัยในการทำงาน เช่น เกิดอุบัติเหตุจากมีดบาด

2.1.2 ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดบัวหลวง

การศึกษาในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของเมล็ดบัวหลวงสำหรับใช้ในการออกแบบเครื่องต้นแบบ ได้แก่เส้นผ่านศูนย์กลาง และความยาวของเมล็ดบัวหลวง ดังรูปที่ 2 สำหรับใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบชุดลอกเยื่อและการปรับตั้งต่างๆ ที่จำเป็นในการออกแบบเครื่อง โดยการสุ่มวัดขนาดเมล็ดบัวหลวงจำนวน 100 เมล็ด ด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์ จากการศึกษาได้เส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 9.0-14.0 มิลลิเมตร

มีค่าเฉลี่ย 12.2 ± 1.0 มิลลิเมตร และความยาวของเมล็ดบัวหลวงระหว่าง 14.0-18.0 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ย 16.2 ± 0.8 มิลลิเมตร ซึ่งเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวของเมล็ดบัวหลวงได้ถูกนำไปใช้ออกแบบระยะห่างของชุดลอกเยื่อ ความกว้างและความสูงของช่องป้อนเมล็ดบัวหลวง



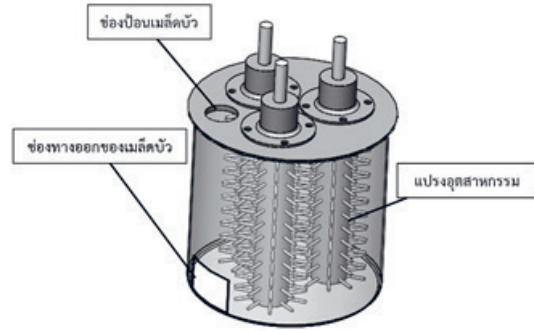
รูปที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดบัวหลวง

2.2 ออกแบบและสร้างเครื่องลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวง

การออกแบบเครื่องลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวงต้นแบบนั้นนอกจากจะใช้ข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบแล้ว ยังได้ประยุกต์ใช้ความรู้และหลักการออกแบบเครื่องจักรกลและเครื่องจักรกลเกษตร [9, 10, 11] รวมทั้งโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบและเขียนแบบ [12] ซึ่งมีส่วนประกอบหลักดังรูปที่ 3 (ก) คือ โครงสร้างเครื่อง ชุดลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวง ระบบส่งกำลัง และใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.5 แรงม้า เป็นต้นกำลัง มีรายละเอียด ดังนี้

โครงสร้างของเครื่อง ใช้สำหรับติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ของเครื่องต้นแบบ มีขนาด $530 \times 620 \times 1,100$ มิลลิเมตร (กว้างxยาวxสูง) สร้างจากเหล็กฉากขนาด 40×40 มิลลิเมตรหนา 4 มิลลิเมตร โดยอุปกรณ์ส่วนใหญ่ถูกยึดเข้ากับโครงสร้างด้วยนอตและสกรู

ชุดลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวงดังรูปที่ 3 (ข) ทำหน้าที่หมุนลอกเยื่อของเมล็ดบัวหลวง มีส่วนประกอบหลัก ได้แก่ ชุดแปรงลอกเยื่อ เมล็ดบัวหลวงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร ยาว 250 มิลลิเมตร จำนวน 3 ชุด ขับด้วยเพลาคับขนาด 0.6 นิ้ว และติดตั้งอยู่ใน ถังสแตนเลสเส้นผ่านศูนย์กลาง 260 มิลลิเมตร สูง 260 มิลลิเมตร หนา 1 มิลลิเมตร



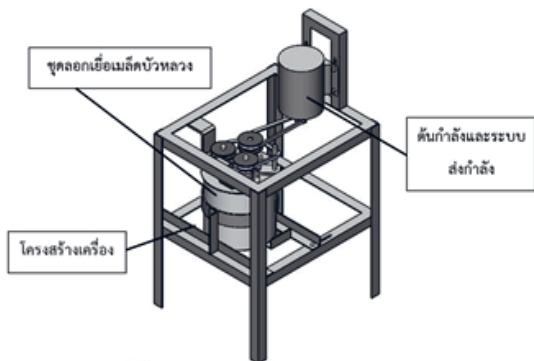
ข) แบบชุดลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวง

