

การศึกษาและทดสอบชุดคัดขนาดเมล็ดบัวหลวง

จตุรงค์ ลังกาพินธุ์^{1*} สุนัน ปานสาคร² รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์³ เกียรติกร แคมสิม่วง⁴

มรกต ภูคำทอง⁵ และ พิเชฐ สุวรรณวิจิตร⁶

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, leaw44@yahoo.com⁵, j.jaturong2517@gmail.com⁶

^{1*-6} ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Received	: 19-Mar-2019
Revised	: 30-Apr-2019
Accepted	: 5-Jun-2019

บทคัดย่อ

ชุดคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงถูกสร้างขึ้นเพื่อศึกษาและทดสอบหาหลักการทำงานที่มีแนวโน้มเหมาะสมที่สุดใน การคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงสำหรับการออกแบบเครื่องคัดขนาดเมล็ดบัวหลวง ชุดทดสอบประกอบด้วย โครงสร้างหลัก ชุดคัดขนาด ถังป้อนเมล็ด ระบบส่งกำลัง และใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า เป็นต้นกำลัง หลักการทำงานของ เครื่องเริ่มจากผู้ทำงานป้อนเมล็ดบัวหลวงลงในช่องป้อนเมล็ดบัวหลวงเข้าทางด้านบนของเครื่อง หลังจากนั้นเมล็ดบัว หลองจะไหลเข้าสู่ชุดคัดขนาดที่ประกอบด้วยตะแกรงโยก 3 ชั้น ที่สามารถคัดขนาดเมล็ดบัวได้ 3 ขนาด และเมล็ดบัว หลองที่ผ่านการคัดขนาดจะไหลสู่ช่องทางออกต่างๆ ทางด้านหน้าเครื่อง จากการทดสอบโดยใช้ช่องป้อน 3 ขนาด และ ใช้ความเร็วรอบของเพลาขับเคลื่อนชุดคัดขนาด 115, 125 และ 135 รอบต่อนาที ตามลำดับ พบว่าชุดคัดขนาดเมล็ดบัวหลวง สามารถทำงานได้ดีที่สุดที่ช่องป้อนขนาดกลาง (5x5 เซนติเมตร²) และความเร็วของเพลาขับเคลื่อน 115 รอบต่อนาที มีความสามารถในการทำงาน 118.5 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความแม่นยำในการคัดขนาด 89.8% ไม่มีเมล็ดบัวหลวง เสียหาย และใช้พลังงานไฟฟ้า 0.61 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

คำสำคัญ: การออกแบบ เครื่องคัดขนาด เมล็ดบัวหลวง บัวหลวง

Study and Testing of Lotus Seeds Sizing Unit

Jaturong Langkapin^{1*} Sunan Parnsakhorn² Roongruang Kalsirisilp³
Grianggai samseemoung⁴ Marukod Pookamkong⁵ and Pichet Suwanwijit⁶
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, leaw44@yahoo.com⁵, j.jaturong2517@gmail.com⁶

¹⁻⁶ Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

Received	: 19-Mar-2019
Revised	: 30-Apr-2019
Accepted	: 5-Jun-2019

Abstract

The lotus seeds sizing unit was fabricated to study and testing of factors affecting the grading of lotus seeds for designing the lotus seeds sizing machine. The testing unit consists of the main frame, the seeds sizing unit, the hopper, the power transmission unit, and a 1 hp electric motor, which was used as a prime mover. In the operation, the lotus seeds were fed manually into feeding chute at the top of the machine, then these were falls through the seed sizing unit, met a set of 3 flat sieves that serves to grading in 3 sizes, then after sizing the seeds were released through outlet chute at in front of the machine. The prototype has been tested for 3 sizes of feeding, and at the cam shaft speed of 115, 125 and 135 rpm, respectively indicated that the optimal performance was achieved when the machine was operated at cam shaft speed 115 rpm, using medium size of feeding (5x5 cm²). The working capacity was 118.5 kg/hour, percentage of grading was found to be 89.8% with no percentage of damaged seeds. It consumed 0.61 kW-hour of energy.

