

การออกแบบและสร้างเครื่องคัดขนาดเมล็ดบัวหลวง

Design and Fabrication of Lotus Seeds Sizing Machine

จตุรงค์ ลังกาพินธุ์* สุนัน ปานสาคร และ รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์

Jaturong Langkapin*, Sunan Parnsakhorn and Roongruang Kalsirisilp

Received: 27 April 2020, Revised: 9 October 2020, Accepted: 4 November 2020

บทคัดย่อ

เครื่องคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงถูกออกแบบสร้างขึ้นเพื่อศึกษาและทดสอบหาหลักการทำงานที่มีแนวโน้มเหมาะสมที่สุดสำหรับการคัดขนาดเมล็ดบัวหลวง เครื่องต้นแบบประกอบด้วย โครงสร้างหลัก ถังป้อนเมล็ด ชุดคัดขนาด ระบบส่งกำลัง และใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า เป็นต้นกำลัง หลักการทำงานของเครื่องเริ่มจากผู้ทำงานป้อนเมล็ดบัวหลวงลงในถังป้อนเมล็ดเข้าทางด้านบนของเครื่อง หลังจากนั้นเมล็ดบัวหลวงจะไหลเข้าสู่ชุดคัดขนาดที่ประกอบด้วยตะแกรงทรงกระบอก 3 ชั้น ที่สามารถคัดขนาดเมล็ดบัวได้ 3 ขนาด และเมล็ดบัวหลวงที่ผ่านการคัดขนาดจะไหลสู่ช่องทางออกต่างๆ ทางด้านหน้าเครื่อง จากการทดสอบโดยใช้ช่องป้อน 3 ขนาด และใช้ความเร็วรอบของเพลาลำดับชุดคัดขนาด 20, 25 และ 30 รอบต่อนาที ตามลำดับ พบว่าเครื่องคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงสามารถทำงานได้ดีที่สุดที่ช่องป้อนขนาดใหญ่ (15×10 เซนติเมตร²) ด้วยอัตราการป้อน 330 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และความเร็วรอบของเพลาลำดับชุดคัดขนาด 25 รอบต่อนาที (ความเร็วเชิงเส้น 0.67 เมตรต่อวินาที) มีความสามารถในการทำงาน 128.2 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความแม่นยำในการคัดขนาดเฉลี่ย 92.1% โดยเมล็ดบัวหลวงไม่มีความเสียหาย และใช้พลังงานไฟฟ้า 0.33 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

คำสำคัญ: การออกแบบ, เครื่องคัดขนาด, เมล็ดบัวหลวง, บัวหลวง

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thanyaburi, Pathumthani 12110, Thailand.

* ผู้รับผิดชอบประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail): jaturong.l@en.rmutt.ac.th

ABSTRACT

The lotus seeds sizing machine was designed and fabricated to study and test factors affecting the grading of lotus seeds. The machine consists of a main frame, a hopper, a seeds sizing unit, a 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 on the top of the machine, then the seeds fell through the seed sizing unit which composed of 3 cylindrical sieves that served for grading into 3 sizes. After that, seeds were released through outlet chute at the front of the machine. The prototype was tested for 3 different sizes of feeding, and at the seeds sizing unit speed of 20, 25 and 30 rpm, respectively. It indicated that the optimal performance was achieved when the machine was operated at seeds sizing unit rotational speed of 25 rpm (Linear speed of the screen for grading is 0.67 m/s), using large size of feeding ($15 \times 10 \text{ cm}^2$) with feeding rate of 330 kg/hour. The working capacity was 128.2 kg/hour and the percentage of grading was found to be 92.1% with no percentage of damaged seeds. It consumed 0.33 kW-hour of energy.

Key words: design, sizing machine, lotus seed, lotus

บทนำ

บัวหลวงเป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในทุกพื้นที่ของประเทศไทย ดังนั้นภาครัฐจึงได้สนับสนุนให้ปลูกบัวหลวงเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีน้ำท่วมขังไม่สามารถปลูกพืชชนิดอื่นได้ อีกทั้งปัจจุบันการทำนาข้าวประสบปัญหาทั้งในเรื่องการขาดน้ำ และราคาข้าวไม่แน่นอน นาบัวจึงเป็นทางเลือกใหม่ทางหนึ่งที่มีความเหมาะสมกับพื้นที่นาข้าว นาบ้วยังสามารถดูแลรักษาง่ายกว่านาข้าว มีโรคและแมลงรบกวนน้อย ใช้น้ำน้อยกว่า สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตทั้งในรูปดอกตูมและเก็บเมล็ด ซึ่งผลผลิตทั้งสองรูปแบบนี้ยังเป็นที่ต้องการของทั้งในประเทศและต่างประเทศ ทำให้เกษตรกรจำนวนมากในหลายจังหวัดได้เปลี่ยนมายึดการปลูกบัวเป็นอาชีพหลักแทนการปลูกข้าว (Suwannaro, 2007; Mueangsuk, 2016; Anonymous, 2017)

เมล็ดบัวคือส่วนเมล็ดที่อยู่ในฝักบัวหลวง เมล็ดบัวสดจะมีวิตามินซีสูง ส่วนเมล็ดบัวแห้งจะมี

คาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนประกอบหลักมากถึง 60% มีโปรตีนสูง มีฟอสฟอรัสและธาตุเหล็ก แต่ไม่มีไขมัน ในตำราแพทย์แผนจีน เมล็ดบัวมีสรรพคุณเด่นช่วยในเรื่องของการบำรุงเลือด ช่วยขับลม แก้ท้องผูก ท้องเฟ้อ นอกจากนี้ยังมีสรรพคุณทางยาอีกมาก (Suksawat, 2017; Jolly, 2018) ปัจจุบันเมล็ดบัวหลวงได้ถูกนำมาแปรรูปเป็นเมล็ดบัวอบกรอบเป็นสินค้าโอท็อปของหลายจังหวัดที่มีการทำนาบัว วางจำหน่ายตามโมเดิร์นเทรด (Modern Trade) เช่น ที่อปลัสซูเปอร์มาร์เก็ต เซเว่น-อีเลฟเว่น เป็นต้น (Vijitwittayapong, 2013; Langkapin *et al.*, 2018a)