ระบบส่งกำลัง การส่งกำลังไปยังส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องต้นแบบจะใช้พูลเลย์ และสายพาน เนื่องจากออกแบบง่าย ไม่เกิดเสียงดังขณะทำงาน และราคาถูก



ค) เครื่องลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวงต้นแบบ

หลักการการทำงานของเครื่องเริ่มจาก ผู้ทำงานป้อนเมล็ดบัวหลวงและน้ำลงไป ในชุดลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวง เมื่อเปิดเครื่อง ชุดแปรงลอกเยื่อจะทำการหมุนลอกเยื่อออกจากเมล็ดบัวโดยมีน้ำเป็นตัวช่วย เมื่อครบเวลาที่กำหนดทำการหยุดเครื่อง แล้วเปิดช่องทางออกทางด้านล่างของเครื่อง เพื่อให้เมล็ดบัวหลวงไหลออกมาสู่ภาชนะที่รองรับ ซึ่งเครื่องต้นแบบที่สร้างเสร็จแสดงดังรูปที่ 3 (ค)



ก) แบบเครื่องต้นแบบด้วยโปรแกรมด้าน CAD

รูปที่ 3 แบบและเครื่องลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวงต้นแบบ

2.3 ทดสอบและประเมินสมรรถนะเครื่องต้นแบบ

เครื่องต้นแบบได้ถูกทดสอบและประเมินสมรรถนะในการทำงาน รวมทั้งคุณภาพในการลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวง โดยใช้เปอร์เซ็นต์การลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวง เปอร์เซ็นต์ความเสียหายของเมล็ด ความสามารถในการทำงาน และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า เป็นค่าชี้ผลการศึกษา ซึ่งคำนวณได้จากสมการ ดังนี้

1) เปอร์เซ็นต์การลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวง (%)

$$\frac{\text{น้ำหนักของเมล็ดบัวหลวงที่ลอกเยื่อได้}}{\text{น้ำหนักของเมล็ดบัวหลวงทั้งหมด}} \times 100 \quad (1)$$

2) เปอร์เซ็นต์ความเสียหายของเมล็ด (%)

$$\frac{\text{น้ำหนักของเมล็ดบัวหลวงที่เสียหาย}}{\text{น้ำหนักของเมล็ดบัวหลวงทั้งหมด}} \times 100 \quad (2)$$

3) ความสามารถในการทำงาน (kg/hr)

$$\frac{\text{น้ำหนักของเมล็ดบัวหลวงที่ลอกเยื่อได้ทั้งหมด}}{\text{เวลาในการทำงานทั้งหมด}} \times 100 \quad (3)$$

4) อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (kW-hr)

$$= \frac{IVt}{1000}$$

เมื่อ I = กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)

V = แรงเคลื่อนไฟฟ้า (โวลต์)

t = เวลา (ชั่วโมง)

การทดสอบใช้เมล็ดบัวหลวงปทุม
เส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 9.0-14.0 มิลลิเมตร
มีค่าเฉลี่ย 12.2±0.9 มิลลิเมตร และความยาว
ของเมล็ดบัวหลวงระหว่าง 14.0-18.0 มิลลิเมตร
มีค่าเฉลี่ย 16.2±0.7 มิลลิเมตร (สุ่มวัด 50 เมล็ด)
ตลอดการทดสอบ จากการทดสอบเบื้องต้น
พบว่าต้องเดินเครื่องที่ความเร็วรอบของชุด
ลอกเยื่ออย่างน้อย 1,000 รอบต่อนาที ใช้เวลา
มากกว่า 3 นาที และต้องผสมน้ำเปล่าร่วมกับ
เมล็ดบัวหลวงด้วยจึงจะสามารถลอกเยื่อได้
ดังนั้นจึงเลือกทดสอบที่ความเร็วรอบของชุด
ลอกเยื่อที่ 1,000, 1,200 และ 1,400 รอบ
ต่อนาที เพื่อหาความเร็วของชุดลอกเยื่อที่ดีที่สุด
โดยกำหนดเวลาในการลอกเยื่อเป็น 3, 4, 5, 6
และ 7 นาที ตามลำดับ โดยแต่ละการทดสอบ
ใช้เมล็ดบัวหลวง 0.5 กิโลกรัม และน้ำ 1.5 ลิตร
ทำซ้ำ 3 ซ้ำ และบันทึกเวลาที่ใช้ในการทำงาน
ทั้งหมด กระแสไฟฟ้า น้ำหนักเมล็ดบัวที่ลอกเยื่อได้

