



การพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง

Development of a Dried Lotus Seed Sheller

จตุรงค์ ลังกาพินธุ์^{1*}, สุนัน ปานสาคร¹, รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์¹ และ สุรวุฒิ แสงสว่าง²

Jaturong Langkapin^{1*}, Sunan Parnsakhorn¹, Roongruang Kalsirisilp¹
and Surawut Sangsawang²

¹ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ต. คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

²บริษัท สิลาลาย เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด ต. บึงน้ำรักษ์ อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

¹Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thanyaburi, Pathumthani 12110, THAILAND

²Silalai Engineering Co., Ltd, Bueng Nam Rak, Thanyaburi, Pathum Thani, 12110, THAILAND

*Corresponding Author E-mail: jaturong.l@en.rmUTT.ac.th

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article history:	A dried lotus seed sheller was designed and developed
Received 13 September 2018	with the main objective to reduce time and effort in removing the
Accept 25 October 2018	dried lotus seed pericarp for small and micro community
Online 3 December 2018	enterprises . The prototype consisted of the main structure of the
doi.org/10.14456/rj-rmUTT.2018.2	machine, the feeding unit, the shelling unit, the power transmission
Keywords:	unit, and a 1 hp electric motor which was used as a prime mover .
design, lotus, dried lotus	The operation started from dried lotus seeds were manually put
seed, sheller	into the chute on the top of the machine . Then, the feeding unit
	conveyed them to the shelling unit . Finally, the shelled seeds
	were released through the outlet chute at the bottom of the
	machine . The results of the prototype testing revealed that among
	the sheller speeds of 250, 300 and 350 rpm, the machine
	performed best at 300 rpm, capable of running at 3.18 kg/hour. The

percentages of shelling and seed damage of lotus seeds were % 81.00 and % 9.56, respectively .The power consumption was 0.67kW-hour .Based on the analysis of engineering economics, it was found that the lotus seed sheller worked 1,920 hours per year, with an average cost of 9.6 baht per kilogram .The payback period was 2.24 months and the break-even point of the machine was 428.23 hours per year, compared to human labor.

บทคัดย่อ

เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้งได้ถูกออกแบบและสร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อลดเวลาและแรงงานในการกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้งสำหรับวิสาหกิจชุมชน เครื่องต้นแบบประกอบด้วย โครงสร้างเครื่อง ชุดลำเลียงเมล็ด ชุดกะเทาะเมล็ด ระบบส่งกำลังและใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า เป็นต้นกำลัง การทำงานของเครื่องเริ่มจากผู้ทำงานป้อนเมล็ดบัวหลวงแห้งลงในช่องป้อนเมล็ดบัวทางด้านบนของเครื่อง หลังจากนั้นเมล็ดบัวหลวงจะถูกลำเลียงเข้าไปกะเทาะเปลือกในชุดกะเทาะเมล็ดโดยชุดลำเลียงเมล็ด เมล็ดบัวหลวงที่ผ่านการกะเทาะเปลือกแล้วจะร่วงออกจากชุดกะเทาะลงทางด้านล่างของเครื่อง จากการทดสอบที่ความเร็วรอบของลูกกะเทาะ 250 300 และ 350 รอบต่อนาที ตามลำดับพบว่าเครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้ดีที่สุดที่ความเร็วของลูกกะเทาะ 300 รอบต่อนาที มีความสามารถในการทำงาน 3.18 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์การกะเทาะและเปอร์เซ็นต์ความเสียหาย 81.00 % และ 9.56 % ตามลำดับ มีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 0.67 กิโลวัตต์-ชั่วโมง จากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่าใน 1 ปี ใช้เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงทำงาน 1,920 ชั่วโมงต่อปี มีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของเครื่อง 9.6 บาทต่อกิโลกรัม ระยะเวลาคืนทุน 2.24 เดือน และการใช้งานที่จุดคุ้มทุน 428.23 ชั่วโมงต่อปี เมื่อเปรียบเทียบกับแรงงานคน

คำสำคัญ: การออกแบบ บัวหลวง เมล็ดบัวหลวงแห้ง เครื่องกะเทาะ

บทนำ

เมล็ดบัวหลวงเป็นัญพืชชนิดหนึ่งลักษณะกลมรี เนื้อข้างในสีขาวอมเหลือง ถ้าทานเมล็ดสดจะมีวิตามินซีสูง หรือทานแบบอบกรอบจะมีโปรตีนสูง มีฟอสฟอรัส ธาตุเหล็ก และแคลเซียม ในตำราแพทย์แผนจีนเป็นส่วนผสมในตำรับยาหลายตำรับ เมล็ดบัวมีฤทธิ์เป็นกลาง ช่วยบำรุงเลือด บำรุงหัวใจ รวมถึงอวัยวะในร่างกาย ช่วยบำรุงข้อ [1] ภาครัฐได้สนับสนุนให้ปลูกบัวหลวงเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีน้ำท่วมขังไม่สามารถปลูกพืชชนิดอื่นได้ เนื่องจากบัวหลวงเป็นพืชที่อยู่ในเขตร้อน จึงสามารถเจริญเติบโตได้ดีในทุกพื้นที่ของประเทศไทย [2] จากสภาพปัจจุบันที่เกษตรกรผู้ทำนาข้าวประสบปัญหาทั้งในเรื่อง ราคาข้าวไม่แน่นอน และการขาดน้ำ ทำให้นาข้าวเป็นทางเลือกใหม่ทางหนึ่งที่มีความเหมาะสมกับพื้นที่นาข้าว เนื่องจากลักษณะของแปลงปลูกมีการขังน้ำเหมือนการทำนาข้าว แต่ดูแลรักษาง่ายกว่านาข้าว มีโรคและแมลงรบกวนน้อย ใช้น้ำน้อยกว่า สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตทั้งในรูปดอกตูมและเก็บเมล็ด เกษตรกรจำนวนมากในหลายจังหวัด จึงยึดการปลูกบัวเป็นอาชีพหลัก [3, 4, 5] ปัจจุบันเมล็ดบัวหลวงยังสามารถนำมาแปรรูปเป็นเมล็ดบัวอบกรอบเป็นสินค้าโอท็อปของจังหวัดที่มีการทำนาข้าว วางจำหน่ายตามโมเดิร์นเทรด (Modern Trade) เช่น เซเว่น-อีเลฟเว่น ท็อปส์ซูเปอร์มาร์เก็ต เป็นต้น [6, 7] นอกจากนั้นเมล็ดบัวยังเป็นส่วนประกอบหลัก

