

## การศึกษาและทดสอบเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง

สุรวุฒิ แสงสว่าง<sup>1\*</sup>, จตุรงค์ ลังกาพิณธุ์<sup>1</sup>, สุนัน ปานสาคร<sup>1</sup>, รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ธัญบุรี, ปทุมธานี, 12110

ผู้เขียนติดต่อ: สุรวุฒิ แสงสว่าง E-mail: jaturong.l@en.rmutt.ac.th, s.su2awut@gmail.com

### บทคัดย่อ

เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้งได้ถูกออกแบบและสร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อลดเวลาและแรงงานในการกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้งสำหรับวิสาหกิจชุมชน เครื่องต้นแบบประกอบด้วย โครงสร้างเครื่อง ชุดลำเลียงเมล็ด ชุดกะเทาะเมล็ด ระบบส่งกำลัง และใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 hp เป็นต้นกำลัง การทำงานของเครื่องเริ่มจากผู้ทำงานป้อนเมล็ดบัวหลวงแห้งลงในช่องป้อนเมล็ดบัวทางด้านบนของเครื่อง หลังจากนั้นเมล็ดบัวหลวงจะถูกลำเลียงเข้าไปกะเทาะเปลือกในชุดกะเทาะเมล็ดโดยชุดลำเลียงเมล็ด เมล็ดบัวหลวงที่ผ่านการกะเทาะเปลือกแล้วจะร่วงออกจากชุดกะเทาะลงทางด้านล่างของเครื่อง จากการทดสอบที่ความเร็วรอบของลูกกะเทาะ 250, 300 และ 350 rpm ตามลำดับ พบว่าเครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้ดีที่สุดที่ความเร็วของลูกกะเทาะ 350 rpm มีความสามารถในการทำงาน 2.02 kg hr<sup>-1</sup> มีเปอร์เซ็นต์การกะเทาะและเปอร์เซ็นต์ความเสียหาย 78.67% และ 7.33% ตามลำดับ มีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 0.66 kW-hr และเครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้เร็วกว่าแรงงานคนอย่างน้อย 6 เท่า จากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่าใน 1 ปี ใช้เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงทำงาน 1,920 hr year<sup>-1</sup> มีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของเครื่อง 16.30 Baht kg<sup>-1</sup> ระยะเวลาคืนทุน 2.36 month และการใช้งานที่จุดคุ้มทุน 428.23 hr year<sup>-1</sup> เมื่อเปรียบเทียบกับแรงงานคน

คำสำคัญ: การศึกษาและทดสอบ, บัวหลวง, เมล็ดบัวหลวงแห้ง, เครื่องกะเทาะ

## Study and Testing of a Dry Lotus Seed Sheller

Surawut Sangsawang<sup>1\*</sup>, Jaturong Langkapin<sup>1</sup>, Sunan Parnsakhorn<sup>1</sup> Roongruang Kalsirisilp<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thanyaburi, Pathumthani, 12110.

Corresponding author: Surawut Sangsawang. E-mail: jaturong.l@en.rmutt.ac.th, s.su2awut@gmail.com

### Abstract

A dry lotus seed sheller was designed and fabricated to reduce shelling time and number of labor for the dried lotus seed shell removing of small and micro community enterprise. The prototype consisted of main frame, feeding unit, shelling unit, the power transmission unit, and 1 hp electric motor, which was used as a prime mover. The operation started with manually feeding dried lotus seeds into chute at the top of machine. Then they were conveyed to shelling unit to shell by feeding unit, and finally seeds were released through outlet chute at the bottom. The results revealed that the average speed of sheller 350 rpm worked well among the average speed of sheller 250, 300 และ 350 rpm respectively. Working capacity was found to be 2.02 kg hr<sup>-1</sup> the percentage of shelling and seed damage of lotus seeds were 78.67% and 7.33% respectively, and consumed 0.66 kW-hr of energy. This prototype can work at least six times faster than human labor. Based on the engineering economical analysis, indicated that the operating cost was 16.30 Bath kg<sup>-1</sup>, payback period 3 months and the break-even point of the machine was 1,920 hr year<sup>-1</sup> at the annual use of 428.23 hr year<sup>-1</sup>.