Keywords: design, sizing machine, lotus seed, lotus

1. บทนำ

ลูกบัวหรือเมล็ดบัวคือส่วนเมล็ดที่อยู่ในฝักบัวหลวง มีลักษณะกลมรี เนื้อในสีขาวอมเหลือง เมล็ดบัวสดมีวิตามินซีสูง ส่วนเมล็ดบัวแห้งมีส่วนประกอบหลักเป็นคาร์โบไฮเดรตกว่าร้อยละ 60 มีโปรตีนสูงเช่นเดียวกับถั่วเหลือง ลูกเดือย และข้าวฟ่าง นอกจากนั้นยังมีฟอสฟอรัส เหล็ก และมีแคลเซียมสูงในตำราแพทย์แผนจีน เมล็ดบัวมีฤทธิ์เป็นกลาง ช่วยบำรุงเลือด บำรุงหัวใจ รวมถึงอวัยวะภายในร่างกาย ช่วยบำรุงข้อ [1, 2] ภาครัฐได้สนับสนุนให้ปลูกบัวหลวงเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีน้ำท่วมขังไม่สามารถปลูกพืชชนิดอื่นได้ เนื่องจากบัวหลวงสามารถเจริญเติบโตได้ดีในทุกพื้นที่ของประเทศไทย [3] เกษตรกรจำนวนมากในหลายจังหวัดได้เปลี่ยนมายึดการปลูกบัวเป็นอาชีพหลักแทนการปลูกข้าว เนื่องจากปัจจุบันการทำนาข้าวประสบปัญหาทั้งในเรื่องการขาดน้ำ และราคาข้าวไม่แน่นอน นาบัวจึงเป็นทางเลือกใหม่ทางหนึ่งที่มีความเหมาะสมกับพื้นที่นาข้าว อีกทั้งนาบวยังสามารถดูแลรักษาง่ายกว่านาข้าว มีโรคและแมลงรบกวนน้อย ใช้น้ำน้อยกว่า สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตทั้งในรูปดอกตูมและเก็บเมล็ด ซึ่งผลผลิตทั้งสองรูปแบบนี้ยังเป็นที่ต้องการของทั้งในประเทศและต่างประเทศ [3, 4, 5]

ปัจจุบันมีหลายจังหวัดได้นำเมล็ดบัวหลวงไปแปรรูปเป็นสินค้าโอท็อป เช่น วิสาหกิจชุมชนกลุ่มสตรีบึงสีไฟ อ.เมือง จ.พิจิตร ผลิต “เมล็ดบัวอบกรอบ” บรรจุกล่องพลาสติกและดีบัวแคปซูลจำหน่ายเป็นสินค้าโอท็อป ซึ่งมียอดขายเฉลี่ยแต่ละปีกว่า 1.2 ล้านบาท [6]

เมล็ดบัวหลวงที่จะนำไปแปรรูปในปัจจุบันเริ่มจากการคัดแยกเมล็ดบัวที่มีขนาดเล็กออก แคะเปลือกโดยใช้มีด และลอกเยื่อจนได้เมล็ดบัวสีขาว ซึ่งขั้นตอนการทำงานดังกล่าวยังใช้แรงงานคนเป็นหลัก ทำให้ต้องใช้เวลาในการเตรียมเมล็ดบัวเพื่อการแปรรูปสูง อีกทั้งในประเทศไทยยังไม่มีเครื่องทุ่นแรงสำหรับใช้ในกระบวนการแปรรูปเมล็ดบัวหลวง ส่วนเครื่องทุ่นแรงที่มีใช้ในต่างประเทศ เช่นในประเทศจีนนั้นไม่เหมาะที่จะนำมาใช้กับเมล็ดบัวพันธุ์ที่นิยมปลูกในประเทศไทยเนื่องจากเมล็ดบัวหลวงมีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกัน และราคานำเข้าค่อนข้างแพง จึงได้มีการวิจัยและพัฒนาเครื่องแคะและลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวง [7, 8] รวมทั้งเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงขึ้น [9, 10] เพื่อใช้งานในประเทศ ซึ่งเครื่องต้นแบบดังกล่าวที่ได้วิจัยมีเปอร์เซ็นต์ในการแคะและการกะเทาะเมล็ดบัวหลวงระหว่าง 79.8 - 81.0% จะเห็น

ว่าเครื่องต้นแบบไม่สามารถแคะหรือกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวได้ประมาณ 20% เนื่องจากเมล็ดบัวกลุ่มนี้มีขนาดเล็กกว่าเมล็ดบัวกลุ่มที่แคะหรือกะเทาะได้สมบูรณ์ ซึ่งกรณีของเครื่องแคะเมล็ดบัวหลวงต้องทำการปรับตั้งระยะใบมีดของเครื่องให้เล็กลงจึงจะสามารถแคะเปลือกของเมล็ดบัวดังกล่าวได้ ส่วนเครื่องกะเทาะเปลือกก็ต้องปรับตั้งระยะของลูกกะเทาะให้เล็กลงเช่นกันทำให้เสียเวลาในการทำงาน ถ้ามีการคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงก่อนป้อนเข้าเครื่องจะทำให้เครื่องดังกล่าวมีประสิทธิภาพการทำงานสูงขึ้น

ดังนั้นเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตผลิตภัณฑ์สินค้าโอท็อปของวิสาหกิจชุมชนให้สูงขึ้น จึงได้ทำการวิจัยเพื่อหาค่าที่เหมาะสมในการออกแบบและสร้างเครื่องคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงเพื่อลดเวลาการทำงานในขั้นตอนการคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงในกระบวนการแปรรูปเมล็ดบัวหลวง

2. อุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างชุดทดสอบการคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงสำหรับศึกษาค่าที่เหมาะสมในการออกแบบเครื่องคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงที่ปลูกในประเทศไทย ซึ่งมีระเบียบวิธีการวิจัย ดังนี้