น้ำหนักเมล็ดบัวที่ลอกเยื่อไม่ได้ และน้ำหนัก
เมล็ดบัวที่เสียหาย เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณ
ค่าสัมผลการศึกษา และวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์
วิศวกรรม เช่น ค่าใช้จ่าย ระยะเวลาคืนทุน และ
จุดคุ้มทุน ในการใช้เครื่องลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวง

2.4 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

2.4.1 การวิเคราะห์และประเมิน ค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ย

วิธีการประเมินค่าใช้จ่ายโดยรวมเกี่ยวกับ
ต้นทุนในการใช้งานเครื่องลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวง
สมมติว่าเกษตรกรซื้อเครื่องลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวง
แทนวิธีการใช้แรงงานคน ซึ่งค่าใช้จ่ายโดยรวม
จะประกอบด้วยต้นทุนคงที่ (Fixed cost) และ
ต้นทุนผันแปร (Variable cost) โดยต้นทุนคงที่
ได้แก่ ค่าเสื่อมราคาของเครื่อง (คิดค่าเสื่อมราคา
โดยวิธีเส้นตรงเมื่อประมาณอายุการใช้งานของ
เครื่องลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวงได้ 5 ปี) และค่า
เสียโอกาสของเงินทุน (คิดอัตราดอกเบี้ย 10%)
ซึ่งค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนคงที่จะไม่เปลี่ยนแปลงไป
ตามปริมาณของการลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวง [13]

2.4.2 การวิเคราะห์ระยะเวลาคืน ทุน (Pay-back period)

เป็นการคาดคะเนว่า เมื่อลงทุนใช้
เครื่องลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวงไปแล้ว จะได้รับ
ผลตอบแทนกลับคืนมาในจำนวนเงินเท่ากับ
ที่ลงทุนไปแล้วภายในระยะกี่ปี โดยคิดจากราคา
ในการลงทุนซื้อเครื่องลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวง
หารกับผลประโยชน์สุทธิที่คาดว่าจะได้รับในการ
ใช้งานเครื่องลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวง 5 ปี [13]

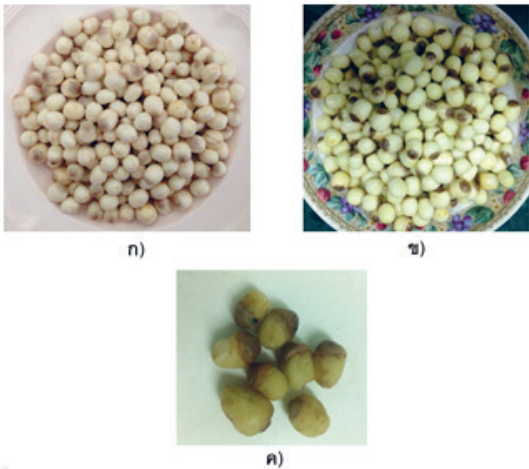
2.4.3 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน (Break-even point)

เป็นการคำนวณหาจุดคุ้มทุนในการใช้
เครื่องลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวงต้นแบบ โดยการ
เปรียบเทียบระหว่างต้นทุนในการลอกเยื่อเมล็ด

บัวหลวงจากการใช้เครื่องต้นแบบและการลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวงด้วยแรงงานคน