ขั้นตอนการแปรรูปเมล็ดบัวหลวงในปัจจุบัน เริ่มจากการคัดแยกเมล็ดบัวที่มีขนาดเล็กเกินไป และเปลือกโดยใช้มีด และลอกเยื่อจนได้เมล็ดบัวสีขาว ซึ่งขั้นตอนการทำงานดังกล่าวยังใช้แรงงานคนเป็นหลัก ทำให้ต้องใช้เวลาในการเตรียมเมล็ดบัวเพื่อการแปรรูปสูง อีกทั้งในประเทศไทยยังไม่มีเครื่องทุ่นแรงสำหรับใช้ในกระบวนการแปรรูป

เมล็ดบัวหลวง ส่วนเครื่องทุ่นแรงที่มีใช้ในต่างประเทศ เช่นในประเทศจีนนั้นไม่เหมาะที่จะนำมาใช้กับเมล็ดบัวพันธุ์ที่นิยมปลูกในประเทศไทย เนื่องจากเมล็ดบัวหลวงมีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกัน (เมล็ดบัวหลวงของประเทศจีนจะมีขนาดใหญ่และยาวกว่าเมล็ดบัวหลวงที่ปลูกในประเทศไทย) และราคานำเข้าค่อนข้างแพง จึงได้มีการวิจัยและพัฒนาเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง (Langkapin *et al.*, 2018a) และเครื่องลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวง (Langkapin *et al.*, 2019) รวมทั้งเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงขึ้น (Langkapin *et al.*, 2015; Langkapin *et al.*, 2018b) เพื่อใช้งานในประเทศ ซึ่งเครื่องต้นแบบดังกล่าวที่ได้วิจัยมีเปอร์เซ็นต์ในการแกะและการกะเทาะเมล็ดบัวหลวงระหว่าง 79.8 - 81.0% จะเห็นว่าเครื่องต้นแบบไม่สามารถแกะหรือกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวได้ประมาณ 20% เนื่องจากเมล็ดบัวกลุ่มนี้มีขนาดเล็กกว่าเมล็ดบัวกลุ่มที่แกะหรือกะเทาะได้สมบูรณ์ ซึ่งกรณีของเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวงต้องทำการปรับตั้งระยะใบมีดของเครื่องให้เล็กลงจึงจะสามารถแกะเปลือกของเมล็ดบัวดังกล่าวได้ ส่วนเครื่องกะเทาะเปลือกก็ต้องปรับตั้งระยะของลูกกะเทาะให้เล็กลงเช่นกันทำให้เสียเวลาในการทำงาน ดังนั้น จตุรงค์และคณะ จึงได้ออกแบบและสร้างเครื่องคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงขึ้นมาเพื่อใช้งาน แต่เครื่องดังกล่าวยังมีปัญหาในเรื่องของเมล็ดบัวหลวงติดตะแกรงคัดขนาด (Langkapin *et al.*, 2020) ดังนั้นคณะวิจัยจึงได้นำเรื่องนี้มาทำการวิจัยเพื่อพัฒนาเครื่องคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงขึ้นใหม่สำหรับคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงพันธุ์ที่ปลูกในประเทศไทย เช่นบัวหลวงพันธุ์พุม ให้ง่ายสมรรถนะการทำงานที่ดีขึ้นและเพิ่มประสิทธิภาพให้กับเครื่องแกะและเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มีระเบียบวิธีการวิจัย ดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลที่เป็นต่อการออกแบบ

1.1 ศึกษาปัญหาและวิธีการแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงเพื่อแปรรูป

วัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงปัญหาและวิธีการแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงของเกษตรกรในปัจจุบัน เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับออกแบบและเปรียบเทียบการทำงานระหว่างเครื่องคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงให้สอดคล้องกับวิธีที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน จากการสัมภาษณ์กลุ่มแม่บ้านบึงสีไฟ อ.เมือง จ.พิจิตร ได้ผลการศึกษา ดังนี้

- แรงงานในกระบวนการผลิตมาจากแรงงานในกลุ่มสหกรณ์ในชุมชนซึ่งมีสมาชิก 30 คน หรือหมู่บ้านใกล้เคียง ซึ่งในปัจจุบันจำนวนแรงงานมีจำนวนลดลง

- ค่าจ้างแรงงานสำหรับการคัดแยกเมล็ดบัว การแกะและลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวงประมาณ 10-20 บาทต่อกิโลกรัม

- ปริมาณการคัดแยกเมล็ดบัว การแกะและลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวงในแต่ละวันประมาณ 24-36 กิโลกรัม (ทำงานไม่เกิน 8 ชั่วโมง) โดยขึ้นอยู่กับความชำนาญในการทำงานของแรงงานแต่ละคน

- ปัญหาที่พบในขั้นตอนการคัดแยกเมล็ดบัว การแกะและลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวง คือ ความล่าช้าในการทำงาน ความไม่ปลอดภัยในการทำงาน เช่น เกิดอุบัติเหตุจากมีดบาด (Langkapin *et al.*, 2018a; Langkapin *et al.*, 2019)

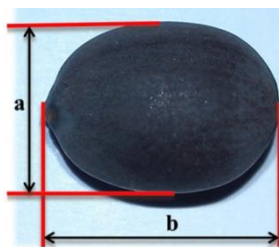
1.2 ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดบัวหลวง

การศึกษาในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของเมล็ดบัวหลวงสำหรับใช้ในการออกแบบเครื่องต้นแบบ ได้แก่ เส้นผ่านศูนย์กลาง (a) และความยาว (b) ของเมล็ดบัวหลวง ดังภาพที่ 1 และความชื้นของเมล็ดบัวหลวง

แห่ง (William and George, 2005) โดยเมล็ดบัวหลวงที่ใช้ศึกษาเป็นเมล็ดบัวหลวงแห้งที่เก็บจากบึงสีไฟ เมือง จ.พิจิตร จากการสุ่มวัดขนาดเมล็ดบัวหลวงแห้งจำนวน 200 เมล็ด ด้วยเวอร์เนียร์คาลิเปอร์ (ยี่ห้อ Mitutoyo รุ่น 530-118 ผลิตจากประเทศญี่ปุ่น) ได้เส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 11.2-12.7 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ย 11.8 ± 0.29 มิลลิเมตร ความยาวระหว่าง 15.0-18.3 มิลลิเมตร ค่าเฉลี่ย 16.1 ± 0.5 มิลลิเมตร และความชื้นของเมล็ดบัว 7.5% w.b.