2.1 ศึกษาข้อมูลที่เป็นต่อการออกแบบ

2.1.1 ศึกษาปัญหาและวิธีการแคะเปลือกเมล็ดบัวหลวง

วัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงปัญหาและวิธีการแคะเปลือกเมล็ดบัวหลวงของเกษตรกรในปัจจุบัน เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับออกแบบและเปรียบเทียบการทำงานระหว่างเครื่องคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงให้สอดคล้องกับวิธีที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน จากการสัมภาษณ์กลุ่มแม่บ้านบึงสีไฟ อ.เมือง จ.พิจิตร ได้ผลการศึกษาดังนี้

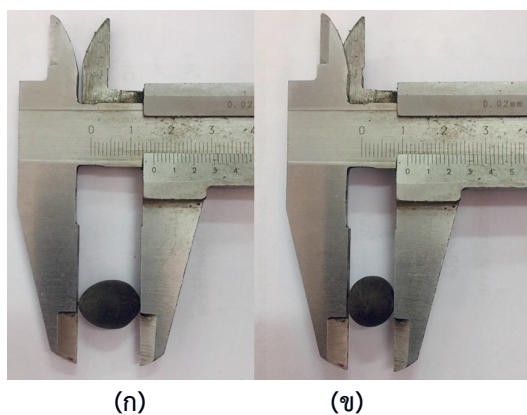
- แรงงานในกระบวนการผลิตมาจากแรงงานในกลุ่มสหกรณ์ในชุมชนซึ่งมีสมาชิก 30 คน หรือหมู่บ้านใกล้เคียง ซึ่งในปัจจุบันจำนวนแรงงานมีจำนวนลดลง
- ค่าจ้างแรงงานสำหรับคัดแยกเมล็ดบัว การแคะและลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวง 10 บาทต่อกิโลกรัม
- ปริมาณคัดแยกเมล็ดบัว การแคะและลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวงในแต่ละวันประมาณ 24-36 กิโลกรัม (ทำงานไม่เกิน 8 ชั่วโมง) โดยขึ้นอยู่กับความชำนาญในการทำงานของแรงงานแต่ละคน

- ปัญหาที่พบในขั้นตอนคัดแยกเมล็ดบัว การแกะและลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวง คือ ความล่าช้าในการทำงาน ความไม่ปลอดภัยในการทำงาน เช่น เกิดอุบัติเหตุจากมีดบาด [7, 8]

2.1.2 ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดบัวหลวง

การศึกษาในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของเมล็ดบัวหลวงสำหรับใช้ในการออกแบบชุดทดสอบและเครื่องต้นแบบ ได้แก่ ความยาว (ก) และเส้นผ่านศูนย์กลาง (ข) ของเมล็ดบัวหลวง ดังรูปที่ 1 และความชื้นของเมล็ดบัวหลวงแห้ง (การหาความชื้นจะหาตามวิธีของ ASAE [11]) โดยเมล็ดบัวหลวงที่ใช้ศึกษาเป็นเมล็ดบัวหลวงแห้งที่เก็บจากบึงสีไฟ อ.เมือง จ.พิจิตร จากการสุ่มวัดขนาดเมล็ดบัวหลวงแห้งจำนวน 200 เมล็ด ด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์ ได้เส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 11.2-12.7 mm มีค่าเฉลี่ย 11.8 ± 0.29 mm ความยาวระหว่าง 15.0-18.3 mm ค่าเฉลี่ย 16.1 ± 0.5 mm และความชื้นของเมล็ดบัว 7.5% w.b.

จากการวิเคราะห์หาค่าความถี่ของเส้นผ่านศูนย์กลางของเมล็ดบัวหลวงแห้ง โดยแบ่งขนาดของเมล็ดบัวออกเป็น 3 กลุ่ม คือ เมล็ดบัวขนาดเล็ก (เส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 11.5 mm) ขนาดกลาง (เส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 11.5-12.0 mm) และขนาดใหญ่ (เส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า 12.0 mm) พบว่าเมล็ดบัวหลวงอยู่ในกลุ่ม ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ เท่ากับ 11, 65 และ 24% ตามลำดับ โดยจะใช้ขนาดทั้ง 3 กลุ่มนี้กำหนดขนาดของรูตะแกรงของชุดคัดขนาด



รูปที่ 1 ความยาว (ก) และเส้นผ่านศูนย์กลาง (ข) ของเมล็ดบัวหลวง

2.2 ออกแบบและสร้างชุดทดสอบการคัดขนาดเมล็ดบัวหลวง

ชุดทดสอบการคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงได้ออกแบบและสร้างขึ้นโดยใช้ข้อมูลที่เป็นต่อการออกแบบแล้ว ยังได้ประยุกต์ใช้ความรู้และหลักการออกแบบเครื่องจักรกลและเครื่องจักรกลเกษตร [12, 13, 14] รวมทั้งโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบและเขียนแบบ [15] ซึ่งมีส่วนประกอบหลักดังรูปที่ 2 (ก) คือ โครงสร้างหลัก ชุดคัดขนาด ถังป้อนเมล็ด ระบบส่งกำลัง และใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า เป็นต้นกำลัง มีรายละเอียด ดังนี้

