



การพัฒนาและทดสอบเครื่องรีดและกรีดเส้นผักตบชวาสำหรับงานหัตถกรรม

Development and Testing of Water Hyacinth Rolling and Splitting Machine for Handicraft

กระวี ตรีอำรรค^{1*}, เทวรัตน์ ตรีอำรรค²Krawee Treeamnuk^{1*}, Tawarat Treeamnuk²¹ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, 12110¹Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathum Thani, 12110²สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร, สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา, 30000²School of Agricultural Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhonratchasima, 30000*Corresponding author: Tel: +66-2-549-3580, Fax: +66-2-549-3581, E-mail: krawee@mail.mutt.ac.th

บทคัดย่อ

เครื่องรีดและกรีดเส้นผักตบชวาสำหรับงานหัตถกรรมที่พัฒนาขึ้น ทำงานโดยมีลูกกลิ้งชุดแรกทำหน้าที่รีดและป้อนผักตบชวาเข้าสู่ชุดมีดกรีดแบบจานหมุนคู่ ซึ่งทำหน้าที่กรีดผักตบชวาออกเป็นเส้นขนาด 10 mm และ 5 mm จากนั้นเส้นผักตบชวาจะถูกรีดและดึงออกด้วยลูกกลิ้งชุดที่สอง นอกจากนี้เครื่องยังมีช่องป้อนหลบชุดมีดกรีดเพื่อใช้เฉพาะการรีดผักตบชวาทั้งก้านโดยไม่กรีดได้อีกด้วย อัตราการรีดของเครื่องคือ 2.85 kg h^{-1} อัตราการรีดและกรีดก้านผักตบชวาเป็นขนาดเส้น 10 mm และ 5 mm คือ 3.04 kg h^{-1} และ 2.72 kg h^{-1} ตามลำดับ อัตราการรีดและกรีดผักตบชวาที่กรีดและคลี่เป็นแผ่นก่อนป้อน ขนาดเส้น 10 mm และ 5 mm คือ 2.33 kg h^{-1} และ 2.04 kg h^{-1} ตามลำดับ ค่าเปอร์เซ็นต์การกรีดอยู่ในช่วง 87.70 - 94.07% ค่าการใช้พลังงานจำเพาะต่ำที่สุดของเครื่องคือ $1.31 \text{ kg kW}^{-1} \text{ h}^{-1}$ การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์พบว่าอัตราการผลิตที่คุ้มทุนของเครื่องคือ $944.94 \text{ kg yr}^{-1}$ และใช้งานเป็นเวลา 2 เดือน จึงจะคืนทุนที่ค่าใช้จ่าย 16.58 บาท kg^{-1} (ไม่รวมค่าวัตถุดิบ)

คำสำคัญ: เครื่องรีด, เครื่องกรีด, ผักตบชวา

Abstract

The developed water hyacinth rolling and splitting machine operates by the first feed roller that was pressing and feeding the water hyacinth stem to a couple of circular splitting blade. After that, the blades cut the stem to the splitted water hyacinths in 10 mm and 5 mm of width. Finally, the splitted water hyacinths that were carried by the second roller are repressing and pulling them out from the machine. In addition, the special inlet port of the machine can feed the stem dodging the blades for only pressing process without splitting. The capacity of rolling process was 2.85 kg h^{-1} and the capacity of rolling and splitting the stem to a 10 mm and 5 mm of the width were 3.04 kg h^{-1} and 2.72 kg h^{-1} , respectively. The capacity of rolling and splitting water hyacinth sheet to a 10 mm and 5 mm of width were 2.33 kg h^{-1} and 2.04 kg h^{-1} , respectively. The efficiency of machine evaluated by the splitting percentage was in a range of 87.70 - 94.07%. The highest specific energy consumption of the machine was $1.31 \text{ kg kW}^{-1} \text{ h}^{-1}$. The operating time of the machine to cover the expense was 2 months during the annual capacity of $944.94 \text{ kg yr}^{-1}$ at operating cost of 16.58 Baht kg^{-1} (without raw material cost).