จากการวิเคราะห์หาค่าความถึของเส้นผ่านศูนย์กลางของเมล็ดบัวหลวงแห้ง โดยแบ่งขนาดของ

เมล็ดบัวออกเป็น 3 กลุ่ม คือ เมล็ดบัวขนาดเล็ก (เส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 11.5 มิลลิเมตร) ขนาดกลาง (เส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 11.5-12.0 มิลลิเมตร) และขนาดใหญ่ (เส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า 12.0 มิลลิเมตร) พบว่าเมล็ดบัวหลวงอยู่ในกลุ่ม ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ เท่ากับ 11, 65 และ 24% ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของจตุรงค์และคณะ (Langkapin *et al.*, 2020) โดยจะใช้ขนาดทั้ง 3 กลุ่มนี้กำหนดขนาดของรูตะแกรงของชุดคัดขนาด



ภาพที่ 1 ความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของเมล็ดบัวหลวงแห้ง (Langkapin *et al.*, 2018b)

2. การออกแบบและสร้างเครื่องคัดขนาดเมล็ดบัวหลวง

เครื่องคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงได้ถูกออกแบบและสร้างขึ้นโดยใช้ข้อมูลที่เป็นต่อการออกแบบตามหัวข้อข้างต้นและมีเกณฑ์ในการออกแบบ ดังต่อไปนี้

- คัดขนาดเมล็ดบัวหลวงสำหรับบัวพันธุ์ที่นิยมปลูกภายในประเทศ
- กลไกการทำงานของเครื่องไม่ซับซ้อนมากเกินไป และผู้ปฏิบัติงานสามารถปฏิบัติได้สะดวก และมีความปลอดภัย
- โรงงานเครื่องจักรกลเกษตรทั่วไปสามารถนำไปผลิตได้ และซ่อมแซมบำรุงรักษาง่าย อุปกรณ์ชิ้นส่วนหากชำรุด สามารถถอดเปลี่ยนได้ง่าย และมีจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด
- ใช้ผู้ปฏิบัติงานไม่เกิน 2 คน

นอกจากนั้นยังได้ประยุกต์ใช้ความรู้และหลักการออกแบบเครื่องจักรกลและเครื่องจักรกลเกษตร (Shigley and Mischke, 1989; Krutz *et al.*, 1994) รวมทั้งใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบและเขียนแบบ (Langkapin, 2018) ซึ่งมีส่วนประกอบหลักดังภาพที่ 2 (ก) และ (ข) คือ ซึ่งประกอบด้วย 1) โครงสร้างหลัก 2) ถังป้อนเมล็ด 3) ชุดคัดขนาด 4) ระบบส่งกำลังและโซ่มอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 1 แรงม้า เป็นต้นกำลัง มีรายละเอียด ดังนี้

โครงสร้างหลัก ใช้สำหรับติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ของเครื่องต้นแบบ มีขนาด $830 \times 1,300 \times 840$ มิลลิเมตร (กว้าง×ยาว×สูง) สร้างจากเหล็กฉากขนาด 40×40 มิลลิเมตรหนา 4 มิลลิเมตร เชื่อมประกอบกันเป็นโครงสร้าง โดยอุปกรณ์ส่วนใหญ่ถูกยึดเข้ากับโครงสร้างด้วยนอตและสกรู

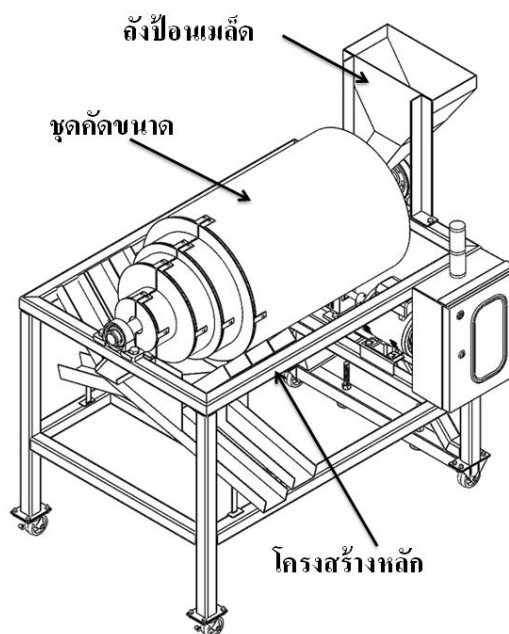
ชุดคัดขนาด ประกอบด้วยตะแกรงทรงกระบอกหมุน 3 ชั้นดังภาพที่ 2 (ก) สามารถคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงได้ 3 ขนาด และด้านหน้ามีฝาครอบกันเมล็ดกระเด็น โดยตะแกรงทรงกระบอกหมุนทั้ง 3 ชั้น เรียงเชื่อมต่อกัน และมีรูแบบร่องสลอต (Slot) มีความกว้างของรูต่างกัน 3 ขนาด คือ 11.0 มิลลิเมตร 11.5 มิลลิเมตร และ 12.0 มิลลิเมตร เพื่อป้องกันไม่ให้เมล็ดบัวติดตามรูตะแกรงและเพิ่มประสิทธิภาพในการคัดขนาด เมล็ดบัวหลวงที่ผ่านการคัดขนาดแล้วจะไหลสู่ช่องทางออกต่างๆ ของเครื่อง

ถังป้อนเมล็ด ถูกออกแบบให้มีปริมาตรบรรจุเมล็ดบัวหลวงขั้นต่ำ 5 กิโลกรัม สร้างจากแผ่นสแตนเลสหนา 2 มิลลิเมตร เชื่อมประกอบกันมีลักษณะดังภาพที่ 2 (ก) ช่องทางออกของถังป้อนเมล็ดที่ป้อนเมล็ดบัวเข้าสู่ชุดคัดขนาด มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมสามารถปรับขนาดช่องป้อนได้ 3 ระดับ

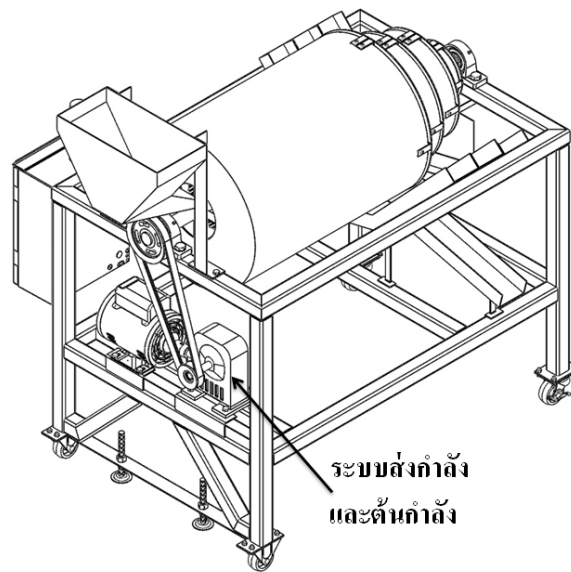
คือ ขนาดเล็ก (5×10 เซนติเมตร²) ขนาดกลาง (10×10 เซนติเมตร²) และขนาดใหญ่ (15×10 เซนติเมตร²)