โครงสร้างหลัก ใช้สำหรับติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ของเครื่องต้นแบบ มีขนาด 600x1,152x900 มิลลิเมตร (กว้างxยาวxสูง) สร้างจากเหล็กฉากขนาด 40x40 มิลลิเมตร หนา 4 มิลลิเมตร เชื่อมประกอบกันเป็นโครงสร้าง โดยอุปกรณ์ส่วนใหญ่ถูกยึดเข้ากับโครงสร้างด้วยน็อตและสกรู

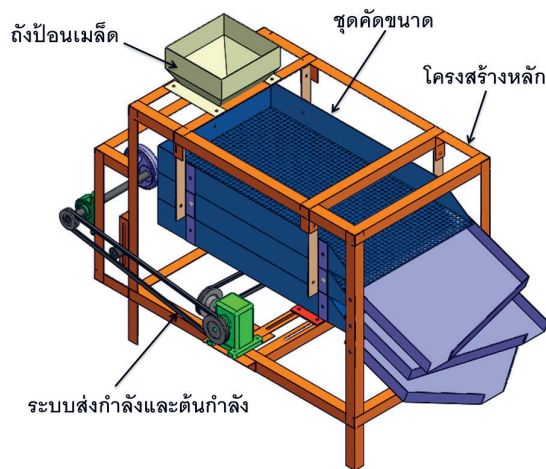
ชุดคัดขนาดเมล็ดบัวหลวง ทำหน้าที่คัดขนาดเมล็ดบัวหลวงออกเป็น 3 ขนาด สร้างจากตะแกรงเหล็ก (เจาะรูกลม) และเหล็กแผ่นหนา 2 มิลลิเมตร ประกอบด้วยตะแกรง 2 ชั้น ตะแกรงชั้นบนสุดรูตะแกรงขนาด 12 มิลลิเมตร (ใช้คัดขนาดเมล็ดบัวที่มีขนาดใหญ่กว่า 12 มิลลิเมตร) ตะแกรงชั้นกลางมีขนาดรู 11.5 มิลลิเมตร (ใช้คัดขนาดเมล็ดบัวที่มีขนาดระหว่าง 11.5-12 มิลลิเมตร) ส่วนชั้นสุดท้ายจะเป็นถาดรองรับเมล็ดที่มีขนาดเล็กกว่า 11.5 มิลลิเมตร ชุดตะแกรงมีขนาด 500x900 มิลลิเมตร (กว้างxยาว) ติดตั้งกับโครงสร้างหลักโดยไม่มีความลาดเอียง ใช้ลูกเบี้ยวเยื้องศูนย์เป็นอุปกรณ์ควบคุมการเคลื่อนที่โยกไปกลับของชุดคัดขนาด และใช้ชุดลูกเบี้ยวขนาดเล็กติดตั้งที่ด้านล่างของชุดคัดขนาด เพื่อให้ตะแกรงคัดขนาดเกิดการสั่นสะเทือนป้องกันไม่ให้เมล็ดบัวหลวงที่มีขนาดพอดีกับรูตะแกรงเข้าไปติดกับรูตะแกรง

ถังป้อนเมล็ดถูกออกแบบให้มีปริมาตรบรรจุเมล็ดบัวหลวงขั้นต่ำ 5 กิโลกรัม สร้างจากเหล็กแผ่นหนา 2 มิลลิเมตร เชื่อมประกอบกันมีลักษณะดังรูปที่ 2 ช่องทางออกของถังป้อนเมล็ดที่ป้อนเมล็ดบัวเข้าสู่ชุดคัดขนาด สามารถปรับขนาดช่องป้อนได้ 3 ระดับ คือ ขนาดเล็ก (5×3 เซนติเมตร²) ขนาดกลาง (5×5 เซนติเมตร²) และขนาดใหญ่ (5×10 เซนติเมตร²)

ระบบส่งกำลัง การส่งกำลังไปยังส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องต้นแบบ เช่น ลูกเบี้ยวเยื้องศูนย์ จะใช้

พูลเลย์และสายพาน เนื่องจากออกแบบง่าย ไม่เกิดเสียงดังขณะทำงาน และราคาถูก

หลักการทำงานของเครื่องเริ่มจากผู้ทำงานป้อนเมล็ดบัวหลวงลงในถังป้อนเมล็ดบัวหลวงเข้าทางด้านบนของเครื่อง หลังจากนั้นเมล็ดบัวหลวงจะไหลเข้าสู่ชุดคัดขนาดที่ประกอบด้วยตะแกรงโยก 3 ชั้น ที่สามารถคัดขนาดเมล็ดบัวได้ 3 ขนาด และเมล็ดบัวหลวงที่ผ่านการคัดขนาดจะไหลสู่ช่องทางออกต่างๆ ทางด้านหน้าเครื่อง เพื่อให้เมล็ดบัวหลวงไหลออกมาสู่ภาชนะที่รองรับ ซึ่งเครื่องต้นแบบที่สร้างเสร็จแสดงดังรูปที่ 2(ข)