Keywords: Rolling, Splitting machine, Water hyacinth

1 บทนำ

ผักตบชวาเป็นวัชพืชน้ำที่ขยายพันธุ์ได้รวดเร็วและมีปริมาณมากในแหล่งน้ำชุมชน ชาวท้องถิ่นจึงหาทางใช้ประโยชน์จากผักตบชวา การใช้ประโยชน์ที่สร้างมูลค่าเพิ่มได้สูงประการหนึ่งคือการแปรรูปผักตบชวาแห้งเป็นงานหัตถกรรมประเภทจักสาน (ดวงพร และคณะ, 2544) ปัจจุบันวิสาหกิจนี้มีข้อจำกัดเรื่องคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ยังต้องใช้แรงงานในการผลิต การเตรียมวัตถุดิบผักตบชวาแห้งเพื่อจักสานประกอบไปด้วยการริดและฉีกแบ่งเส้นผักตบชวาแห้งออกเป็นริ้วที่มีขนาดและความหนาเท่าๆกัน ซึ่งต้องใช้ความชำนาญในการปฏิบัติ มีอัตราการทำงานต่ำและคุณภาพไม่คงที่ วัสดุที่เตรียมได้มีผลต่อคุณภาพและความสวยงามของการจักสานมากที่สุด หากมีคุณภาพดีสามารถช่วยให้ผู้ผลิตทำงานได้ง่าย รวดเร็ว สินค้าที่มีคุณภาพดีได้มาตรฐานย่อมสามารถขายได้ในราคาสูง (ดวงพร และคณะ, 2544) วิศรุต และคณะ (2548) ได้ออกแบบเครื่องริดและกรีดผักตบชวาขึ้น เพื่อลดการใช้แรงงานและเวลาในกระบวนการผลิต เครื่องที่สร้างขึ้นใช้มอเตอร์เป็นต้นกำลังขับเคลื่อนลูกกลิ้งริดและชุดใบมีดซึ่งทำจากเหล็กกล้า เครื่องมือเป็นใบมีดกลมเรียง 12 ใบ พบว่าสามารถกรีดผักตบชวาตากแห้งได้เป็นเส้นขนาดความกว้าง 10 mm มีอัตราการทำงาน 6.6 เส้น min^{-1} และไม่ได้รายงานถึงประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง ภัคสิทธิ์ และคณะ (2549) ได้ออกแบบเครื่องริดและกรีดเส้นผักตบชวา โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขับเคลื่อนลูกกลิ้งริดเพื่อริดและผลักให้เส้นผักตบชวาวิ่งเข้าสู่มีดใบตายที่ติดตั้งไว้ เครื่องมีประสิทธิภาพการทำงาน 71.63% สามารถกรีดเส้นขนาด 11 mm ที่อัตราการทำงาน 1,880 เส้น h^{-1} ซึ่งมากกว่าแรงงาน คนที่ทำได้เพียง 360 เส้น h^{-1} ธนากร และรุ่งโรจน์ (2554) ได้รายงานถึงผลของความชื้นที่มีต่อความแข็งแรงของผักตบชวาแห้งที่ใช้ในงานหัตถกรรมว่าการเพิ่มความชื้นมีผลทำให้ผักตบชวารับแรงดึงในแนวเส้นใยและแนวขวางเส้นใยได้สูงขึ้น แต่รับแรงดัดได้น้อยลง

จากที่กล่าวมาพบว่า เครื่องที่สร้างขึ้นและพัฒนาต่อเนื่องมายังมีอัตราการทำงานและประสิทธิภาพต่ำ เพราะใช้มีดใบตายหรือใช้มีดหมุนตัดอิสระโดยไม่มียึด Counter shear ช่วยในกลไกการตัด จึงเกิดความเสียหายสูง ประกอบกับสามารถกรีดเส้นได้เพียงขนาดเดียว ไม่สามารถทำงานเฉพาะการริดทั้งก้านโดยไม่กรีดได้ และยังไม่มียางงานถึงผลของความชื้นในผักตบชวาต่อสมรรถนะของเครื่องริดและกรีดเส้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาเครื่องริดและกรีดเส้นผักตบชวาที่สามารถกรีดเส้นขนาด 10 mm และ 5 mm โดย ประมาณ ซึ่งเป็นขนาดที่นิยมใช้ในการ