การส่งกำลังไปยังส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องต้นแบบ จะใช้พูลเลย์ (Pulley) สายพาน และชุดเกียร์ทดรอบ เนื่องจากออกแบบง่าย ไม่เกิดเสียงดังขณะทำงาน ราคาถูก และหาซื้อง่าย ใช้อินเวอร์เตอร์ (Inverter) ในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้า

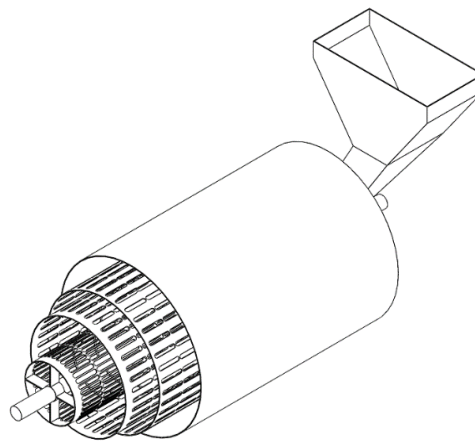
หลักการทำงานของเครื่องเริ่มจากผู้ทำงานป้อนเมล็ดบัวหลวงลงในถังป้อนเมล็ดเข้าทางด้านบนของเครื่อง หลังจากนั้นเมล็ดบัวหลวงจะไหลเข้าสู่ชุดคัดขนาดที่ประกอบด้วยตะแกรงทรงกระบอก 3 ชั้นที่สามารถคัดขนาดเมล็ดบัวได้ 3 ขนาด และเมล็ดบัวหลวงที่ผ่านการคัดขนาดจะไหลสู่ช่องทางออกต่างๆ ทางด้านหน้าเครื่องลงสู่ภาชนะที่รองรับ ซึ่งเครื่องต้นแบบที่สร้างเสร็จแสดงดังภาพที่ 2 (ง) และปัจจุบันเครื่องต้นแบบได้จดอนุสิทธิบัตรเรียบร้อยแล้ว (เลขที่อนุสิทธิบัตร 16393)



ก) แบบด้านหน้าของเครื่องต้นแบบ



ข) แบบด้านหลังของเครื่องต้นแบบ



ค) แบบชุดคัดขนาดเมล็ดบัวหลวง



ง) เครื่องคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงต้นแบบ

ภาพที่ 2 แบบและเครื่องคัดขนาดเมล็ดบัวหลวง

3. ทดสอบและประเมินสมรรถนะเครื่องคัดขนาดเมล็ดบัวหลวง

เครื่องคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงได้ถูกทดสอบและประเมินสมรรถนะในการทำงาน รวมทั้งความแม่นยำในการคัดขนาดเฉลี่ยเมล็ดบัวหลวง โดยใช้เปอร์เซ็นต์ความแม่นยำในการคัดขนาดเฉลี่ยความสามารถในการทำงานจริง เปอร์เซ็นต์ความ

เสียหายของเมล็ด และการใช้พลังงานไฟฟ้า เป็นค่าชี้ผลการศึกษา ซึ่งหาได้จากสมการต่อไปนี้

1) เปอร์เซ็นต์ความแม่นยำในการคัดขนาดเฉลี่ย คือความแม่นยำเฉลี่ยในการคัดขนาดเมล็ดบัวทุกขนาดที่คัดได้จากเครื่องต้นแบบ คำนวณได้จากสมการที่ (1)

$$C_t = \frac{W_1}{W} \times 100 \quad (1)$$

C_t = เปอร์เซ็นต์ความแม่นยำในการคัดขนาดเฉลี่ย (%)

W_1 = น้ำหนักของเมล็ดบัวหลวงที่มีขนาดถูกต้องหลังการคัดขนาด (กิโลกรัม)

W = น้ำหนักของเมล็ดบัวหลวงตามขนาดที่กำหนดทั้งหมด (กิโลกรัม)

2) ความสามารถในการทำงานจริง คำนวณได้จากสมการที่ (2)

$$C_a = \frac{W_2}{T} \quad (2)$$

C_a = ความสามารถในการทำงานจริง (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

W_2 = น้ำหนักของเมล็ดบัวหลวงที่ผ่านการคัดขนาดทั้งหมด (กิโลกรัม)

T = เวลาในการทำงานทั้งหมด (กิโลกรัม)

3) เปอร์เซ็นต์ความเสียหายของเมล็ดบัว คือ เมล็ดบัวหลวงที่แตกผิรูปร่างเมล็ดเดิมทุกๆ รูปแบบจากการ

ทดสอบถือว่าเป็นเมล็ดบัวที่เสียหายทั้งหมด คำนวณได้จากสมการที่ (3)

$$D_g = \frac{W_3}{W} \times 100 \quad (3)$$

D_g = เปอร์เซ็นต์ความเสียหายของเมล็ด (%)

W_3 = น้ำหนักของเมล็ดบัวหลวงที่เสียหาย (กิโลกรัม)

W = น้ำหนักของเมล็ดบัวหลวงตามขนาดที่กำหนดทั้งหมด (กิโลกรัม)

4) การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า คำนวณได้จากสมการที่ (4)

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

P = การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)

I = กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)

V = แรงเคลื่อนไฟฟ้า (โวลต์)

t = เวลา (ชั่วโมง)