ก) แบบเครื่องต้นแบบเขียนด้วยโปรแกรมด้าน CAD



ข) ชุดทดสอบการคัดขนาดเมล็ดบัวหลวง

รูปที่ 2 แบบและชุดทดสอบการคัดขนาดเมล็ดบัวหลวง

2.3 ทดสอบและประเมินสมรรถนะชุด

ทดสอบ

ชุดทดสอบการคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงได้ถูกทดสอบและประเมินสมรรถนะในการทำงาน รวมทั้งความแม่นยำในการคัดขนาดเมล็ดบัวหลวง โดยใช้ความแม่นยำในการคัดขนาด ความสามารถในการทำงานจริง เปอร์เซ็นต์ความเสียหายของเมล็ด และการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นค่าชี้ผลการศึกษา ซึ่งคำนวณได้จากสมการ ดังนี้

1) ความแม่นยำในการคัดขนาด (%)

$$\frac{\text{น้ำหนักของเมล็ดบัวหลวงที่มีขนาดถูกต้องหลังการคัด}}{\text{น้ำหนักของเมล็ดบัวหลวงตามขนาดที่กำหนดทั้งหมด}} \times 100 \quad (1)$$

2) ความสามารถในการทำงานจริง (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

$$\frac{\text{น้ำหนักของเมล็ดบัวหลวงที่คัดได้}}{\text{เวลาในการทำงานทั้งหมด}} \times 100 \quad (2)$$

3) เปอร์เซ็นต์ความเสียหายของเมล็ด (%)

$$\frac{\text{น้ำหนักของเมล็ดบัวหลวงที่เสียหาย}}{\text{น้ำหนักของเมล็ดบัวหลวงทั้งหมด}} \times 100 \quad (3)$$

4) การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (kW-hr)

$$= \frac{IVt}{1000} \quad (4)$$

เมื่อ I = กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)

V = แรงเคลื่อนไฟฟ้า (โวลต์)

t = เวลา (ชั่วโมง)

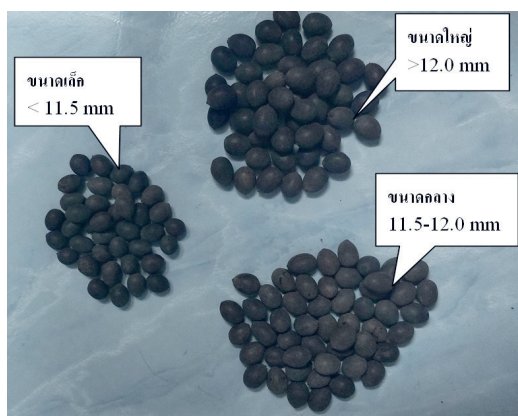
จากการทดสอบเบื้องต้นพบว่าต้องเดินเครื่องที่ความเร็วรอบของเพลาลูกเบี้ยวน้อยกว่า 135 รอบต่อนาที ซึ่งถ้าความเร็วของเพลาลูกเบี้ยวสูงกว่านี้เมล็ดบัวหลวงจะไหลเคลื่อนที่เร็วทำให้ความแม่นยำในการคัดขนาดลดลง ดังนั้นปัจจัยที่ทำการศึกษามี 2 ปัจจัย คือ ขนาดช่องป้อน 3 ระดับ คือ ขนาดเล็ก (5x3 เซนติเมตร²) ขนาดกลาง (5x5 เซนติเมตร²) และขนาดใหญ่ (5x10 เซนติเมตร²) เข้าสู่ชุดตะแกรงคัดขนาด และความเร็วของเพลาลูกเบี้ยว 3 ระดับ คือ 115, 125 และ 135 รอบต่อนาที

การทดสอบใช้เมล็ดบัวหลวงพันธุ์พุ่มตลอดการทดสอบ โดยแต่ละการทดสอบใช้เมล็ดบัวหลวง 3 กิโลกรัม ป้อนลงในถังป้อนอย่างต่อเนื่อง ประกอบด้วยเมล็ดบัวหลวงที่มีขนาดใหญ่กว่า 12.0 มิลลิเมตร ขนาดระหว่าง 11.5-12.0 มิลลิเมตร และขนาดเล็กกว่า 11.5 มิลลิเมตร อย่างละ 1 กิโลกรัม ผสมรวมกัน และบันทึกเวลาที่ใช้ในการทำงานทั้งหมด กระแสไฟฟ้า น้ำหนัก