ของไส้ขนมไหว้พระจันทร์ไส้ลูกบัวของโรงงานผลิตขนมไหว้พระจันทร์ต่างๆ สำหรับส่งขายทั่วประเทศ เช่น โรงงานผลิตขนมไหว้พระจันทร์ เอส แอนด์ พี เป็นต้น



รูปที่ 1 วิธีการกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้งของเกษตรกรโดยใช้มีด [8]

วิธีการกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวแห้งเพื่อจำหน่ายของเกษตรกรไทยในปัจจุบัน เกษตรกรจะกะเทาะเปลือกโดยใช้มีดหรือค้อนทุบ แล้วคัดแยกเปลือกออกจากเมล็ด ดังรูปที่ 1 ซึ่งการกะเทาะโดยวิธีดังกล่าวจะใช้เวลาและแรงงานในการทำงานสูง เนื้อในเมล็ดมีความเสียหายสูงประมาณ 50% [8] และไม่มีความปลอดภัยในการทำงาน เช่น เกิดอุบัติเหตุจากมีดบาดมือ ส่วนเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวที่มีใช้ในต่างประเทศ เช่น ในประเทศจีนนั้นไม่เหมาะที่จะนำมาใช้กะเทาะเมล็ดบัวพันธุ์ที่นิยมปลูกในประเทศไทยเนื่องจากเมล็ดบัวมีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกัน ต้องทำการดัดแปลงเครื่องเพื่อให้ใช้งานได้ อีกทั้งราคาค่าเข้าค่อนข้างสูง ส่วนเครื่องกะเทาะในประเทศไทยยังอยู่ในขั้นตอนการวิจัยและปรับปรุงเพื่อนำไปใช้งาน [8, 9] ดังนั้นการวิจัยและพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้งอีกรูปแบบหนึ่ง จึงเป็นทางเลือกในการแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้น และเพิ่มศักยภาพการผลิตผลิตภัณฑ์สินค้าโอท็อปของวิสาหกิจชุมชนให้สูงขึ้นต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ให้ความสำคัญในการพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้งสำหรับเมล็ดบัวที่ปลูกในประเทศไทย ซึ่งมีระเบียบวิธีการวิจัยดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ศึกษาข้อมูลที่เป็นต่อการออกแบบ

1.1 ศึกษาปัญหาและวิธีการกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวง

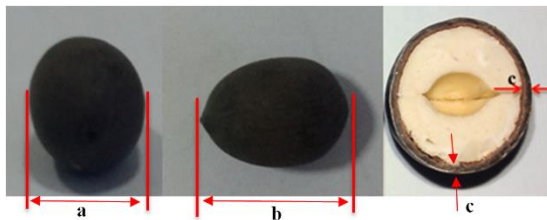
วัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงปัญหาและวิธีการกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงของเกษตรกรในปัจจุบัน เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับเปรียบเทียบการทำงานระหว่างเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงต้นแบบกับวิธีที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน จากการสัมภาษณ์กลุ่มเกษตรกรผู้กะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงขาย จากจังหวัดนครสวรรค์ ได้ผลการศึกษาดังนี้

- แรงงานส่วนใหญ่เป็นแรงงานในชุมชน หรือหมู่บ้านใกล้เคียง โดยจำนวนแรงงานและปริมาณในการกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้งนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิตของเกษตรกรในแต่ละปี
- ค่าจ้างแรงงานสำหรับการกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวง 100 บาทต่อกิโลกรัม
- ปริมาณการกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงในแต่ละวันต่อคนประมาณ 5 กิโลกรัม (ทำงานไม่เกิน 8 ชั่วโมง) โดยขึ้นอยู่กับความชำนาญในการทำงาน
- ปัญหาที่พบในขั้นตอนการกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงคือมีความเหนื่อยยาก และความปลอดภัยในการทำงาน เช่น อุบัติเหตุจากมีดกะเทาะเปลือกบาดมือ และขาดแคลนแรงงานในการกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้งในช่วงของการเก็บเกี่ยวผลผลิตเกษตรกรอื่น ๆ

1.2 ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดบัวหลวง

การศึกษาในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของเมล็ดบัวหลวงแห้งดังรูปที่ 2 สำหรับใช้ในการออกแบบชุดป้อนเมล็ดบัว และขนาดของชุดกะเทาะ ได้แก่ เส้นผ่านศูนย์กลาง (a) ความยาว (b) ความหนาของเปลือกเมล็ดบัวแห้ง (c) และความชื้นของเมล็ดบัวหลวงแห้ง [10] โดยเมล็ดบัวหลวงที่ใช้ศึกษาเป็นเมล็ดบัวหลวงแห้งที่เก็บจากบึงสีไฟ อ.เมือง จ.พิจิตร จากการสุ่มวัดขนาดเมล็ดบัวหลวงแห้งจำนวน 200 เมล็ด

ด้วยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ได้เส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 10.8-12.7 mm มีค่าเฉลี่ย 11.8 ± 0.29 mm ความยาวระหว่าง 14.9-18.2 mm ค่าเฉลี่ย 16.2 ± 0.4 mm ความหนาของเปลือกเมล็ดบัวแห้งระหว่าง 1.0-1.5 mm ค่าเฉลี่ย 1.2 ± 0.1 mm และความชื้นของเมล็ดบัว 7.5% w.b.