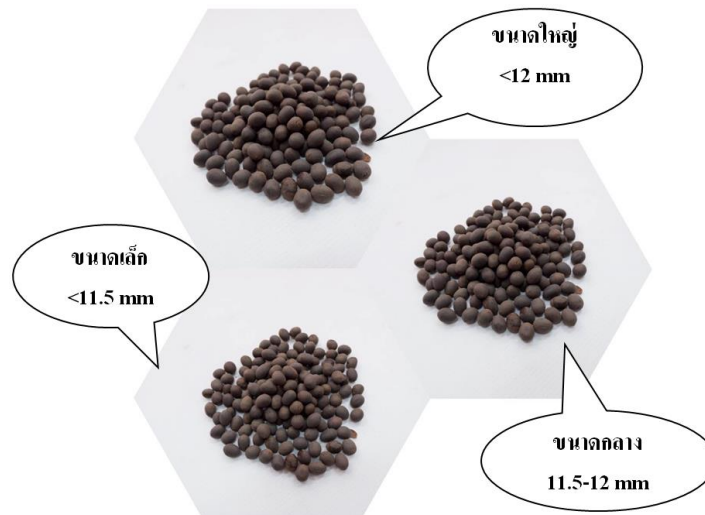
จากการทดสอบเบื้องต้นพบว่าต้องเดินเครื่องที่ความเร็วรอบของเพลาคับชุดคัตขนาดน้อยกว่า 30 รอบต่อนาที ซึ่งถ้าความเร็วรอบของเพลาคับชุดคัตขนาดสูงกว่านี้จะทำให้เมล็ดบัวหลวงจะไหลเคลื่อนที่เร็วเกินไปทำให้ความแม่นยำในการคัตขนาดเฉลี่ยลดลง ดังนั้นปัจจัยที่ได้ทำการศึกษามี 2 ปัจจัย คือ ความเร็วรอบของเพลาคับชุดคัตขนาด 3 ระดับ คือ 20, 25 และ 30 รอบต่อนาที (ความเร็วเชิงเส้นเท่ากับ 0.54, 0.67 และ 0.80 เมตรต่อวินาที) และขนาดช่องป้อนเข้าสู่ชุดคัตขนาด 3 ระดับ คือ ขนาดเล็ก (5×10 เซนติเมตร²; อัตราการป้อน 110 กิโลกรัมต่อชั่วโมง) ขนาดกลาง (10×10 เซนติเมตร²; อัตราการป้อน 220 กิโลกรัมต่อชั่วโมง) และขนาดใหญ่ (15×10 เซนติเมตร²; อัตราการป้อน 330 กิโลกรัมต่อชั่วโมง) โดยทดสอบซ้ำ 3 ซ้ำ

การทดสอบใช้เมล็ดบัวหลวงพันธุ์ปทุมตลอดการทดสอบ โดยแต่ละการทดสอบใช้เมล็ดบัวหลวง 3 กิโลกรัม ป้อนลงในถังป้อนแล้วเปิดช่องป้อนตามขนาดที่กำหนดปล่อยให้เมล็ดบัวไหลเข้าสู่ชุดคัตขนาดอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเมล็ดบัวหลวงที่ใช้ประกอบด้วยเมล็ดบัวหลวงที่มีขนาดใหญ่กว่า 12.0 มิลลิเมตร ขนาดระหว่าง 11.5-12.0 มิลลิเมตร และ

ขนาดเล็กกว่า 11.5 มิลลิเมตร อย่างละ 1 กิโลกรัม ผสมรวมกัน ความชื้นของเมล็ดบัว 7.4% w.b. และบันทึกเวลาที่ใช้ในการทำงานทั้งหมด กระแสไฟฟ้าน้ำหนักเมล็ดบัวที่ไหลออกมาจากช่องทางออกต่างๆ น้ำหนักเมล็ดบัวที่ปนกับเมล็ดบัวขนาดอื่น และน้ำหนักเมล็ดบัวที่เสียหาย เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณค่าชี้ผลการศึกษา และวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เวอร์ชัน 20 ที่ระดับความแตกต่างทางสถิติ 95% (One-way analysis of variance (ANOVA)) และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธีของ Duncan New's Multiple Range Test (DMRT)

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

ในการทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องคัตขนาดเมล็ดบัวหลวง เครื่องต้นแบบสามารถคัตขนาดเมล็ดบัวหลวงได้ 3 ขนาด แสดงดังภาพที่ 3 คือ ขนาดใหญ่กว่า 12.0 มิลลิเมตร ขนาดระหว่าง 11.5-12.0 มิลลิเมตร และขนาดเล็กกว่า 11.5 มิลลิเมตร โดยการทดสอบไม่พบเมล็ดบัวหลวงที่แตกเสียหายหลังจากการทดสอบ



ภาพที่ 3 เมล็ดบัวหลวงหลังการทดสอบ

ซึ่งผลการทดสอบเครื่องคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงที่ความเร็วรอบของเพลาลับชุดคัดขนาดและขนาดช่องป้อนต่างๆ จะนำเสนอตามค่าชี้ผลการศึกษา ดังนี้

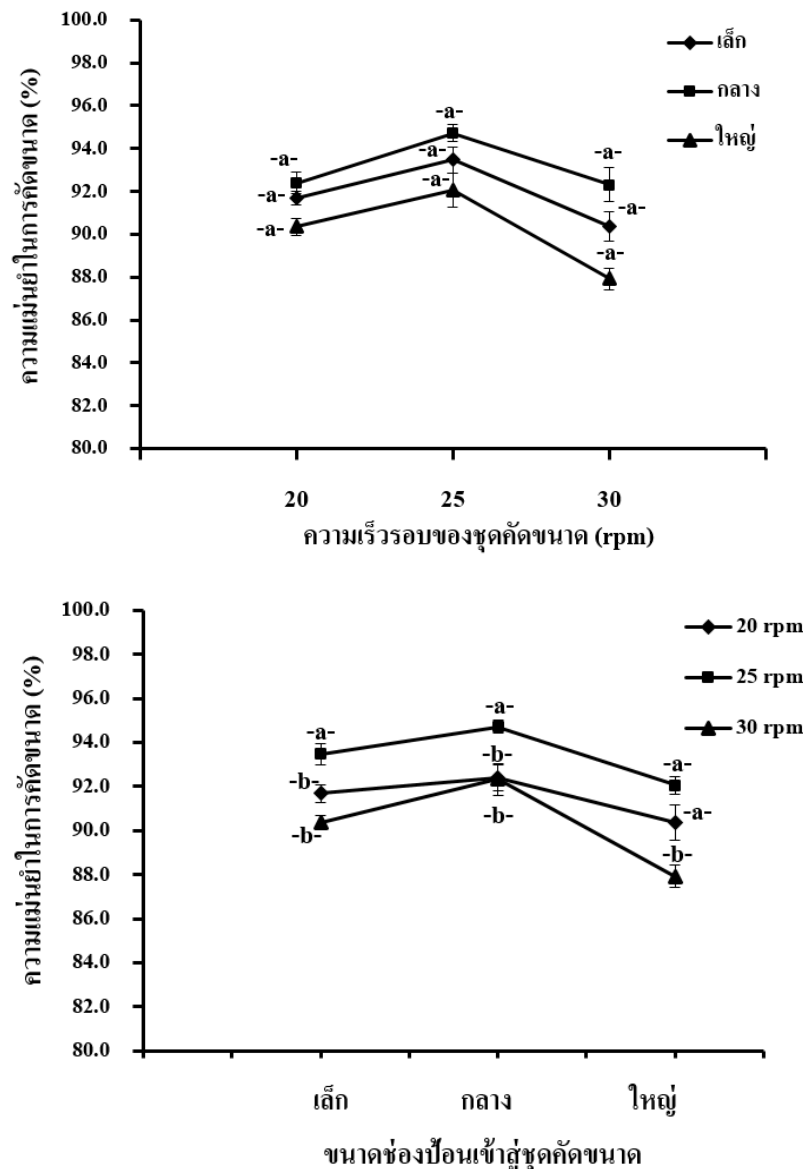
1. เปอร์เซ็นต์ความแม่นยำในการคัดขนาดเฉลี่ย