เมล็ดบัวที่ไหลออกมาจากช่องทางออกต่างๆ น้ำหนักเมล็ดบัวที่ปนกับเมล็ดบัวขนาดอื่น และน้ำหนักเมล็ดบัวที่เสียหาย เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณค่าชี้ผลการศึกษา และวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เวอร์ชัน 20 ที่ระดับความแตกต่างทางสถิติ 95% (One-way analysis of variance (ANOVA)) และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธีของ Duncan New's Multiple Range Test (DMRT)

3. ผลการวิจัย

ในการทดสอบสมรรถนะการทำงานของชุดคัดขนาดเมล็ดบัวหลวง เครื่องสามารถคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงได้ 3 ขนาด แสดงดังรูปที่ 3 คือ ขนาดใหญ่กว่า 12.0 มิลลิเมตร ขนาดระหว่าง 11.5-12.0 มิลลิเมตร และขนาดเล็กกว่า 11.5 โดยการทดสอบไม่พบเมล็ดบัวหลวงที่แตกเสียหายหลังจากการทดสอบ



รูปที่ 3 เมล็ดบัวหลวงหลังการทดสอบ

ซึ่งผลการทดสอบชุดคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงที่ขนาดช่องป้อนและความเร็วของเพลาลูกเบี้ยวต่างๆ จะนำเสนอตามค่าชี้ผลการศึกษา ดังนี้

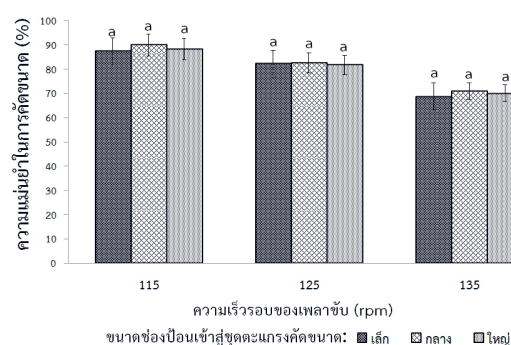
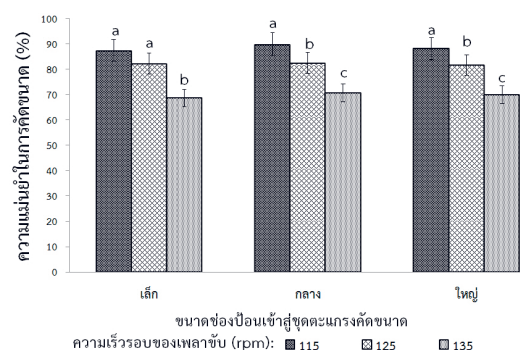
3.1 ความแม่นยำในการคัดขนาด

จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าความแม่นยำในการคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ในการทดสอบโดยใช้ความเร็วของเพลาลูกเบี้ยวต่างๆ ของแต่ละกลุ่มขนาดช่องป้อน และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในการทดสอบโดยใช้ขนาดช่องป้อนต่างๆ ของแต่ละกลุ่มความเร็วของเพลาลูกเบี้ยว ดังรูปที่ 4

จากผลการทดสอบชุดคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงดังรูปที่ 4 ที่ขนาดช่องป้อน ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ โดยกำหนดความเร็วของเพลาลูกเบี้ยว 115, 125 และ 135 รอบต่อนาที ตามลำดับ พบว่ามีค่าความแม่นยำในการคัดขนาดระหว่าง 68.7- 89.8% จะเห็นว่าเมื่อเพิ่มความเร็วรอบของเพลาลูกเบี้ยวขึ้น ความแม่นยำในการคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงจะลดลงในทุกๆ ขนาดของช่องป้อน เนื่องจากเมล็ดบัวหลวงจะไหลเคลื่อนที่เร็วขึ้นเมื่อเพิ่มความเร็วรอบทำให้ความแม่นยำในการคัดขนาดลดลงนั่นเอง

ส่วนในกรณีที่ทดสอบโดยใช้ความเร็วรอบในกลุ่มเดียวกัน พบว่าขนาดของช่องป้อนต่างๆ ไม่มีผลต่อความแม่นยำในการคัดขนาดเมล็ดบัวหลวง

จากผลการทดลองชุดทดสอบสามารถคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงได้ดีที่สุดที่ช่องป้อนขนาดกลาง (5x5 เซนติเมตร²) และความเร็วของเพลาลูกเบี้ยว 115 รอบต่อนาที มีความแม่นยำในการคัดขนาด 89.8%