Keyword: Study and testing, Lotus, Dry Lotus seed, Sheller.

### 1. บทนำ

เมล็ดบัว คือธัญพืชให้คุณค่าสารอาหารสูงทานได้ทั้งสดและแห้ง เป็นแหล่งรวมของวิตามินและแร่ธาตุหลายชนิด เช่น วิตามินเอ ซี อี เหล็ก แร่ และฟอสฟอรัส วิตามินเหล่านี้มีส่วนช่วยในการบำรุงประสาท บำรุงไต บำรุงสมอง มีสรรพคุณทางยาในการรักษาอาการ

ท้องร่วง บิดเรื้อรัง น้ำอสุจิกเลื้อน และสรรพคุณพื้นบ้านที่ใช้เป็นยา บำรุงเลือดหรือเพิ่มเลือด [1] เมล็ดบัวสามารถนำมาทำอาหารทั้งคาวและหวาน ถ้านำเมล็ดบัวมาปรุงอาหารร่วมกับลำไยแห้งจะทำให้สรรพคุณทางยาของเมล็ดบัวเพิ่มมากขึ้น ข้อควรระวังผู้ที่มีอาการท้องผูก ท้องเฟ้อ อาหารไม่ย่อย ไม่ควรกินไม่ควรปรุงอาหารที่มีเมล็ด

บัวในภาชนะที่ทำจากเหล็ก เพราะจะทำให้เม็ดบัวกลายเป็นสีดำ บัวที่พบและนิยมปลูกในประเทศไทยมีอยู่ 3 ชนิด คือบัวหลวงหรือมีชื่อเรียกกันทั่วไปว่า พทุมชาติ บัวในสกุลนี้เป็นบัวที่รู้จักกันดีเพราะเป็นบัวที่มีดอกใหญ่นิยมนำมาไหว้พระ และใช้ในพิธีทางศาสนา อีกชนิดคือบัวสายหรือมีชื่อเรียกกันทั่วไปว่า อุบลชาติ ชนิดสุดท้ายคือบัววิกตอเรีย ซึ่งมีชื่อเรียกกันทั่วไปว่า บัวกระดัง [2] แหล่งปลูกบัวเพื่อเก็บเมล็ดที่สำคัญ คือ จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดพิจิตร และจังหวัดพิษณุโลก พันธุ์บัวที่นิยมปลูกเพื่อเก็บเมล็ด คือ บัวหลวงพันธุ์พทุม ซึ่งมีขนาดฝักใหญ่ และมีเมล็ดมาก [3] เมล็ดบัวยังสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์สินค้าโอท็อปเมล็ดบัวอบกรอบแม่จรรยาของกลุ่มสตรีสหกรณ์บึงสีไฟได้

ในปัจจุบันการแกะเปลือกเมล็ดบัวต้องอาศัยแรงงานคนเป็นหลัก ดัง Figure 1 ซึ่งใช้เวลานานและได้ผลผลิตในปริมาณที่ไม่เพียงพอต่อการนำไปแปรรูป ดังนั้นเพื่อต้องการลดระยะเวลาในการแกะเปลือกเมล็ดบัวและเพิ่มผลผลิตให้กับเกษตรกรได้มากขึ้นจึงได้คิดค้นวิจัยออกแบบและสร้างเครื่องแกะเปลือกบัวขึ้นใหม่ เนื่องจากเครื่องแบบเก่าที่ภาควิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ได้สร้างขึ้นยังมีข้อจำกัดที่ควรนำมาพัฒนาต่อไป เช่น เมล็ดที่ผ่านการแกะบางส่วนยังมีเปลือกติดกับเนื้อในของเมล็ด ต้องใช้แรงงานคนคัดแยกอีกครั้ง จึงทำให้เสียเวลาในการทำงาน และเปอร์เซ็นต์ความเสียหายจากการแกะของเครื่องโดยเฉลี่ย 20.2% ซึ่งยังถือว่าค่อนข้างสูง [4]