3. ผลการวิจัย

ในการทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวงต้นแบบ ผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 4 โดยรูปที่ 4 (ก) แสดงเมล็ดบัวหลวงสดหลังการแกะเปลือกออกแล้วก่อนการทดสอบ ซึ่งหลังจากได้นำไปทดสอบโดยเครื่องลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวงต้นแบบแล้ว จะได้เมล็ดบัวหลวง ดังรูปที่ 4 (ข) ที่พร้อมจะนำไปแปรรูปเป็นเมล็ดบัวอบเพื่อนำไปจำหน่ายต่อไป ส่วนรูปที่ 4 (ค) แสดงเมล็ดบัวหลวงบางส่วนเกิดความเสียหายจากการทดสอบ โดยเมล็ดบัวที่เสียหายพิจารณาจากเมล็ดบัวที่มีรอยแตกเสียหายทุกๆ แบบจากเมล็ดเต็ม ซึ่งเมล็ดบัวที่เสียหายนี้สามารถนำไปบดเป็นแป้งเมล็ดบัวสำหรับทำไส้ขนมได้ต่อไป



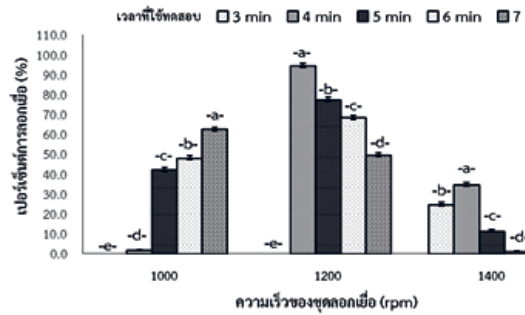
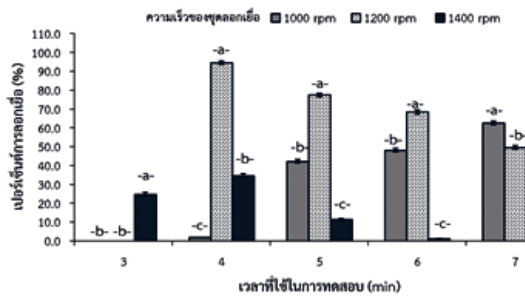
รูปที่ 4 ก) เมล็ดบัวหลวงที่ใช้ทดสอบ
ข) เมล็ดบัวหลวงหลังการลอกเยื่อ และ
ค) เมล็ดบัวที่เสียหายจากการทดสอบ

ผลการทดสอบเครื่องลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวงที่ความเร็วรอบของชุดลอกเยื่อและเวลาในการทดสอบต่างๆ จะนำเสนอตามค่าชี้ผลการศึกษา ดังนี้

3.1 เพอร์เซ็นต์การลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวง

จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า เพอร์เซ็นต์การลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวงมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ทั้งในการทดสอบโดยใช้ความเร็วของชุดลอกเยื่อและที่เวลาในการทดสอบต่างๆ ดังรูปที่ 5

จากผลการทดสอบเครื่องลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวงดังรูปที่ 5 ที่ความเร็วรอบของชุดลอกเยื่อที่ 1,000, 1,200 และ 1,400 รอบต่อนาที โดยกำหนดเวลาในการลอกเยื่อเป็น 3, 4, 5, 6 และ 7 นาที ตามลำดับ พบว่าเมื่อใช้ความเร็วรอบของชุดลอกเยื่อต่ำจะต้องใช้เวลาในการลอกเยื่อนานขึ้นเพื่อให้เครื่องมีเพอร์เซ็นต์การลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวงสูงขึ้น และในกรณีที่เพิ่มความเร็วรอบของชุดลอกเยื่อให้สูงขึ้นและเพิ่มเวลาในการทำงานเพอร์เซ็นต์การลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวงจะลดลงเนื่องจากเมล็ดบัวเกิดความเสียหายเพิ่มขึ้นซึ่งจะกล่าวในหัวข้อต่อไป จากการทดลองเครื่องต้นแบบสามารถลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวงได้ดีที่สุดที่ความเร็วรอบของชุดลอกเยื่อ 1,200 รอบต่อนาที ใช้เวลาทดสอบ 4 นาที มีเพอร์เซ็นต์การลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวง 94.5%