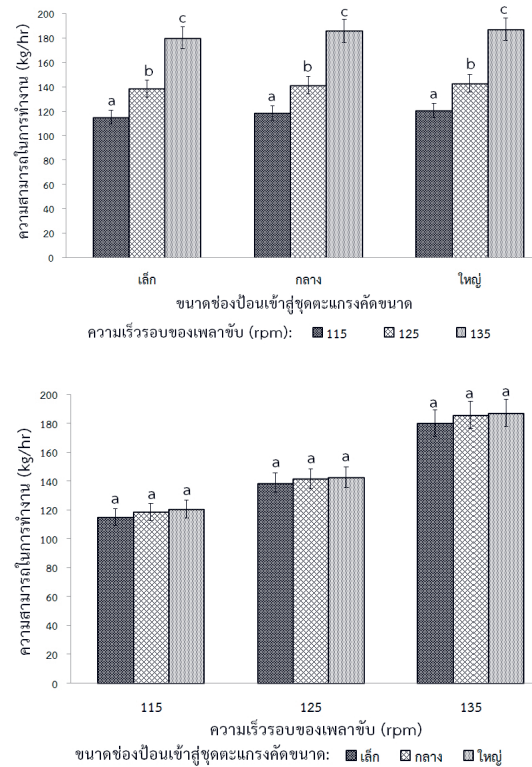
รูปที่ 4 ความแม่นยำในการคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงที่ขนาดช่องป้อนและความเร็วของเพลาลูกเบี้ยวต่างๆ (abc อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละชุดการทดสอบแสดงว่าความแม่นยำในการคัดขนาดมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05)

3.2 ความสามารถในการทำงานของเครื่อง

จากการวิเคราะห์ทางสถิติดังรูปที่ 5 พบว่าความสามารถในการทำงานมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ในการทดสอบโดยใช้ความเร็วของเพลาลูกเบี้ยวต่างๆ ของแต่ละขนาดช่องป้อน และไม่มี ความแตกต่างทางสถิติในการทดสอบโดยใช้ขนาดช่องป้อนต่างๆ ของแต่ละกลุ่มความเร็วของเพลาลูกเบี้ยว

จากผลการทดลองโดยใช้ขนาดช่องป้อน และความเร็วของเพลาลูกเบี้ยวต่างๆ ดังรูปที่ 5 พบว่าความสามารถในการทำงานมีค่าระหว่าง 115.2- 187.2 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งความสามารถในการทำงานจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเร็วรอบของเพลาลูกเบี้ยวในทุกๆ ขนาดของช่องป้อน เนื่องจากเมล็ดบัวหลวงจะไหลเคลื่อนที่เร็วขึ้นทำให้เมล็ดบัวเคลื่อนที่เข้าสู่ตะแกรงคัดในปริมาณมากขึ้นและเร็วขึ้น แต่ความแม่นยำในการคัดขนาดก็จะลดลงดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ส่วนในกรณีที่ทดสอบโดยใช้ความเร็วรอบในกลุ่มเดียวกัน พบว่าขนาดของช่องป้อนต่างๆ ไม่มีผลต่อความสามารถในการทำงานเช่นเดียวกับความแม่นยำในการคัดขนาด เมล็ดบัวหลวง

จากผลการทดลองชุดทดสอบสามารถคัดขนาด เมล็ดบัวหลวงได้แม่นยำที่สุด (89.8%) ที่ช่องป้อนขนาดกลาง (5x5 เซนติเมตร²) และความเร็วของเพลาลูกเบี้ยว 115 รอบต่อนาที มีความสามารถในการทำงาน 118.5 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หรือคิดเป็น 948.0 กิโลกรัมต่อวัน (1 วันทำงาน 8 ชั่วโมง) ซึ่งคณะวิจัยจะได้นำค่านี้ไปใช้ในการศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะการทำงานกับเครื่องคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงแบบอื่นๆ ต่อไป เช่น เครื่องคัดแบบตะแกรงทรงกระบอกหมุน และเครื่องคัดขนาดแบบลูกกลิ้งคู่ เป็นต้น

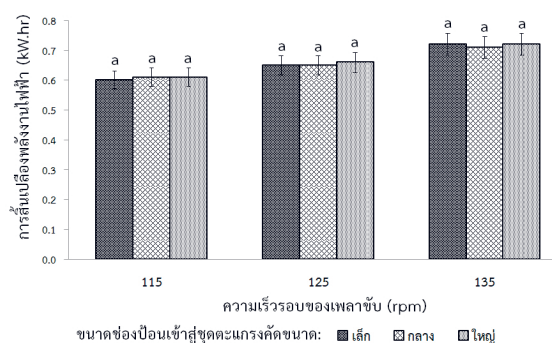
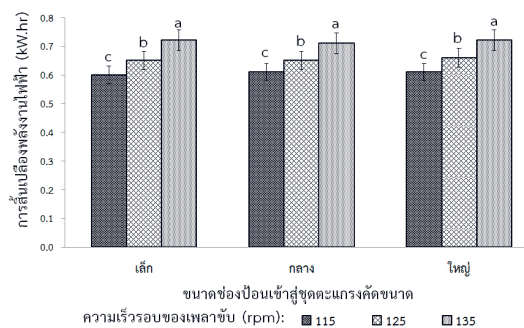