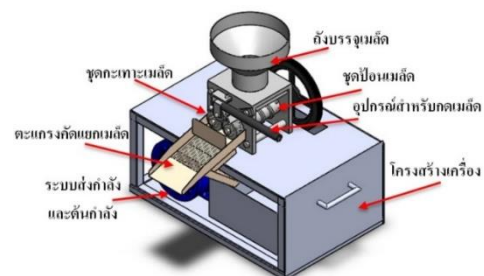
รูปที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดบัวหลวง [8]

1.3 ศึกษาวิธีการกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้งที่เหมาะสม

จากการสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้อง พบว่า วิทยาลัยเทคนิคนครสวรรค์ (2552) ได้สร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวตากแห้ง การทำงานของเครื่องจะมีลักษณะเหมือนการใช้หัวค้อนเคาะที่ส่วนบนของเมล็ดบัวให้แตกออก เครื่องมีความสามารถในการทำงาน 0.23 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งถือว่ายังค่อนข้างต่ำถ้าจะนำไปใช้ในอุตสาหกรรม SME [9] จตุรงค์และคณะ (2558) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้งต้นแบบ แต่เครื่องต้นแบบดังกล่าวยังมีข้อจำกัดที่ควรนำมาพัฒนาปรับปรุงโดยเฉพาะชุดกะเทาะเมล็ด ซึ่งจากการทดสอบมีเปอร์เซ็นต์การกะเทาะ 73.3% และเปอร์เซ็นต์ความเสียหาย $20.2 \pm 1.8\%$ ซึ่งยังถือว่าค่อนข้างสูง และเมล็ดที่ผ่านการกะเทาะบางส่วนยังมีเปลือกติดกับเนื้อในของเมล็ด ต้องใช้แรงงานคนคัดแยกอีกครั้ง จึงทำให้เสียเวลาในการทำงาน [8] และจากการศึกษาและทดสอบเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงของประเทศไทยจีน (Yingwang YWT-001, Zhengzhou Yingwang Machinery Co.,Ltd, Henan, China) ของคณะวิจัย โดยเดินเครื่องแล้วป้อนเมล็ดบัว

ครั้งละ 300 กรัม ลงในช่องป้อน ใช้ภาชนะรองรับเมล็ดบัวทั้งหมดที่ผ่านช่องทางออก แยกเมล็ดบัวที่กะเทาะได้และไม่ถูกกะเทาะ บันทึกค่าน้ำหนัก ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การกะเทาะ พบว่า เครื่องมีเปอร์เซ็นต์การกะเทาะประมาณ 50% เนื่องจากเมล็ดบัวของไทยมีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกับเมล็ดบัวของจีน เช่น ขนาดของเมล็ดบัวและความหนาของเปลือก อีกทั้งชิ้นส่วนที่จะต้องสึกหรอเมื่อใช้งานไปนานๆ ยังผลิตในลักษณะเฉพาะจึงค่อนข้างยากที่ช่างในท้องถิ่นทั่วๆ ไปจะซ่อมแซมได้ แต่หลักการกะเทาะของเครื่องของประเทศจีนที่ใช้ลูกกะเทาะแบบร่อนฟันกดอัดสามารถใช้งานได้ จึงได้นำหลักการนี้มาออกแบบและพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้งสำหรับใช้กับเมล็ดบัวหลวงที่ปลูกในประเทศไทยต่อไป

2. ออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวง



ก) แบบเครื่องต้นแบบด้วยโปรแกรมด้าน CAD



ข) เครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงต้นแบบ

รูปที่ 3 แบบและเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงต้นแบบ

การออกแบบเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวง ต้นแบบนั้นนอกจากจะใช้ข้อมูลที่เป็นต่อการออกแบบ ดังที่ได้ศึกษาแล้ว ยังได้ประยุกต์ใช้ความรู้และหลักการ ออกแบบเครื่องจักรกลและเครื่องจักรกลเกษตร [11, 12, 13] รวมทั้งโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ และเขียนแบบ [14] ซึ่งมีส่วนประกอบหลักดังรูปที่ 3 (ก) คือ โครงสร้างของเครื่อง ชุดป้อนเมล็ด ชุดกะเทาะเมล็ด ตะแกรงคัดแยกเมล็ด ระบบส่งกำลัง และใช้มอเตอร์ ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า เป็นต้นกำลัง มีรายละเอียดดังนี้

โครงสร้างของเครื่อง ใช้สำหรับติดตั้งอุปกรณ์ ต่างๆ ของเครื่องต้นแบบมีขนาด 350x553x200 มิลลิเมตร (กว้างxยาวxสูง) สร้างจากสแตนเลส เชื่อมประกอบกันโดยอุปกรณ์ต่างๆ ของเครื่องถูกยึดเข้ากับโครงสร้างด้วยน็อตและสกรู

ชุดป้อนเมล็ด ทำหน้าที่ลำเลียงเมล็ดบัวหลวงแห้ง จากถังป้อนเข้าสู่ชุดกะเทาะ ติดตั้งบนโครงสร้างเครื่องที่ ตำแหน่งด้านล่างของถังป้อนเมล็ด ชุดป้อนมีลักษณะเป็น เกลียวลำเลียงโดยระยะพิทช์และความสูงของเกลียวจะมี ขนาดโตกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ที่สุดของเมล็ดบัว เพื่อสามารถป้อนเมล็ดบัวได้ทุกขนาด

ชุดกะเทาะ ติดตั้งอยู่ด้านหน้าของชุดป้อนเมล็ด ทำหน้าที่กะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงที่ถูกส่งมาจากชุด ป้อนเมล็ด ประกอบด้วยลูกกะเทาะทำจากสแตนเลสเส้น ผ่านศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตร 2 ลูก และมีอุปกรณ์สำหรับ กดเมล็ดขณะการกะเทาะโดยสามารถปรับแรงกดได้จาก ความแข็งของสปริง

ตะแกรงคัดแยกเมล็ด ทำหน้าที่คัดแยกเปลือก และเมล็ดบัวหลวงหลังการกะเทาะออกจากกัน โดยเมล็ด หลังการกะเทาะจะไหลไปตามซี่ตะแกรงซึ่งมีขนาดเล็ก กว่าเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กที่สุดของเมล็ดบัวหลวงลงสู่ ภาชนะรองรับตามแรงโน้มถ่วงของโลก ส่วนเปลือกที่แตก ออกจากเมล็ดจะมีขนาดเล็กกว่าเมล็ดบัวจะลอดผ่านรู ตะแกรงลงถึงเก็บทางด้านล่างของเครื่อง ซึ่งตะแกรงจะ