ดังนั้นเพื่อต้องการลดระยะเวลาในการแกะเปลือกเมล็ดบัวและเพื่อเพิ่มผลผลิตให้กับเกษตรกรได้มากขึ้นจึงได้ดำเนินการวิจัยเครื่องแกะเปลือกบัวขึ้นใหม่ ซึ่งคาดว่าการศึกษาและทดสอบนี้จะช่วยให้เครื่องแกะเปลือกบัวหลวงสามารถทำงานได้ดีมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น



Figure 1 Traditional dry lotus seed shelling method. [8]

## 2. อุปกรณ์และวิธีการ

### 2.1 การศึกษาข้อมูลที่เป็นต่อการออกแบบ

#### 2.1.1 การศึกษาปัญหาในขั้นตอนการแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงในปัจจุบัน

วัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบข้อมูลที่เป็นต่อการออกแบบเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง เช่น ปัญหาการทำงานของเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงรุ่นเก่า ปัญหาการแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงโดยเกษตรกร ขณะ

ทำงานมีความล่าช้าในการทำงานเมื่อต้องการผลผลิตสูง ซึ่งใช้เวลากลับแรงงานคนค่อนข้างมากและเป็นอันตรายต่อผู้แกะเปลือกเมล็ดบัวเสี่ยงต่อการถูกมีดบาดมือ

#### 2.1.2 การศึกษาลักษณะทางกายภาพของเมล็ดบัวหลวง

วัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงลักษณะทางกายภาพของเมล็ดบัว ได้แก่ เส้นผ่านศูนย์กลาง (a) ความยาว (b) ความหนาของเปลือกเมล็ดบัวแห้ง (c) ดัง Figure 4 สำหรับใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบช่องใส่เมล็ดและการปรับตั้งค่าต่างๆที่จำเป็นของการพัฒนาและสร้างเครื่องโดยสุ่มวัดขนาดเมล็ดบัวหลวงแห้งจำนวน 100 เมล็ด ด้วยเวอร์เนียร์คาลิเปอร์ ได้เส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 11-12 mm มีค่าเฉลี่ย 11.5 ความยาวระหว่าง 15-18 mm ค่าเฉลี่ย 16.5 mm ความหนาของเปลือกเมล็ดบัวแห้งระหว่าง 1.0-1.6 mm ค่าเฉลี่ย 1.2 mm

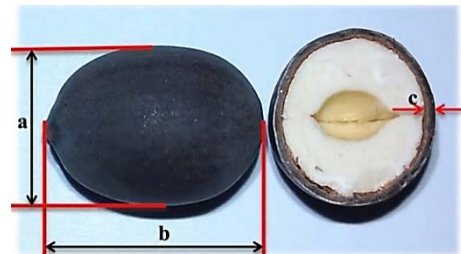
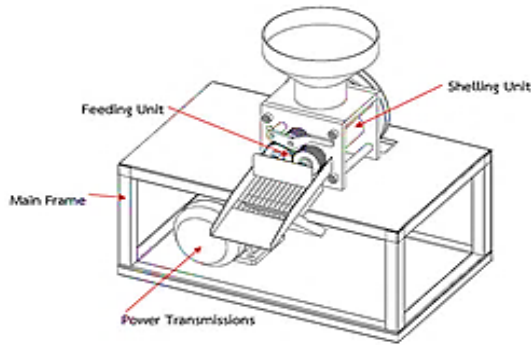


Figure 2 Dimensions of dry lotus seed. [4]