รูปที่ 5 ความสามารถในการทำงานที่ขนาดช่องป้อนและความเร็วของเพลาลูกเบี้ยวต่างๆ (^{abc} อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละชุดการทดสอบแสดงความสามารถในการทำงานมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05)

3.3 การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ในการทดสอบโดยใช้ความเร็วของเพลาลูกเบี้ยวต่างๆ ของแต่ละขนาดช่องป้อน และไม่มี ความแตกต่างทางสถิติในการทดสอบโดยใช้ขนาดช่องป้อนต่างๆ ของแต่ละกลุ่มความเร็วของเพลาลูกเบี้ยว ดังรูปที่ 6

จากผลการทดสอบดังรูปที่ 6 พบว่าช่วงความเร็วที่ใช้ขับเคลื่อนคัดขนาดเมล็ดบัวหลวง มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามความเร็วการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ามีค่าระหว่าง 0.60-0.72 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ซึ่งจะนำค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ขับเคลื่อนความเร็วของเพลาลูกเบี้ยว 115 รอบต่อนาที เท่ากับ 0.61 กิโลวัตต์-ชั่วโมง เปรียบเทียบกับเครื่องคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงแบบอื่นๆ ต่อไป



รูปที่ 6 การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ขนาดช่องป้อนและความเร็วของเพลาลูกเบี้ยวต่างๆ (^{abc}อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละชุดการทดสอบแสดงว่าการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05)

4. สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบสมรรถนะชุดคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงโดยใช้ค่าชี้ผลการศึกษา คือ เปอร์เซ็นต์ความแม่นยำในการคัดขนาด เปอร์เซ็นต์ความเสียหายความสามารถในการทำงาน และการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า พบว่าชุดทดสอบสามารถคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงได้ดีที่สุดที่ช่องป้อนขนาดกลาง (5x5 เซนติเมตร²) และความเร็วของเพลาลูกเบี้ยว 115 รอบต่อนาที มีความแม่นยำในการคัดขนาด 89.8% ไม่มีเมล็ดบัวหลวงเสียหาย ความสามารถในการทำงาน 118.5 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และใช้พลังงานไฟฟ้า 0.61 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ซึ่งค่าที่ได้จากการศึกษานี้สามารถนำไปใช้เปรียบเทียบสมรรถนะการทำงานกับเครื่องคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงแบบอื่นๆ ที่คณะวิจัยจะได้ศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้ได้เครื่องคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงที่เหมาะสมที่สุดสำหรับใช้ทดแทนแรงงานคนได้ในอนาคต

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่ายประจำปี 2562 ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โดยคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) รวมทั้งภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ที่สนับสนุนสถานที่และอุปกรณ์ในการทดสอบต่างๆ

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Jolly R S. Benefits of the lotus plant [Internet]. Mumbai. 2018 October- [cited 2019 January 25]; Available from: <https://caloriebee.com/nutrition/Health-Benefits-Of-Lotus-Roots-Or-Stem-Seeds-Leaves-And-Flowers>.
- [2] Suksawat W. 7 benefits of Thai grains [Internet]. Bangkok. 2017 Jun- [cited 2018 April 23]; Available from: <http://www.tnews.co.th/contents>.
- [3] 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/>.
- [4] Suwannaro T. Lotus farming. Extension and Training Office. Bangkok: Kasetsart University; 2007.
- [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] Vijitwittayapong 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] Langkapin J, Parnsakhorn S, Kalsirisilp R, Prorod M, Khotpromsrt N. Study and testing of a lotus seed peeling machine. Journal of Engineering RMUTT. 2018;1:35-42. (in Thai)

- [8] Langkapin J, Parnsakhorn S, Kalsirisilp R, Samseemoung G, Ngmanil P, Juey T. Design and fabrication of a lotus seed membrane peeling machine. Journal of Engineering RMUTT. 2019;1:127-37. (in Thai)
- [9] Langkapin J, Sunan Parnsakhorn S, Akarakulthon P. Development of a dry lotus seed sheller, Thai Society of Agricultural Engineering Journal. 2015; 1:38-44. (in Thai)
- [10] Langkapin J, Parnsakhorn S, Kalsirisilp R, Sangsawang S. Development of a dried lotus seed sheller, Research Journal RMUTT, 2018;2:11-22. (in Thai)
- [11] Anon. Moisture measurement. ASAE Standard S 410, Agricultural Engineers handbook. 1983; pp. 329-30.
- [12] Langkapin J. Theory of agricultural machines. 1 st ed. Bangkok: Triple Education Co., Ltd; 2015. (in Thai)
- [13] Krutz, G, Thomson, L and Claar, P. Design of agricultural machinery. 1st ed. New York: John Wiley and Sons, 1994.
- [14] Shigley J.E. and Mischke C.R. Mechanical engineering design. 5th ed, USA: McGraw-Hill Book Company; 1989.
- [15] Langkapin J. Solidworks. 3 nd. Bangkok: Triple Education Co., Ltd; 2018. (in Thai)