ติดตั้งทำมุม 20 องศา จากแนวระดับ [8] ทางด้านหน้า ของชุดกะเทาะ

ระบบส่งกำลัง การส่งกำลังจากมอเตอร์ไปยัง ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องต้นแบบจะใช้พูลเลย์และ สายพาน เนื่องจากออกแบบง่าย ไม่เกิดเสียงดังขณะ ทำงานและราคาถูก

การทำงานของเครื่องเริ่มจากผู้ทำงานป้อนเมล็ด บัวหลวงแห้งลงในถังบรรจุเมล็ดบัวทางด้านบนของเครื่อง หลังจากนั้นเมล็ดบัวหลวงจะถูกลำเลียงเข้าไปกะเทาะ เปลือกในชุดกะเทาะเมล็ดโดยชุดลำเลียงเมล็ด เมล็ดบัว หลวงที่ผ่านการกะเทาะเปลือกแล้วจะร่วงออกจากชุด กะเทาะลงทางด้านหน้าของเครื่อง ซึ่งเครื่องต้นแบบที่ สร้างเสร็จแสดงดังรูปที่ 3(ข)

3. ทดสอบและประเมินสมรรถนะเครื่องต้นแบบ

เครื่องต้นแบบได้ถูกทดสอบและประเมิน สมรรถนะในการทำงาน รวมทั้งคุณภาพในการกะเทาะ เปลือกเมล็ดบัวหลวง โดยใช้เปอร์เซ็นต์การกะเทาะ เปลือกเมล็ดบัวหลวง เปอร์เซ็นต์ความเสียหายของเมล็ด ความสามารถในการทำงาน และการสิ้นเปลืองพลังงาน ไฟฟ้า เป็นค่าชี้ผลการศึกษา ซึ่งคำนวณได้จากสมการ ดังนี้

1) เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวง (%)

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

2) เปอร์เซ็นต์ความเสียหายของเมล็ด (%)

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

3) ความสามารถในการทำงาน (kg/hr)

$$\frac{\text{น้ำหนักของเมล็ดบัวที่กะเทาะเปลือกได้ทั้งหมด}}{\text{เวลาในการทำงานทั้งหมด}} \quad (3)$$

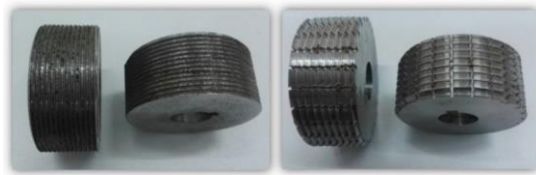
4) การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (kW-hr)

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

เมื่อ I = กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)

V = แรงเคลื่อนไฟฟ้า (โวลต์)

t = เวลา (ชั่วโมง)



ลูกกะเทาะแบบที่ 1

ลูกกะเทาะแบบที่ 2

รูปที่ 4 ลูกกะเทาะเมล็ดบัวหลวงที่ใช้ในการทดสอบ

จากการทดสอบเบื้องต้นพบว่าเมื่อทดสอบเครื่องที่ความเร็วรอบของลูกกะเทาะมากกว่า 350 รอบต่อนาที เมล็ดบัวจะเกิดความเสียหายจำนวนมาก ดังนั้นจึงเลือกทดสอบโดยใช้ลูกกะเทาะ 2 แบบดังรูปที่ 4 ทดสอบที่ความเร็วของลูกกะเทาะ 250, 300 และ 350 รอบต่อนาที ตามลำดับ แต่ละความเร็วรอบทำการทดสอบซ้ำกัน 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้เมล็ดบัว 300 กรัม การทดสอบใช้เมล็ดบัวหลวงแห้งพันธุ์พุ่มที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 11.5-12.0 mm และเมล็ดบัวมีความชื้น 7.5% w.b. ตลอดการทดสอบ บันทึกเวลาที่ใช้ในการทำงานทั้งหมด กระแสไฟฟ้า น้ำหนักเมล็ดบัวที่กะเทาะได้ น้ำหนักเมล็ดบัวที่กะเทาะไม่ได้ และน้ำหนักเมล็ดบัวที่เสียหาย เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณค่าชี้ผลการศึกษาและวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ที่ระดับความแตกต่างทางสถิติ 95% (One-way analysis of variance (ANOVA)) และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธีของ Duncan New's Multiple Range Test (DMRT) รวมทั้งวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม เช่น ค่าใช้จ่าย ระยะเวลาคืนทุน และ จุดคุ้มทุน ในการใช้เครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวง

4. การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

4.1 การวิเคราะห์และประเมินค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ย

วิธีการประเมินค่าใช้จ่ายโดยรวมเกี่ยวกับต้นทุนในการใช้งานเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวง สมมติว่าเกษตรกรซื้อเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแทนวิธีการใช้แรงงานคน ซึ่งค่าใช้จ่ายโดยรวมจะประกอบด้วยต้นทุนคงที่ (Fixed cost) และต้นทุนผันแปร (Variable cost) โดยต้นทุนคงที่ได้แก่ ค่าเสื่อมราคาของเครื่อง (คิดค่าเสื่อมราคาโดยวิธีเส้นตรงเมื่อประมาณอายุการใช้งานของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงได้ 5 ปี) และค่าเสียโอกาสของเงินทุน (คิดอัตราดอกเบี้ย 10%) ซึ่งค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนคงที่จะไม่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณของการกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวง [15]

4.2 การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Pay-back period)

เป็นการคาดคะเนว่า เมื่อลงทุนใช้เครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงไปแล้ว จะได้รับผลตอบแทนกลับคืนมาในจำนวนเงินเท่ากับที่ลงทุนไปแล้วภายในระยะกี่ปี โดยคิดจากราคาในการลงทุนซื้อเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงหารกับผลประโยชน์สุทธิที่คาดว่าจะได้รับในการใช้งานเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวง 5 ปี [15]

4.3 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน (Break-even point)

เป็นการคำนวณหาจุดคุ้มทุนในการใช้เครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงต้นแบบ โดยการเปรียบเทียบระหว่างต้นทุนในการกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงจากการใช้เครื่องต้นแบบและการกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงด้วยแรงงานคน [15]