#### 2.1.3 การศึกษาวิธีการแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้งที่เหมาะสม

จากการศึกษาข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับเมล็ดบัวข้างต้นนำไปสู่การทดลองใช้อุปกรณ์การแกะของเกษตรกร พบว่าการทุบเมล็ดบัวหลวงแห้งด้วยค้อนหรือมีดจะทำให้เมล็ดบัวแตกเสียหายจำนวนมาก เพื่อลดความเสียหายของเมล็ดบัว จึงได้สร้างอุปกรณ์การแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้ง หลังจากรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นต่อการศึกษาศึกษาและทดสอบเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงเพื่อการพัฒนา ดังนั้น การออกแบบจึงต้องมีสปริงติดไว้ที่ชุดแกะ เพื่อที่จะได้ให้ชุดแกะเมล็ดบัวมีแรงกดที่ยืดหยุ่น และจากการศึกษาความยาวของเมล็ดบัวทำให้สามารถกำหนดความกว้างของช่องลำเลียงเมล็ดของชุดแกะได้ ส่วนต้นกำลังนั้นเลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้า เพราะสะดวกในการปรับความเร็วรอบ ในการทดสอบ ซึ่งเครื่องแกะเปลือกบัวประกอบด้วย ส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน คือ ช่องป้อนเมล็ด ชุดแกะ กลไกลูกกลิ้งแกะ และระบบส่งกำลังจึงได้คำนวณและออกแบบขนาดต่าง ๆ ของเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแล้ว จะออกแบบโดยใช้หลักการทางวิศวกรรม [5] และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบและเขียนแบบ [6] (Figure 3a) เมื่อดำเนินการเขียนแบบเสร็จสิ้น จึงได้ดำเนินการสร้างเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงต้นแบบตามแบบที่เขียนแบบไว้ (Figure 3b)





(a) The dry lotus seed sheller design by using CAD.



(b) Prototype of dry lotus seed sheller.

Figure 3 Schematic of dry lotus seed sheller prototype.

## 2.2 การทดสอบและประเมินสมรรถนะเครื่อง

การทดสอบใช้เมล็ดบัวหลวงปทุมความกว้างของเมล็ดบัวมีค่าอยู่ระหว่าง 11 ถึง 12 mm และความยาวของเมล็ดบัวสูงสุดเท่ากับ 16.5 mm (ลุ่มวัด 100 เมล็ด) ตลอดการทดสอบ โดยทดสอบที่ความเร็วของชุดกะเทาะที่ความเร็ว 250, 300 และ 350 rpm ตามลำดับ โดยแต่ละการทดลอง 3 ซ้ำ และบันทึกเวลาที่ใช้ในการทำงานทั้งหมด กระแสไฟฟ้า น้ำหนักเมล็ดบัวที่กะเทาะได้ น้ำหนักเมล็ดบัวที่กะเทาะไม่ได้ และน้ำหนักเมล็ดบัวที่เสียหาย (Figure 4) เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณค่าชี้ผลการศึกษา และใช้หลักทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมวิเคราะห์ค่าใช้จ่าย ระยะเวลาคืนทุน และจุดคุ้มทุน เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาเครื่องแกะเมล็ดบัวให้ใช้งานได้จริงในอนาคตต่อไป



Figure 4 Dry lotus seed after shelling (a), Dry lotus seed (b) and Seed damaged (c).

## 2.3 การทดสอบและประเมินสมรรถนะการทำงาน

เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงต้นแบบได้ถูกทดสอบสมรรถนะการทำงาน และคุณภาพในการลอกเยื่อ โดยประเมินสมรรถนะการทำงาน จากค่าชี้ผลการศึกษาดังนี้

- เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดบัวหลวง (Percentage of weight peeling, %)

$$= \frac{W_p}{W_t} \times 100 \quad (1)$$

โดยที่  $W_p$  คือ จำนวนน้ำหนักที่กะเทาะได้

และ  $W_t$  คือ จำนวนน้ำหนักที่ใช้ทดสอบทั้งหมด

- เปอร์เซ็นต์ความเสียหาย (Percentage of damage, %)

$$\% \text{damage} = \frac{W_d}{W_t} \times 100 \quad (2)$$

โดยที่  $W_d$  คือ จำนวนเมล็ดบัวที่เสียหาย (เมล็ดบัวหลังการทดสอบที่เกิดความเสียหาย ดังแสดงใน Figure 5c)