ผลการทดสอบเครื่องคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงดังภาพที่ 4 ที่ความเร็วรอบของเพลาลับชุดคัดขนาด 20, 25 และ 30 รอบต่อนาที โดยกำหนดขนาดช่องป้อน ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ตามลำดับ พบว่ามีค่าความแม่นยำในการคัดขนาดเฉลี่ยระหว่าง 87.9 - 94.7% จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าความแม่นยำในการคัดขนาดเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ในการทดสอบโดยใช้ขนาดช่องป้อนต่างๆ ของแต่ละกลุ่มความเร็วรอบของเพลาลับชุดคัดขนาด แต่ความแม่นยำในการคัดขนาดเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทาง

สถิติในการทดสอบโดยใช้ความเร็วรอบของเพลาลับชุดคัดขนาดต่างๆ ของแต่ละกลุ่มขนาดช่องป้อน

จากภาพที่ 4 จะเห็นว่าขนาดของช่องป้อนไม่มีผลต่อความแม่นยำในการคัดขนาดเฉลี่ย แต่ความเร็วรอบของเพลาลับชุดคัดขนาดจะมีผลต่อความแม่นยำในการคัดขนาดเฉลี่ย พบว่าเมื่อเพิ่มความเร็วรอบของชุดคัดขนาดให้มากขึ้นความแม่นยำในการคัดขนาดเฉลี่ยเมล็ดบัวหลวงจะเพิ่มขึ้นในทุกๆ ขนาดของช่องป้อน และความแม่นยำมีแนวโน้มจะลดลงเมื่อเพิ่มความเร็วรอบขึ้นอีกเนื่องจากเมล็ดบัวหลวงจะไถลเคลื่อนที่เร็วขึ้นทำให้ความแม่นยำในการคัดขนาดเฉลี่ยลดลงนั่นเอง

จากผลการทดลองดังกล่าวเครื่องคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงสามารถคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงได้สูงที่สุดที่ช่องป้อนขนาดกลาง (10×10 เซนติเมตร²) และความเร็วรอบของเพลาลับชุดคัดที่ระดับ 25 รอบต่อนาที มีความแม่นยำในการคัดขนาดเฉลี่ย 94.7%



ภาพที่ 4 เปรี่เซ็นต์ความแม่นยำในการคัดขนาดเฉลี่ยที่ความเร็วรอบของเพลาลับชุดคัดขนาดและขนาดช่องป้อนต่างๆ (^{abc} อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละชุดการทดสอบแสดงว่าความแม่นยำในการคัดขนาดเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05)

2. ความสามารถในการทำงานจริง

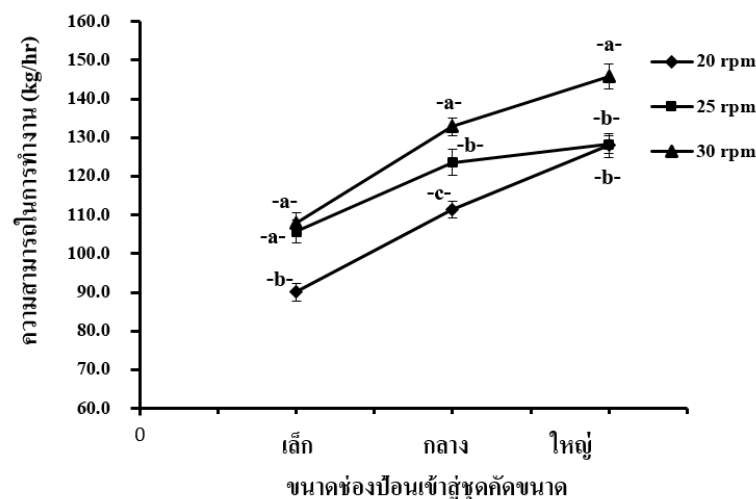
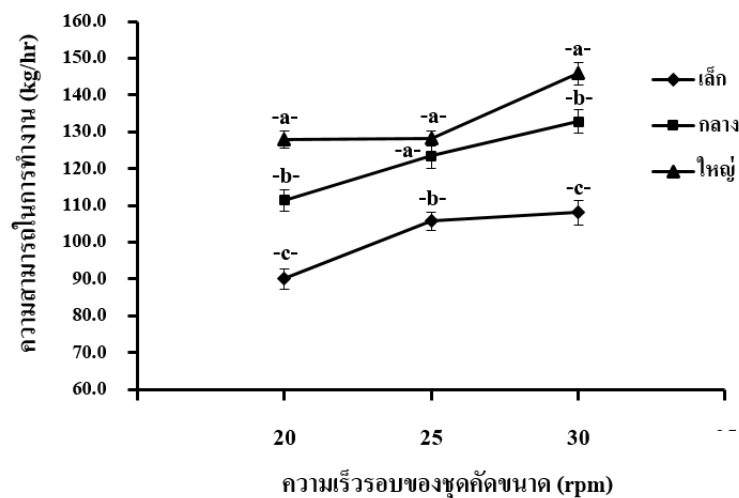
จากการวิเคราะห์ทางสถิติดังภาพที่ 5 พบว่าความสามารถในการทำงานมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ทั้งการทดสอบโดยใช้ขนาดช่องป้อนต่างๆ ของแต่ละกลุ่มความเร็วรอบของเพลาลับชุดคัดขนาด และการทดสอบโดยใช้ความเร็วรอบของเพลาลับชุดคัดขนาดต่างๆ ของแต่ละขนาดช่องป้อน