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

ในการทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงต้นแบบ ผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 5 โดยรูปที่ 5 (ก) แสดงเมล็ดบัวหลวงแห้งก่อนการทดสอบ ซึ่งหลังจากได้นำไปทดสอบโดยเครื่องต้นแบบแล้ว จะได้เมล็ดบัวหลวง ดังรูปที่ 5 (ข) ที่พร้อมจะนำไป

แปรรูปหรือจำหน่ายต่อไป รูปที่ 5 (ค) แสดงเมล็ดบัวที่แกะเปลือกออกไม่หมด ซึ่งสามารถใช้มือคัดแยกเปลือกออกได้ ส่วนรูปที่ 5 (ง) แสดงเมล็ดบัวหลวงบางส่วนเกิดความเสียหายจากการทดสอบ โดยเมล็ดบัวที่เสียหายพิจารณาจากเมล็ดบัวที่มีรอยแตกเสียหายทุกๆแบบจากเมล็ดเต็ม ซึ่งเมล็ดบัวที่เสียหายนี้สามารถนำไปบดเป็นแป้งเมล็ดบัวสำหรับทำไส้ขนมได้ต่อไป



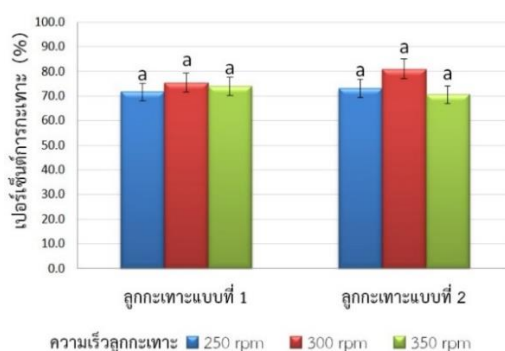
รูปที่ 5 ก) เมล็ดบัวหลวงที่ใช้ทดสอบ ข) เมล็ดบัวหลวงหลังการแกะเปลือก ค) เมล็ดบัวที่แกะเปลือกไม่หมด และ ง) เมล็ดบัวที่เสียหายจากการทดสอบ

ผลการทดสอบเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวงที่ชนิดและความเร็วรอบของลูกแกะต่างๆ จะนำเสนอตามคำชี้ผลการศึกษา ดังนี้

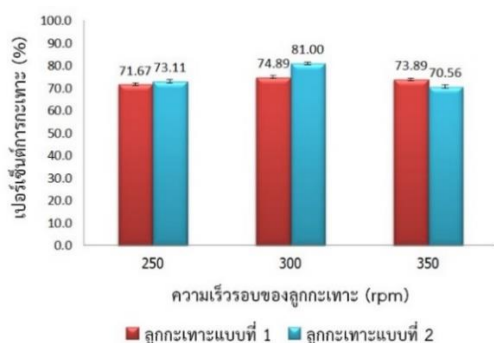
1. เพอร์เซ็นต์การแกะเมล็ดบัวหลวง

จากผลการทดสอบเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวงโดยใช้ลูกแกะทั้ง 2 แบบ ดังรูปที่ 6 ก) ที่ความเร็วรอบของลูกแกะที่ 250, 300 และ 350 รอบต่อนาที ตามลำดับ พบว่าเปอร์เซ็นต์การแกะเมล็ดบัวหลวงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าช่วงความเร็วที่ใช้ในการทดสอบของลูกแกะทั้ง 2 แบบ ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การแกะเมล็ด และที่ความเร็วของลูกแกะ 300 รอบต่อนาที ลูกแกะทั้ง 2 ชุดจะมีเปอร์เซ็นต์การแกะ

เมล็ดสูงที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การแกะเมล็ดของลูกแกะทั้งสองแบบดังรูปที่ 6 ข) พบว่าที่ความเร็ว 250 และ 300 รอบต่อนาที ลูกแกะแบบที่สองจะสามารถแกะเมล็ดบัวได้สูงกว่าแบบแรก ส่วนที่ความเร็ว 350 รอบต่อนาที ลูกแกะแบบที่ 1 จะแกะเมล็ดได้ดีกว่าแบบที่ 2 จากผลการทดสอบดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าเครื่องต้นแบบสามารถแกะเมล็ดบัวหลวงได้ดีที่สุดที่ความเร็วรอบของลูกแกะ 300 รอบต่อนาที และลูกแกะแบบที่ 2 แกะเมล็ดดีกว่าแบบแรก โดยมีเปอร์เซ็นต์การแกะเมล็ดบัวหลวง $81.0 \pm 1.86\%$

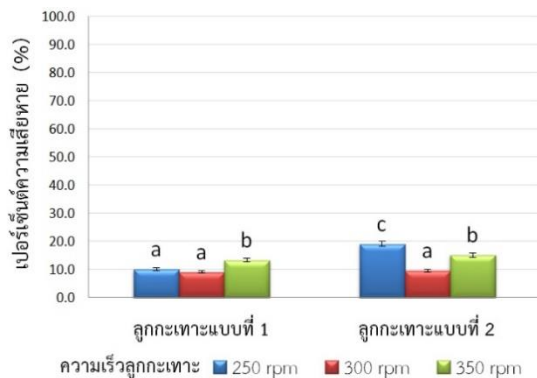


รูปที่ 6 ก) เพอร์เซ็นต์การแกะเมล็ดบัวหลวงที่ชนิดและความเร็วรอบของลูกแกะต่างๆ (^{abc} อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละชุดการทดสอบแสดงว่าเปอร์เซ็นต์การการแกะเมล็ดบัวหลวงมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05)