- ความสามารถในการทำงาน (Working capacity,  $\text{kg hr}^{-1}$ )

$$\text{Working capacity} = \frac{W_s}{T_t} \quad (3)$$

- อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า (Power consumption, kW-hr)

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

โดยที่  $I$  คือ กระแสไฟฟ้า (A),  $V$  คือ แรงเคลื่อนที่ไฟฟ้า (V) และ  $t$  = เวลาในการทำงาน (hr)

## 2.4 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

### 2.4.1 การวิเคราะห์และประเมินค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ย

วิธีการประเมินค่าใช้จ่ายโดยรวมเกี่ยวกับต้นทุนในการใช้งานเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห่ง สมมติว่าเกษตรกรซื้อเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห่งแทนวิธีการใช้แรงงานคน ซึ่งค่าใช้จ่ายโดยรวมจะประกอบด้วยต้นทุนคงที่ (Fixed cost) และต้นทุนผันแปร (Variable cost) โดยต้นทุนคงที่ได้แก่ ค่าเสื่อมราคาของเครื่อง (คิดค่าเสื่อมราคาโดยวิธีเส้นตรงเมื่อประมาณอายุการใช้งานของเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห่งได้ 5 ปี) และค่าเสียโอกาสของเงินทุน (คิดอัตราดอกเบี้ย 10%) ซึ่งค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนคงที่จะไม่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณของการกะเทาะเมล็ดบัว (Hunt, 2001)

### 2.4.2 การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Pay-back period)

เป็นการคาดคะเนว่า เมื่อลงทุนใช้เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงไปแล้ว จะได้รับผลตอบแทนกลับคืนมาในจำนวนเงินเท่ากับที่ลงทุนไปแล้วภายในระยะกี่ปี [7] โดยคิดจากราคาในการลงทุนซื้อเครื่องกะเทาะ

เมล็ดบัวหลวงหกรกับผลประโยชน์สุทธิที่คาดว่าจะได้รับในการใช้งาน เครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง 5 ปี

### 2.4.3 การคำนวณหาจุดคุ้มทุน (Break-even point)

เป็นการคำนวณหาจุดคุ้มทุนในการใช้เครื่องแกะเมล็ดบัวหลวงต้นแบบ โดยการเปรียบเทียบระหว่างต้นทุนในการแกะเมล็ดบัวหลวงจากการใช้เครื่องต้นแบบและการแกะเมล็ดบัวหลวงด้วยแรงงานคน

## 3. ผลและวิจารณ์

### 3.1 เปอร์เซนต์การแกะ

จากการทดสอบเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวงแห่งต้นแบบที่ความเร็วรอบต่าง ๆ Figure 5 พบว่าที่ความเร็วรอบที่ 250, 300 และ 350 rpm ชุดแกะชุดแรกมีเปอร์เซนต์การแกะ 73.33, 78.67 และ 74.67 % ตามลำดับ ที่ความเร็วรอบ 300 rpm จึงเป็นความเร็วที่เหมาะสมในการใช้งาน เนื่องจากทำให้เปลือกของเมล็ดบัวหลวงแตกออกมามากและมีความเสียหายน้อยที่สุด

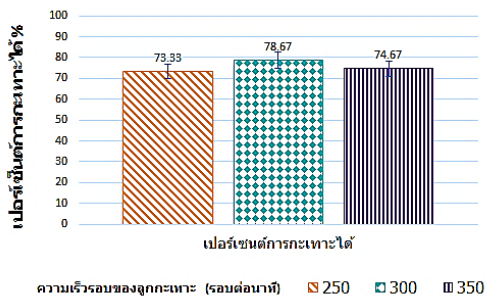


Figure 5 Shelling percentages at different cutting blade size and cam speeds.