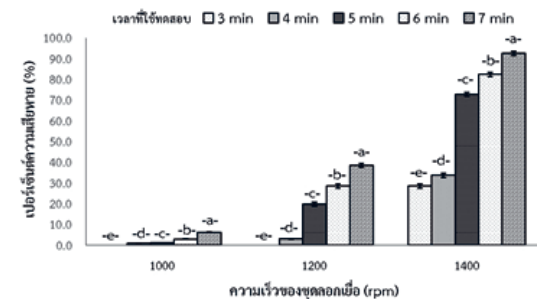
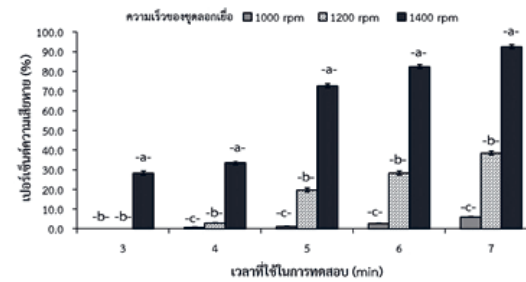
รูปที่ 5 เปอร์เซนต์การลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวงในแต่ละความเร็วของชุดดอกเยื่อที่เวลาในการทดสอบต่างๆ (abcde อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละชุดการทดสอบแสดงว่าเปอร์เซนต์การการลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวงมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05)

3.2 เปอร์เซนต์ความเสียหายของเมล็ดบัวหลวง

จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า เปอร์เซนต์ความเสียหายของเมล็ดบัวหลวงมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ทั้งในการทดสอบโดยใช้ความเร็วของชุดดอกเยื่อและที่เวลาในการทดสอบต่างๆ ดังรูปที่ 6

จากผลการทดสอบเครื่องลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวง ที่ความเร็วรอบของชุดดอกเยื่อที่ 1,000, 1,200 และ 1,400 รอบต่อนาที โดยกำหนดเวลาในการลอกเยื่อเป็น 3, 4, 5, 6 และ 7 นาที ตามลำดับ ดังรูปที่ 6 แสดงให้เห็นว่า เมล็ดบัวหลวงจะเกิดความเสียหายเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเร็วรอบของชุดดอกเยื่อและเวลาในการทำงาน ในกรณีที่ทดสอบที่เวลาเท่ากันเมล็ดบัวจะเกิด

การเสียหายมากขึ้นเมื่อเพิ่มความเร็วรอบของชุดดอกเยื่อ ส่วนกรณีที่ทดสอบที่ความเร็วรอบของชุดดอกเยื่อเดียวกันเมื่อเพิ่มเวลาในการทดสอบให้นานขึ้นเมล็ดบัวจะเกิดการเสียหายมากขึ้นเช่นกัน ดังนั้นจากการทดลองดังกล่าว เครื่องต้นแบบมีเปอร์เซนต์การลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวงสูงสุดที่ความเร็วรอบของชุดดอกเยื่อ 1,200 รอบต่อนาที ใช้เวลาทดสอบ 4 นาที ซึ่งมีเปอร์เซนต์ความเสียหายของเมล็ดบัวหลวง 2.9%



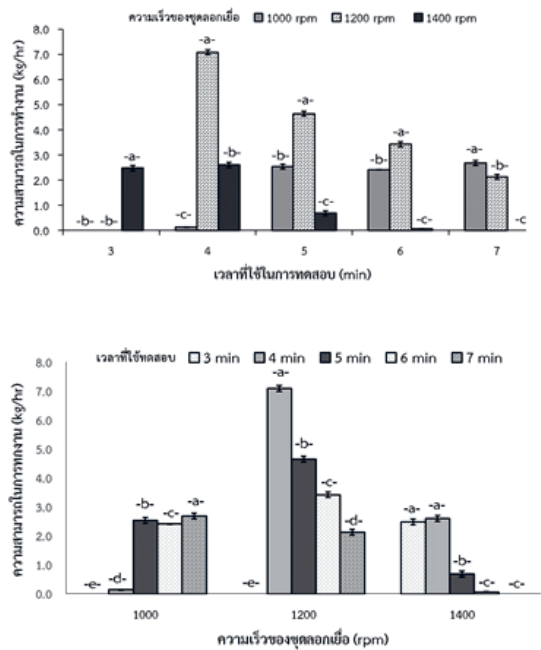
รูปที่ 6 เปอร์เซนต์ความเสียหายของเมล็ดบัวหลวงในแต่ละความเร็วของชุดดอกเยื่อที่เวลาในการทดสอบต่างๆ (abcde อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละชุดการทดสอบแสดงว่าเปอร์เซนต์การลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวงมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05)