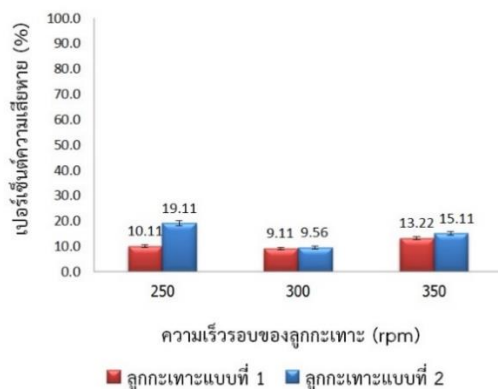


รูปที่ 6 ข) เพอร์เซ็นต์การแกะเมล็ดบัวหลวงที่ชนิดและความเร็วรอบของลูกแกะต่างๆ

2. เปอร์เซ็นต์ความเสียหายของเมล็ดบัวหลวง



รูปที่ 7 ก) เปอร์เซ็นต์ความเสียหายของเมล็ดบัวหลวงที่ชนิดและความเร็วรอบของลูกกะเทาะต่างๆ (abc อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละชุดการทดสอบ แสดงว่าเปอร์เซ็นต์การการกะเทาะเมล็ดบัวหลวงมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05)



รูปที่ 7 ข) เปอร์เซ็นต์ความเสียหายของเมล็ดบัวหลวงที่ชนิดและความเร็วรอบของลูกกะเทาะต่างๆ

จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าเปอร์เซ็นต์ความเสียหายของเมล็ดบัวหลวงมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ทั้งในการทดสอบที่ชนิดและความเร็วรอบของลูกกะเทาะต่างๆ ดังรูปที่ 7 ก) เมื่อพิจารณาลูกกะเทาะแบบที่ 1 จะเห็นว่าที่ความเร็ว 250 และ 300 รอบต่อนาที เมล็ดบัวมีความเสียหายไม่

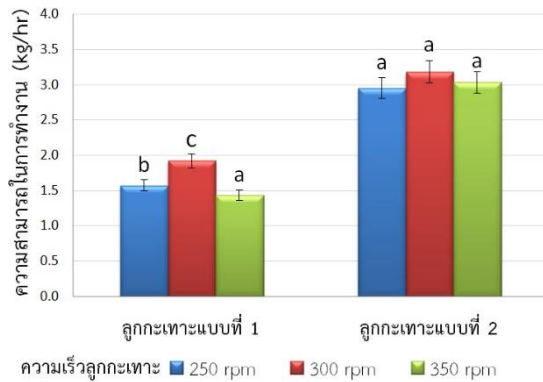
แตกต่างกัน แต่จะมีความเสียหายเพิ่มขึ้นที่ความเร็ว 350 รอบต่อนาที ในส่วนของลูกกะเทาะแบบที่ 2 เมล็ดบัวจะมีความเสียหายแตกต่างกันทั้ง 3 ความเร็ว ซึ่งจากการทดสอบลูกกะเทาะทั้งสองแบบพบว่าความเร็วที่ทำให้เมล็ดบัวเสียหายน้อยที่สุดคือ 300 รอบต่อนาที โดยลูกกะเทาะแบบที่ 1 และแบบที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์ความเสียหาย $9.11 \pm 1.58\%$ และ $9.56 \pm 0.20\%$ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับ การกะเทาะด้วยแรงงานคน เครื่องต้นแบบมีความเสียหายน้อยกว่าประมาณ 5 เท่า (การกะเทาะด้วยแรงงานคนมีเปอร์เซ็นต์ความเสียหายของเมล็ดประมาณ 50% [8])

กรณีการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความเสียหายของเมล็ดบัวของลูกกะเทาะทั้ง 2 แบบดังรูปที่ 7 ข) พบว่าทุกความเร็วรอบที่ใช้ทดสอบลูกกะเทาะแบบที่ 2 จะมีเปอร์เซ็นต์ความเสียหายสูงกว่าแบบแรก เนื่องจากร่องฟันของลูกกะเทาะแบบที่ 2 ที่หยากกว่าแบบที่ 1 จึงทำให้ฟันของลูกกะเทาะแบบที่ 2 กินเข้าไปในเนื้อในของเมล็ดบัวได้มากกว่าแบบที่ 1 อย่างไรก็ตามเปอร์เซ็นต์ความเสียหายของลูกกะเทาะทั้ง 2 แบบมีค่าน้อยที่สุดและใกล้เคียงกันที่ความเร็ว 300 รอบต่อนาที ดังนั้นความเร็วนี้ถือว่าเป็นความเร็วที่เหมาะสมในการทำงานของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวง

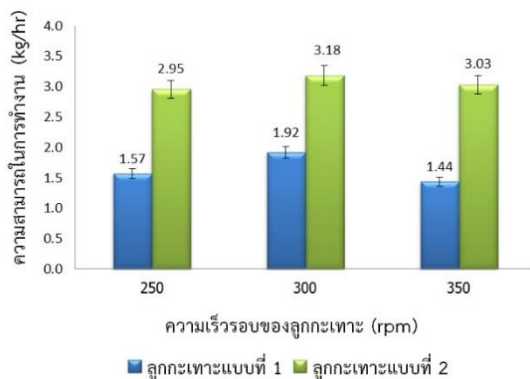
3. ความสามารถในการทำงานของเครื่อง

จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าความสามารถในการทำงานมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อทดสอบที่ความเร็วต่างๆ ของลูกกะเทาะแบบที่ 1 และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อทดสอบที่ความเร็วต่างๆ ของลูกกะเทาะแบบที่ 2 ดังรูปที่ 8 ก) เมื่อพิจารณาความสามารถในการทำงานของลูกกะเทาะแบบที่ 1 จะมีความแตกต่างกันทั้ง 3 ความเร็วรอบ ส่วนความสามารถในการทำงานของลูกกะเทาะแบบที่ 2 ไม่มีความแตกต่างกันทั้ง 3 ความเร็วรอบ ซึ่งจากการทดสอบลูกกะเทาะทั้งสองแบบพบว่า

ความเร็วที่ทำให้ความสามารถในการทำงานของเครื่องมากที่สุดคือ 300 รอบต่อนาที โดยลูกกะเทาะแบบที่ 1 และแบบที่ 2 มีความสามารถในการทำงาน 1.92 ± 0.07 และ 3.18 ± 0.26 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ



รูปที่ 8 ก) ความสามารถในการทำงานที่ชนิดและความเร็วรอบของลูกกะเทาะต่างๆ (abc อักษรที่ต่างกันในแต่ละชุดการทดสอบแสดงว่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดบัวหลวงมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05)