ผลการทดลองดังภาพที่ 5 โดยใช้ความเร็วรอบของเพลาลับชุดคัดขนาด และขนาดช่องป้อนต่างๆ พบว่าความสามารถในการทำงานมีค่าระหว่าง 90.1 - 145.9 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งความสามารถในการทำงานจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มขนาดของช่องป้อนและความเร็วรอบของเพลาลับชุดคัดขนาด เนื่องจากเมล็ดบัวหลวงจะไหลเคลื่อนที่เร็วขึ้นในปริมาณที่มากขึ้นทำให้เมล็ดบัวเคลื่อนที่เข้าสู่ชุดตะแกรงคัดขนาดได้

เร็วขึ้น แต่ความแม่นยำในการคัดขนาดเฉลี่ยก็จะลดลงเมื่อเพิ่มความเร็วขึ้นอีกดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น

จากผลการทดลองเครื่องคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงสามารถคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงได้แม่นยำที่สุด 94.7% ที่ความเร็วรอบของเพลาลับชุดคัดขนาด 25 รอบต่อนาที และช่องป้อนขนาดกลาง (10×10 เซนติเมตร²) มีความสามารถในการทำงาน 123.5 กิโลกรัมต่อชั่วโมง แต่เมื่อเปรียบเทียบกับความเร็วรอบของเพลาลับชุดคัดขนาดเดียวกัน (25 รอบต่อนาที)

ที่ขนาดช่องป้อนขนาดใหญ่ (15×10 เซนติเมตร²) เครื่องต้นแบบจะมีความแม่นยำในการคัดที่ 92.1% (ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05) และยังมีความสามารถในการทำงานสูงกว่าช่องป้อนขนาดกลาง โดยมีความสามารถในการทำงาน 128.2 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หรือคิดเป็น 1,025.6 กิโลกรัมต่อวัน (1 วันทำงาน 8 ชั่วโมง) ดังนั้นจึงเลือกใช้ค่านี้เป็นค่าที่เหมาะสมของเครื่องต้นแบบ



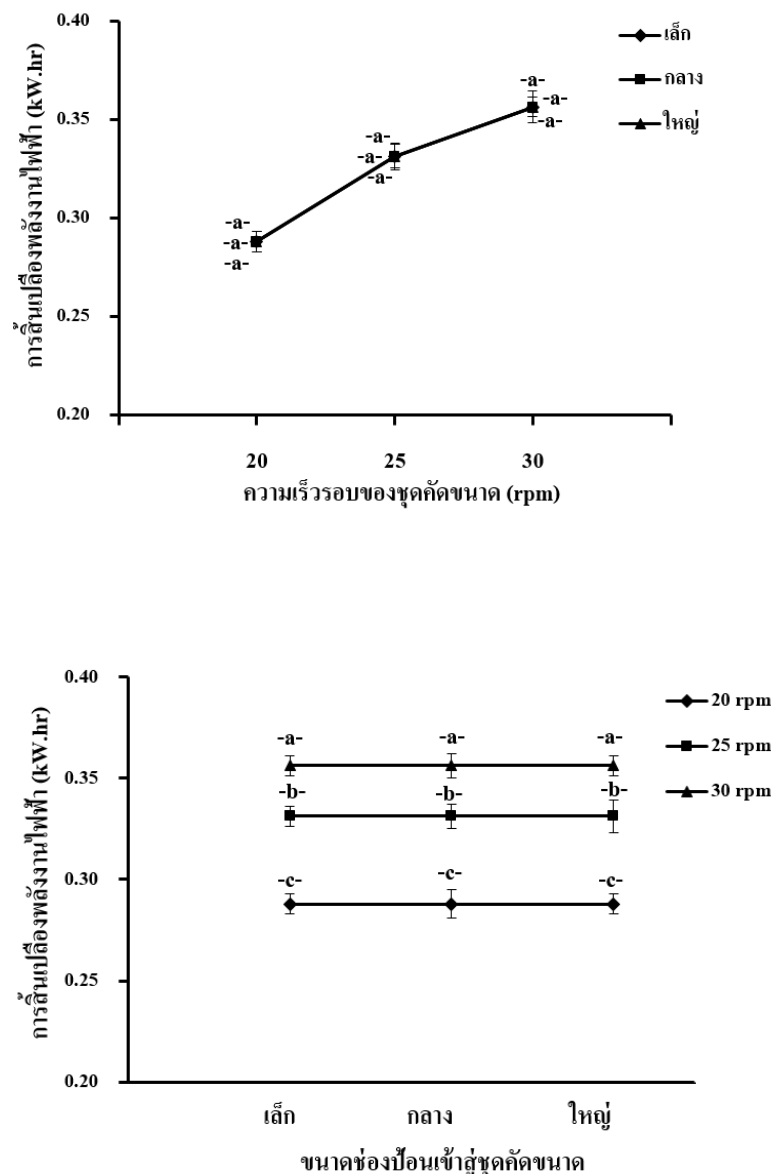
ภาพที่ 5 ความสามารถในการทำงานที่ความเร็วรอบของเพลาลับชุดคัดขนาดและขนาดช่องป้อนต่างๆ

(^{abc} อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละชุดการทดสอบแสดงความสามารถในการทำงานมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05)

3. การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ในการทดสอบโดยใช้ขนาดช่องป้อนต่างๆ ของแต่ละกลุ่มความเร็วรอบของเพลาลับชุดคัตขนาด แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติในการทดสอบโดยใช้ความเร็วรอบของเพลาลับชุดคัตขนาดต่างๆ ของแต่ละขนาดช่องป้อน ดังภาพที่

6 พบว่าช่วงความเร็วที่ใช้ขับเคลื่อนเครื่องคัดขนาดเมล็ดบัวหลวง มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามความเร็วการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ามีค่าระหว่าง 0.29-0.36 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ที่ความเร็วรอบของเพลาลับชุดคัตขนาด 25 รอบต่อนาที และขนาดช่องป้อนใหญ่ (15×10 เซนติเมตร) เป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับนำเครื่องคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงไปใช้งาน ซึ่งมีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า 0.33 กิโลวัตต์-ชั่วโมง



ภาพที่ 6 การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ความเร็วรอบของเพลาลับชุดคัตขนาดและขนาดช่องป้อนต่างๆ (^{abc} อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละชุดการทดสอบแสดงว่าการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05)