3.3 ความสามารถในการทำงานของเครื่อง

จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ความสามารถในการทำงานมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ทั้งในการทดสอบ

โดยใช้ความเร็วของชุดลอกเยื่อและที่เวลาในการทดสอบต่างๆ ดังรูปที่ 7

จากผลการทดลองข้างต้นเครื่องต้นแบบทำงานได้ดีที่สุดที่ความเร็วรอบของชุดลอกเยื่อ 1,200 รอบต่อนาที ใช้เวลาทดสอบ 4 นาที มีความสามารถในการทำงาน 7.1 ± 0.1 กิโลกรัม ชั่วโมง หรือคิดเป็น 56.72 กิโลกรัมต่อวัน (1 วันทำงาน 8 ชั่วโมง) เมื่อเปรียบเทียบกับการทำงานของเกษตรกรที่ทำงานได้เพียง 24-36 kg กิโลกรัมต่อวัน จะเห็นว่าเครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้มากกว่าการทำงานสูงสุดของเกษตรกรถึง 20 กิโลกรัมต่อวัน ดังนั้นจึงได้เลือกใช้ความสามารถในการทำงาน 7.1 กิโลกรัม ชั่วโมง ไปใช้ในการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมต่อไป

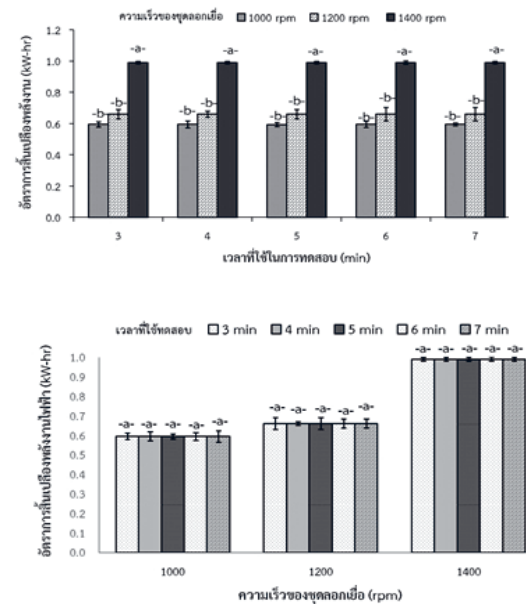


รูปที่ 7 ความสามารถในการทำงานในแต่ละความเร็วของชุดลอกเยื่อที่เวลาในการทดสอบต่างๆ (abcde อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละชุดทดสอบแสดงว่าเปอร์เซ็นต์การลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวงมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05)

3.4 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า

จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ในการทดสอบโดยใช้ความเร็วของชุดลอกเยื่อต่างกัน และไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ในการทดสอบโดยใช้ที่เวลาในการทดสอบต่างๆ ดังรูปที่ 8

จากผลการทดสอบ ดังรูปที่ 8 พบว่าช่วงความเร็วที่ใช้ขับชุดลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวงมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามความเร็วการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ามีค่าระหว่าง 0.59-0.99 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ซึ่งจะนำค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ขับที่ความเร็วรอบของชุดลอกเยื่อ 1,200 รอบต่อนาที เท่ากับ 0.66 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ไปเป็นค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมต่อไป



รูปที่ 8 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าในแต่ละความเร็วของชุดลอกเยื่อที่เวลาในการทดสอบต่างๆ (abcde อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละชุดการทดสอบแสดงว่าเปอร์เซ็นต์การลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวงมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05)

3.5 ผลการวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์

จากผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม โดยคิดที่ราคาเครื่องต้นแบบ 11,700 บาท อายุการใช้งาน 5 ปี อัตราดอกเบี้ย 10% ใช้ผู้ควบคุมเครื่อง 1 คน ความสามารถในการทำงาน 7.1 กิโลกรัมชั่วโมง อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า 0.66 กิโลวัตต์-ชั่วโมง เมื่อใช้เครื่องต้นแบบทำงาน 6 เดือน หรือ 1,440 ชั่วโมงต่อปี (ทำงานวันละ 8 ชั่วโมง) มีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของเครื่อง 3.9 บาทต่อกิโลกรัม ระยะเวลาคืนทุน 3.4 ปี และการทำงานที่จุดคุ้มทุน 1,170 ชั่วโมงต่อปี เมื่อเปรียบเทียบกับแรงงานคน 1 คน มีค่าใช้จ่ายเฉลี่ย 10 บาทต่อกิโลกรัม

4. สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบสมรรถนะเครื่องลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวงโดยใช้ค่าชีวิตการศึกษา คือ เปอร์เซ็นต์การลอกเยื่อ เปอร์เซ็นต์ความเสียหาย ความสามารถในการทำงาน และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า พบว่าเครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้ดีที่สุดที่ความเร็วรอบของชุดลอกเยื่อ 1,200 รอบต่อนาที ใช้เวลาทำงาน 4 นาที มีเปอร์เซ็นต์การลอกเยื่อ 94.5% เปอร์เซ็นต์ความเสียหาย 2.9% ความสามารถในการทำงาน 7.1 กิโลกรัมชั่วโมง และใช้พลังงานไฟฟ้า 0.66 กิโลวัตต์-ชั่วโมง และจากการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการใช้เครื่องลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวง พบว่าค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของเครื่อง 3.90 บาทต่อกิโลกรัม ระยะเวลาคืนทุน 3.4 ปี และการทำงานที่จุดคุ้มทุน 1,170 ชั่วโมงต่อปี เมื่อเปรียบเทียบกับแรงงานคน ซึ่งเครื่องต้นแบบสามารถที่จะพัฒนาเพื่อใช้ทดแทนแรงงานคนได้ต่อไปในอนาคต

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่ายประจำปี 2560 ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โดยคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) รวมทั้งภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่สนับสนุนสถานที่และอุปกรณ์ในการทดสอบต่างๆ

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Suksawat W. 7 benefits of Thai grains [Internet]. Bangkok. 2017 Jun-[cited 2018 April 23]; Available from: <http://www.tnews.co.th/contents>.
- [2] Lotus production situation [Internet]. Bangkok. Department of Agriculture Extension. [updated 2017 May 16; cited 2018 Jul 9]. Available from: <http://www.doae.go.th/LIBRARY/>.
- [3] Suwannaro T. Lotus farming. Extension and Training Office. Bangkok: Kasetsart University; 2007.
- [4] Lotus field in Nakhon Phanom province of Thailand [Internet]. Bangkok, Matichon Online. 2016 Jun- [cited 2016 Feb 16]. Available from: <http://www.matichon.co.th/news>.
- [5] Mueangsuk S. Lotus farming in Bueng Kan [Internet]. Bangkok, kaosod Online. 2016 Feb- [cited 2016 Feb 15]. Available from: https://www.kaosod.co.th/view_newsonline.php?newsid.

- [6] Vjittwittayapong P. 2552. Lotus seeds product of Phichit [Internet]. Bangkok, Matichon Online. 2013 Jun- [cited 2013 Feb 13]. Available from: http://www.matichon.co.th/matichon/view_news.
- [7] Pimparain P, Srisudto P, and Upmagay T. Design and development of a lotus seed peeling machine. [Engineering Project]. Pathum thani: Rajamangala University of Technology Thanyaburi; 2009. (in Thai)
- [8] Langkapin J, Parnsakhorn S, Kalsirisilp R, Prorod M, and Khotpromsrt N. Study and testing of a lotus seed peeling machine. Journal of Engineering RMUTT. 2018;1:35-42. (in Thai)
- [9] Langkapin J. Theory of agricultural machines. 1st ed. Bangkok: Triple Education Co., Ltd; 2015. (in Thai)
- [10] Krutz, G, Thomson, L and Claar, P. Design of agricultural machinery. 1st ed. New York: John Wiley and Sons, 1994.
- [11] Shigley, J.E. and Mischke, C.R. Mechanical engineering design. 5th ed, USA: McGraw-Hill Book Company; 1989.
- [12] Langkapin J. Solidworks. 3rd. Bangkok: Triple Education Co., Ltd; 2018. (in Thai)
- [13] Hunt, D. Farm power and machinery. 10th ed. Iowa, USA: Iowa State University Press; 2001.