รูปที่ 8 ข) ความสามารถในการทำงานที่ชนิดและความเร็วรอบของลูกกะเทาะต่าง ๆ

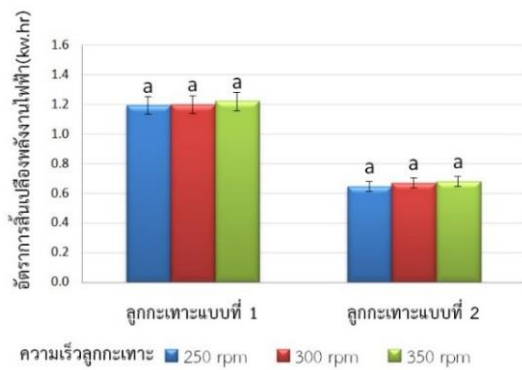
จากการเปรียบเทียบความสามารถในการทำงานของเครื่องที่ทดสอบโดยลูกกะเทาะทั้งสองแบบดังรูปที่ 8 ข) พบว่าทุกความเร็วรอบที่ใช้ทดสอบ ลูกกะเทาะแบบที่ 2 จะมีความสามารถในการทำงานสูงกว่าแบบแรก

เนื่องจากลูกกะเทาะแบบที่ 2 ใช้เวลาในการกะเทาะเปลือกน้อยกว่าแบบที่ 1 และที่ความเร็ว 300 รอบต่อนาที ของลูกกะเทาะแบบที่ 2 มีความสามารถในการทำงานสูงสุด $3.18 \pm 0.26\%$ กิโลกรัมต่อชั่วโมง หรือคิดเป็น 25.44 กิโลกรัมต่อวัน (1 วันทำงาน 8 ชั่วโมง) เมื่อเปรียบเทียบกับการทำงานของเกษตรกรที่ทำงานได้ประมาณ 5 กิโลกรัมต่อวัน จะเห็นว่าเครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้มากกว่าการทำงานของเกษตรกรถึง 20 กิโลกรัมต่อวัน ดังนั้นจึงได้เลือกใช้ความสามารถในการทำงาน 3.18 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ไปใช้ในการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมต่อไป

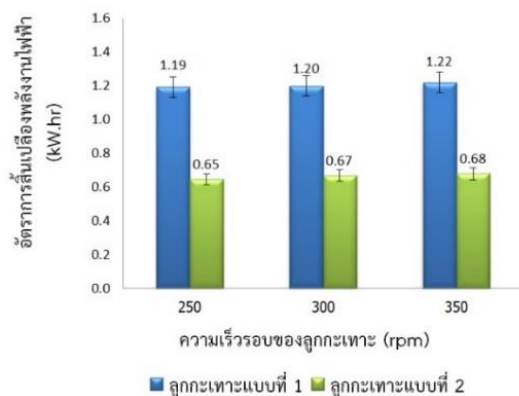
4. การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า

จากการวิเคราะห์ทางสถิติของการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าโดยใช้ลูกกะเทาะทั้ง 2 แบบ ดังรูปที่ 9 ก) ที่ความเร็วรอบของลูกกะเทาะที่ 250, 300 และ 350 รอบต่อนาที ตามลำดับ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยช่วงความเร็วที่ใช้ขั้วลูกกะเทาะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามความเร็วการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งลูกกะเทาะแบบที่ 1 และแบบที่ 2 มีค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 1.19-1.22 และ 0.65-0.68 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ตามลำดับ

จากผลการทดสอบ ดังรูปที่ 9 ข) พบว่าลูกกะเทาะแบบที่ 2 จะใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำกว่าแบบที่ 1 จากการสังเกตขณะการทดสอบพบว่าลูกกะเทาะแบบที่ 2 ที่มีฟันหยากกว่าแบบแรกทำให้เปลือกของเมล็ดบัวแตกได้ดีกว่าจึงใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำกว่าลูกกะเทาะแบบที่ 1 ซึ่งความเร็วรอบของลูกกะเทาะ 300 รอบต่อนาที เป็นความเร็วที่เหมาะสมในการทำงานที่สุดของเครื่องต้นแบบ ดังนั้นจึงได้นำค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ขับเคลื่อนที่เร็วขึ้นคือ 0.67 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ไปเป็นค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมต่อไป



รูปที่ 9 ก) การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ชนิดและความเร็วรอบของลูกกะเทาะต่างๆ (abc อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละชุดการทดสอบแสดงว่าเปอร์เซ็นต์การการกะเทาะเมล็ดบัวหลวงมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05)



รูปที่ 9 ข) การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ชนิดและความเร็วรอบของลูกกะเทาะต่างๆ

5. ผลการวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์

จากผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมโดยคิดที่ราคาเครื่องต้นแบบ 25,000 บาท (คิดจากค่าวัสดุและค่าแรงในการสร้างเครื่อง ไม่รวมอุปกรณ์ปรับรอบมอเตอร์) อายุการใช้งาน 5 ปี อัตราดอกเบี้ย 10% ใช้ผู้ควบคุมเครื่อง 1 คน ความสามารถในการทำงาน 3.18 กิโลกรัมต่อชั่วโมง การใช้พลังงานไฟฟ้า 0.67 กิโลวัตต์-ชั่วโมง คำนวณต้นทุนคงที่ได้ 5,875 บาท/ปี และต้นทุนผันแปร 78,902 บาท/ปี ค่าใช้จ่ายรวม

84,777 บาท/ปี แสดงดังตารางที่ 1 เมื่อใช้เครื่องต้นแบบทำงาน 8 เดือน หรือ 1,920 ชั่วโมงต่อปี (ทำงานวันละ 8 ชั่วโมง) มีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของเครื่อง 9.6 บาทต่อกิโลกรัม ระยะเวลาคืนทุน 2.24 เดือน และการใช้งานที่จุดคุ้มทุน 428.23 ชั่วโมงต่อปี เปรียบเทียบกับแรงงานคน 1 คน