### 3.2 เปอร์เซนต์ความเสียหาย

Figure 4 แสดงเมล็ดบัวก่อนการแกะ (a) เมล็ดบัวหลังการแกะ (b) และเมล็ดบัวที่เสียหายจากการแกะ (c) ซึ่งจะเห็นว่าเมล็ดบัวหลังการแกะบางเมล็ดจะมีเปลือกติดอยู่บางส่วนสามารถที่จะใช้มือแยกเปลือกออกหรือฝัดด้วยกระด้ง จากการทดสอบความเร็วรอบที่ 250, 300 และ 350 rpm ชุดแกะชุดแรกมีเปอร์เซนต์ความเสียหาย 9, 7.33 และ 13% ตามลำดับ (Figure 7)

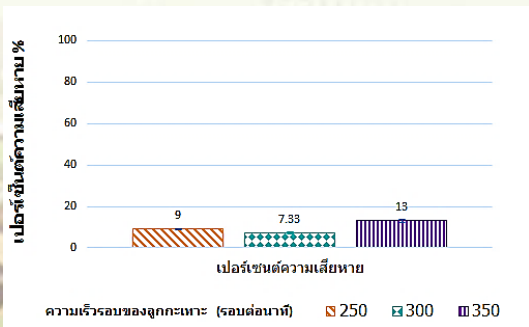


Figure 7 Machine capacity at different cam speeds.

### 3.3 ความสามารถในการทำงาน

เครื่องแกะเมล็ดบัวหลวงแห่งพบว่าที่ความเร็วรอบที่ 250, 300 และ 350 rpm ตามลำดับ (Figure 8) เท่ากับ 1.65, 2.02 และ 1.49 kg hr<sup>-1</sup> ซึ่งที่ความเร็วที่ 300 rpm จะมีความสามารถในการทำงานสูงสุดเนื่องจากที่ความเร็วนี้มีเปอร์เซนต์การแกะสูงและเกิดความเสียหายน้อยที่สุด

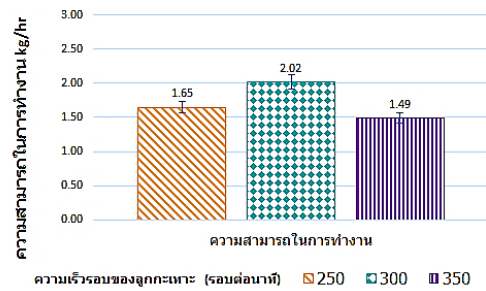


Figure 8 Seed damaged at different cutting blade size and cam speeds.

### 3.4 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า

จากการทดสอบจะเห็นว่าช่วงความเร็วของลูกเบี้ยวที่ใช้ในการทดสอบทั้งสามความเร็ว ไม่ทำให้เกิดความแตกต่างในการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยจะมีค่าระหว่าง 0.66 kW-hr (Figure 9) ซึ่งจะนำค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ลูกเบี้ยวหมุนด้วยความเร็ว 300 rpm เท่ากับ 0.66 kW-hr ไปเป็นค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมต่อไป

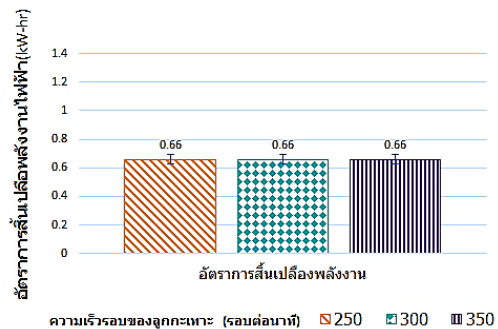


Figure 8 Power consumption at different cam speeds.

### 3.5 ผลการวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์

จากผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม โดยคิดที่ราคาเครื่องต้นแบบ 25,000 Baht (Table 1) อายุการใช้งาน 5 year อัตราดอกเบี้ย 10% ใช้ผู้ควบคุมเครื่อง 1 คน ความสามารถในการทำงาน 2.02 kg hr<sup>-1</sup> อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า 0.66 kW-hr และทำงาน 1,920 hr year<sup>-1</sup> จะได้ค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่อง 16.30 Baht kg<sup>-1</sup> ระยะเวลาคืนทุน 2.36 month และจุดคุ้มทุน 428.23 hr-year<sup>-1</sup> เมื่อเปรียบเทียบกับกรแกะด้วยแรงงานคน 1 คน ที่ทำงานได้ 0.3 kg hr<sup>-1</sup> ด้วยค่าจ้าง 100 Baht kg<sup>-1</sup>



Table 1 Cost of dry lotus seed sheller prototype.