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบสมรรถนะการทำงานระหว่างเครื่องคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงแบบตะแกรงทรงกระบอกที่คณะวิจัยได้พัฒนาขึ้นมากับเครื่องคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงแบบตะแกรงเรียบของ จตุรงค์และคณะ (Langkapin *et al.*, 2020) พบว่าเครื่องคัดขนาดแบบตะแกรงทรงกระบอกมีเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำในการคัดขนาดเฉลี่ย และความสามารถในการทำงานสูงกว่าเครื่องคัดขนาดแบบตะแกรงเรียบ โดยเครื่องทั้งสองแบบไม่ทำให้เมล็ดบัวเสียหายขณะทำงาน นอกจากนี้เครื่องคัด

ขนาดแบบตะแกรงทรงกระบอกยังใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่า และไม่มีปัญหาเมล็ดบัวติดตะแกรงคัดขนาดเหมือนเครื่องคัดขนาดแบบตะแกรงเรียบ ซึ่งถือว่างานวิจัยนี้ได้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ รวมทั้งสามารถนำเครื่องคัดขนาดแบบตะแกรงทรงกระบอกไปใช้งานร่วมกับเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง (Langkapin *et al.*, 2018a) และเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงขึ้น (Langkapin *et al.*, 2015; Langkapin *et al.*, 2018b) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของทั้งสองเครื่องต่อไป

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบสมรรถนะการทำงานระหว่างเครื่องคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงแบบต่างๆ

หัวข้อในการเปรียบเทียบ	เครื่องคัดขนาดแบบ	เครื่องคัดขนาดแบบ
	ตะแกรงเรียบ	ตะแกรงทรงกระบอก
1. เปอร์เซนต์ความแม่นยำในการคัดขนาดเฉลี่ย (%)	89.8	92.1
2. ความสามารถในการทำงาน (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	118.5	128.2
3. เปอร์เซนต์ความเสียหายของเมล็ด (%)	ไม่มี	ไม่มี
4. การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	0.61	0.33
5. จำนวนแรงงานที่ใช้ควบคุม (คน)	1	1
6. ปัญหาเมล็ดบัวติดตะแกรงคัดขนาด	มี	ไม่มี

สรุป

จากการทดสอบสมรรถนะเครื่องคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงโดยใช้ค่าชี้ผลการศึกษา คือ เปอร์เซนต์ความแม่นยำในการคัดขนาดเฉลี่ย ความสามารถในการทำงานจริง เปอร์เซนต์ความเสียหายของเมล็ด และการใช้พลังงานไฟฟ้า พบว่าเครื่องคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงสามารถคัดขนาดเมล็ดบัวหลวงได้ดีที่สุดที่ความเร็วรอบของเพลาลูกเบี้ยวคัดขนาด 25 รอบต่อนาที และช่องป้อนขนาดกลาง (15×10 เซนติเมตร²) มีความแม่นยำในการคัดขนาดเฉลี่ย 92.1% ไม่มีเมล็ดบัวหลวงเสียหาย ความสามารถในการทำงาน 128.2 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และใช้พลังงานไฟฟ้า 0.33 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ซึ่งเครื่องคัดขนาดเมล็ดบัวหลวง

แบบตะแกรงทรงกระบอกเป็นเครื่องที่เหมาะสมสำหรับใช้ทดแทนแรงงานคนได้ในอนาคตต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่ายประจำปี 2562 ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โดยคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) รวมทั้งขอขอบคุณภาควิชาชีพวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่สนับสนุนสถานที่และอุปกรณ์ในการทดสอบต่างๆ

เอกสารอ้างอิง

- Anonymous. 2017. **Lotus production situation**. Bangkok. Department of Agriculture Extension. Available Source: <http://www.doae.go.th/LIBRARY/>, Jul 9, 2018. (in Thai)
- Jolly, RS. 2018. **Benefits of the lotus plant**. Mumbai. Available Source: <https://caloriebee.com/nutrition/Health-Benefits-Of-Lotus-Roots-Or-Stem-Seeds-Leaves-And-Flowers>, January 25, 2019.
- Krutz, G., Thomson, L. and Claar, P. 1994. **Design of agricultural machinery**. 1st ed. John Wiley and Sons, New York.
- Langkapin, J., Parnsakhorn, S. and Akarakulthorn, P. 2015. Development of a dry lotus seed sheller. **Thai Society of Agricultural Engineering Journal** 21(1): 38-44. (in Thai)
- Langkapin, J., Parnsakhorn, S., Kalsirisilp, R., Prorod, M. and Khotpromsrt, N. 2018a. Study and testing of a lotus seed peeling machine. **Journal of Engineering RMUTT** 15(1): 35-42. (in Thai)
- Langkapin, J., Parnsakhorn, S., Kalsirisilp, R. and Sangsawang, S. 2018b. Development of a dried lotus seed sheller. **Research Journal RMUTT** 17(2): 11-22. (in Thai)
- Langkapin, J. 2018. **Solidworks**. 3rd ed. Triple Education Co., Ltd, Bangkok. (in Thai)
- Langkapin, J., Parnsakhorn, S., Kalsirisilp, R., Samseemoung, G., Ngmanil, P. and Juey, T. 2019. Design and fabrication of a lotus seed membrane peeling machine. **Journal of Engineering RMUTT** 17(1): 127-137. (in Thai)
- Langkapin, J., Parnsakhorn, S., Kalsirisilp, R., Samseemoung, G., Pookamkong, M. and Suwanwijit, P. 2020. Study and testing of lotus seeds sizing unit. **Journal of Engineering RMUTT** 18(1): 121-129. (in Thai)
- Mueangsuk, S. 2016. **Lotus farming in Bueng Kan**. Bangkok, kaosod Online. Available Source: https://www.kaosod.co.th/view_newsonline.php?newsid, Feb 15, 2016. (in Thai)
- Shigley, J.E. and Mischke, C.R. 1989. **Mechanical engineering design**. 5th ed. McGraw-Hill Book Company, USA.
- Suwannaro, T. 2007. **Lotus farming**. Extension and Training Office. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Suksawat, W. 2017. **7 benefits of Thai grains**. Bangkok. Available Source: <http://www.tnaws.co.th/contents>, April 23, 2018. (in Thai)
- Vijitwittayapong, P. 2013. **Lotus seeds product of Phichit**. Bangkok, Matichon Online. Available Source: http://www.matichon.co.th/matichon/view_news, Feb 13, 2013. (in Thai)
- William, H. and George, W.L. 2005. **Official methods of analysis of AOAC International**. 18th ed. AOAC International, Texas.