จักสานมากที่สุด และสามารถริดก้านผักตบชวาทั้งก้านโดยไม่กรีดได้ และทดสอบถึงผลของความชื้นในผักตบชวาแห้งที่มีต่อสมรรถนะการทำงานของเครื่องที่สร้างขึ้น ตลอดจนความคุ้มค่าในการนำเครื่องไปใช้งาน

2 อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 เครื่องริดและกรีดเส้นผักตบชวา

จากการศึกษารูปแบบการตัดและฉีกเส้นผักตบชวาแห้งของผู้จักสาน พบว่าค่าความยาวและขนาดเฉลี่ยของก้านผักตบชวาแห้งที่ใช้ในการจักสานคือ 60 cm และ 20 mm ตามลำดับ ซึ่งมีการใช้ก้านผักตบชวาแห้งทั้งก้านและต้องกรีดตามแนวลำต้นเพื่อคลี่ออกเป็นแผ่นก่อนนำไปริดและฉีกออกเป็นเส้นเพื่อจักสานต่อไป ดังนั้นเครื่องต้นแบบนี้จึงถูกออกแบบให้มีกลไกการริดก้านผักตบชวาที่คลี่แผ่เป็นแผ่น ก่อนป้อนเข้าสู่ชุดมีดกรีดเส้น แล้วจึงถูกรีดซ้ำอีกครั้งก่อนออกจากเครื่อง กลไกการกรีดเส้นใช้การเฉือนขาดด้วยมีดกรีดแบบจานหมุน (Splitting blade) 2 ใบสบและหมุนเข้าหากัน เกิดการต้านแรงเฉือนตัด (Counter shear) คล้ายการตัดด้วยกรรไกร มีดนี้ติดตั้งบนเพลาลูก สามารถกรีดเส้นขนาด 10 mm และ 5 mm ซึ่งเหมาะสมสำหรับการใช้จักสาน

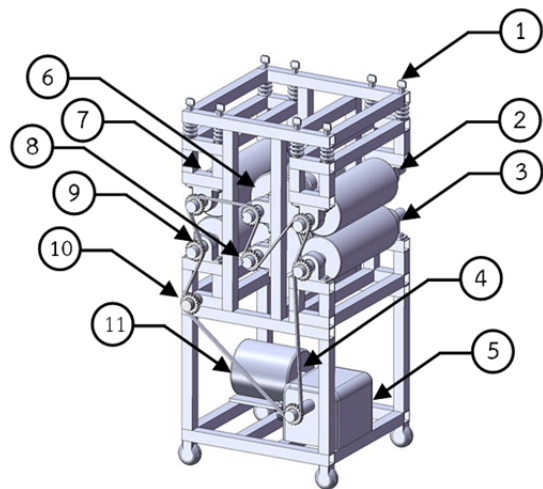


Figure 1 Component of the water hyacinth rolling and splitting machine.

Figure 1 มีติเครื่องเป็น 355 x 365 x 730 mm ลูกกลิ้ง (2), (3), (7) และ (9) ทำจากท่อเหล็กเส้นผ่านศูนย์กลาง 102 mm ชูผิวโครเมียมเพื่อป้องกันสนิม ยาว 254 cm น้ำหนักกดของลูกกลิ้งชุดแรก (2) และ (3) และลูกกลิ้งตึง (7) และ (9) ถูกปรับได้ด้วยสกรูและชุดสปริงปรับระยะกด (1) ชุดใบมีดกรีดเส้น (6) และ (8) ซึ่งติดตั้งให้สบกัน ทำจากแผ่นเหล็กหนา 2 mm ลับมุมคมเป็น 45° ทำรอยจักบนคมเพื่อช่วยในการเฉือน มีดกรีดนี้ติดตั้ง

บนเพลายกเป็น 2 ชุด คือ ชุดกรีดสำหรับเส้นขนาด 5 mm และ 10 mm ตามลำดับ โดยที่เว้นช่องว่างระหว่างชุดมีดไว้สำหรับการป้อนเพื่อกรีดโดยไม่กรีดได้ (Figure 2) กลไกทั้งหมดถูกขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ขนาด ½ HP (11) ผ่านชุดทดรอบ (5) โซ่ (4) และเฟืองรังผึ้ง (10) ตามลำดับ ซึ่งเพลาลูกกลิ้งทั้ง 2 คู่มีความเร็วประมาณ 150 RPM และเพลาลูกกลิ้งกรีดมีความเร็วมากกว่าคือ 210 RPM ทั้งนี้เพื่อให้คมมีดกรีดกรีดตัดเส้นผักตบชวาได้ทันก่อนการถูกดึงออก โดยเส้นผักตบชวาไม่เกิดรอยพับหรือย่น