Item	Amount (Baht)
1. Electric motor 1 hp	3,500
2. Materials cost	
2.1 Main frame	3,000
2.2 Feeding unit	9,000
2.3 Shelling unit	2,500
2.4 Power transmission unit	3,000
3. Skilled labor cost for fabrication	3,500
Total	25,000

#### 4. สรุป

จากการทดสอบสมรรถนะเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง พบว่าเครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้ที่ดีที่สุดในที่ความเร็วรอบที่ 300 rpm ความสามารถในการทำงาน  $2.02 \text{ kg hr}^{-1}$  ทำงานได้มากกว่าเกษตรกร 6 เท่า และมีเปอร์เซ็นต์การกะเทาะและเปอร์เซ็นต์ความเสียหายต่ำกว่าการกะเทาะโดยเกษตรกร ซึ่งชุดกะเทาะมีเปอร์เซ็นต์การกะเทาะและเปอร์เซ็นต์ความเสียหาย 78.67 และ 7.33% ตามลำดับ มีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 0.66 kW-hr จากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม พบว่าใน 1 ปี ใช้เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงทำงาน 1,920 hr มีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของเครื่อง  $16.30 \text{ Baht kg}^{-1}$  ระยะเวลาคืนทุน 2.36 month และการใช้งานที่จุดคุ้มทุน  $428.23 \text{ hr year}^{-1}$  สามารถที่จะพัฒนาเครื่องต้นแบบเพื่อใช้ทดแทนแรงงานคนได้ต่อไป ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงออกแบบและสร้างขึ้นมาเพื่อให้เหมาะสมกับเมล็ดบัวหลวงของประเทศไทย เพราะเมล็ดมีขนาดเล็กและสายพันธุ์ไม่เหมือนกันเมื่อเทียบกับเมล็ดบัวจากประเทศจีน

#### 5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่สนับสนุนงบประมาณและสถานที่ในการวิจัยครั้งนี้

#### 6. เอกสารอ้างอิง

- สรรพคุณของเมล็ดบัว. 2556. [ออนไลน์]; เข้าถึงได้จาก : <http://healthmeplease.com>
- จำรัส เชนินิล. 2555. เม็ดบัว.[ออนไลน์]; เข้าถึงได้จาก : <http://www.amrat.net/jamrathealth.aspx?blogid=509>
- การปลูกบัว. 2556. [ออนไลน์]; เข้าถึงได้จาก <http://guru.thai-bizcenter.com/article/detail.asp?kid=7151>
- จตุรงค์ ลังกาพินธุ์, สุนัน ปานสาคร และภูรินทร์ อัครกุลธร 2558. การพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ปีที่ 21 ฉบับที่ 1 ประจำเดือนมกราคม-มิถุนายน พ.ศ. 2558

- Shigley, J.E., Mischke, C.R. 1989. Mechanical Engineering Design. (5th Edition). USA: McGraw-Hill Book Comp.
- จตุรงค์ ลังกาพินธุ์. 2555. ออกแบบและเขียนแบบวิศวกรรมด้วยโปรแกรม SolidWorks (ฉบับเรียนลัดด้วยตัวเอง). กรุงเทพมหานคร: ทริปเพิ้ล เอ็ดดูเคชั่น จำกัด.
- Hunt, D. 2001. Farm Power and Machinery. (10th Edition). Ames, Iowa, USA: Iowa State University Press. 360 P.
- รักบ้านเกิด. 2560. [ออนไลน์]; เข้าถึงได้จาก : [http://www.rakbankerd.com/webboard/webboard\\_detail.php?topic\\_id=1547](http://www.rakbankerd.com/webboard/webboard_detail.php?topic_id=1547)