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงต้นแบบ

Particular	Amount
Fixed cost	
- Purchase price, P_p	25,000 Baht
- Salvage value, $S = 10\% P_p$	2,500 Baht
- Useful life of the forming, y_r	5 years
- Interest rate	10%/year
1) Depreciation, $D = (P_p - S)/y_r$	4,500 Baht/year
2) Interest, $I = (P_p + S)/2$	1,375 Baht/year
3) Total fixed cost, $F_c = (1) + (2)$	5,875 Baht/year
Variable cost	
- Assume working/year	240 days
- Regular working hours	8 hours/day
- Capacity of machine	3.18 kg/hour
- Assume repair and maintenance rate	10 Baht/day
- Power consumption	0.67 kW-hour
- Labor cost for operation	300/day
4) Repair and maintenance cost, 10×240	2,400 Baht/year
5) Power consumption cost, $0.67 \times 3.5 \times 240 \times 8$	4,502 Baht/year
6) Labor cost, 300×240	72,000 Baht/year
7) Total Variable cost, $V_c = (4) + (5) + (6)$	78,902 Baht/year
8) Total operating cost, $T_c = (3) + (7)$	84,777 Baht/year

สรุปผล

จากการทดสอบสมรรถนะเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้งโดยใช้ค่าชี้ผลการศึกษา คือ เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวง เปอร์เซ็นต์ความเสียหายของเมล็ด ความสามารถในการทำงาน และอัตราการผลิตพลังงานไฟฟ้า พบว่าเครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้ดีที่สุดเมื่อใช้ลูกกะเทาะแบบที่ 2 ทำงานที่ความเร็วของลูกกะเทาะ 300 รอบต่อนาที มีเปอร์เซ็นต์การกะเทาะ 81.00% เปอร์เซ็นต์ความเสียหาย 9.56% ความสามารถในการทำงาน 3.18 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และใช้พลังงานไฟฟ้า 0.67 กิโลวัตต์-ชั่วโมง และจากการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการใช้เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงพบว่าค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของเครื่อง 9.6 บาทต่อกิโลกรัม ระยะเวลาคืนทุน 2.24 เดือน และการใช้งานที่จุดคุ้มทุน 428.23 ชั่วโมงต่อปี เมื่อเปรียบเทียบกับแรงงานคน ซึ่งเครื่องต้นแบบสามารถที่จะพัฒนาเพื่อใช้ทดแทนแรงงานคนได้ต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่ายประจำปี 2561 ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โดยคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) รวมทั้งภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่สนับสนุนสถานที่และอุปกรณ์ในการทดสอบต่างๆ

เอกสารอ้างอิง

- [1] วัชรารณ สขสวัสดิ์. 2560. **คุณประโยชน์ 7 ธัญพืชของไทย ไร้โรคภัยไปกับชีวิตที่ดี**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: <http://www.tnews.co.th/contents> (24 ตุลาคม 2560).
- [2] กรมส่งเสริมการเกษตร. 2554. **สถานการณ์การผลิตบัว**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก :<http://www.doae.go.th/LIBRARY/>. (24 มกราคม 2556).

- [3] ทวีพงศ์ สุวรรณโร. 2550. **การทำนาบัว. เอกสารอิเล็กทรอนิกส์. สำนักส่งเสริมและฝึกอบรมมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**.
- [4] นิรนาม. 2559. **นครพนมพลิกวิกฤต ทำนาบัวพืชศก. ขายดีโกยรายได้เดือนละ 3-4 หมื่นบาท**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : <http://www.matichon.co.th/news>. (23 เมษายน 2560).
- [5] สุจิต เมืองสุข. 2559. **กว่าจะมีวันนี้ ชาวปากคาด บึงกาฬ ผู้ชีวิตลองผิดลองถูกปลูกบัวเก็บผักขายฝักละบาท กำละสิบ เป็นอาชีพภาคภูมิใจ**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : https://www.khaosod.co.th/view_newsonline.php?newsid. (25 พฤษภาคม 2559).
- [6] พรพรรณ วิจิตรวิทยาพงศ์. 2552. **เมล็ดบัวแปรรูปที่จิตร สร้างงานเงิน ให้ชาวบึงสีไฟ. คอลัมน์ชุมชนเข้มแข็ง หนังสือพิมพ์มติชน**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.matichon.co.th/matichon/view_news. (24 มกราคม 2556).
- [7] นิรนาม. 2560. **เมล็ดบัวอบกรอบขาย. หจก. ที แอลเทรตวินด์. แหล่งข้อมูล**: <http://www.mailotusseeds.com/> เข้าถึงเมื่อ: 24 มกราคม 2560.
- [8] จตุรงค์ ลังกาพินธุ์, สุนัน ปานสาคร และภูรินทร์ อัครกุลธร. 2558. **การพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ปีที่ 21 ฉบับที่ 1 ประจำเดือนมกราคม-มิถุนายน พ.ศ. 2558**.
- [9] นิรนาม. 2552. **เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวตากแห้ง. สำนักวิจัยและพัฒนาการอาชีวศึกษา. แหล่งข้อมูล**: <http://bverd.net/>

project_detail.phpproject_id89 เข้าถึงเมื่อ:
24 มกราคม 2559.

- [10] Anon. 1983. Moisture Measurement pages 329-330. In: ASAE Standard sS 410, Agricultural Engineering Handbook.
- [11] จตุรงค์ ลังกาพินิจ. 2558. **ทฤษฎีของเครื่องจักรกลเกษตร**. สำนักพิมพ์ทริปเพิ้ล เอ็ดดูเคชั่น จำกัด, กรุงเทพฯ.
- [12] Krutz, G., Thomson, L. and Claar, P. 1994. **Design of Agricultural Machinery**. John Wiley and Sons. New York Chichester Brisbane, Toronto, Singapore.
- [13] Shigley, J.E. and Mischke, C.R. 1989. **Mechanical Engineering Design**. 5th Edition, McGraw-Hill Book Company, USA.
- [14] จตุรงค์ ลังกาพินิจ. 2560. **ออกแบบและเขียนแบบวิศวกรรมด้วยโปรแกรม SolidWorks**. พิมพ์ครั้งที่ 3, สำนักพิมพ์ทริปเพิ้ล เอ็ดดูเคชั่น จำกัด.
- [15] Hunt, D. 2001. **Farm Power and Machinery**. (10th Edition). Ames, Iowa, USA: Iowa State University Press.