การทำงานของเครื่องเริ่มจากก้านผักตบชวาแห้งจะถูกชุดลูกกลิ้งชุดแรก (1st set of roller) รีดและดึงเข้าสู่เครื่องเพื่อเข้าสู่ชุดใบมีดกรีดเส้น (Splitting blade) และเส้นผักตบชวาที่ผ่านการกรีดจะถูกกรีดซ้ำและดึงออกด้วยชุดลูกกลิ้งชุดที่สอง (2nd set of roller) ก่อนปล่อยออกจากช่องทางออกด้านหลังเครื่องลงสู่ถาดรองรับต่อไป ดัง Figure 3 ตัวอย่างก้านผักตบชวาที่รีดและเส้นผักตบชวาที่รีดและกรีดเส้น แสดงดัง Figure 4, 5 และ 6 ตามลำดับ

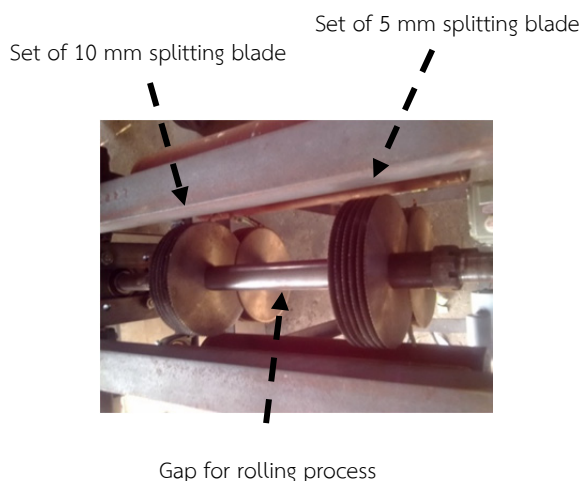


Figure 2 Position of the Splitting blade.

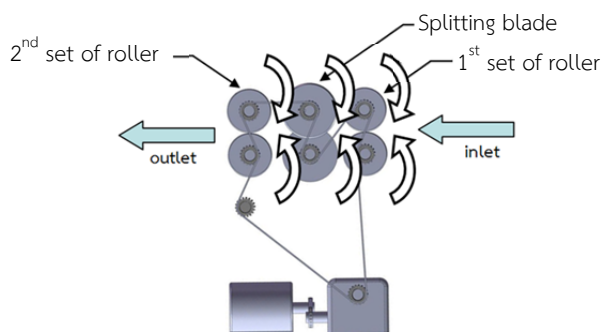


Figure 3 Operation of water hyacinth rolling and splitting machine.



Figure 4 Prototype machine.



Figure 5 Sample of rolled water hyacinth stem.



Figure 6 Sample of the splitted water hyacinth.

2.2 การทดสอบเครื่อง

ใช้ผักตบชวาที่มีขนาดใกล้เคียงกัน เตรียมความชื้นของก้านผักตบชวาออกเป็น 3 ระดับ ด้วยวิธีการเดียวกันกับการปฏิบัติของผู้จักสานผักตบชวา เพื่อศึกษาผลของความชื้นที่มีต่อการทำงานของเครื่อง นั่นคือ 1) การตากแดดก่อนกรีดเป็นเวลา 4 h 2) ความชื้นปกติ และ 3) การพรมน้ำเล็กน้อยและเก็บไว้ในถุงปิดสนิท 24 h ก่อนกรีด คำนวณหาความชื้นมาตรฐานแห้ง (%db) ตามมาตรฐาน ASAE S352.2 (1992) จากสมการ (1)

$$M_b = \frac{m_w - m_d}{m_d} \quad (1)$$

Where M_b = moisture content on dry basis
 m_w = mass of sample before drying (g)
 m_d = mass of sample after drying (g)

ป้อนผักตบชวาทั้ง 3 ความชื้น เพื่อทดสอบรีดก้านผักตบชวาเพียงอย่างเดียว ทดสอบรีดและกรีดเส้นกับก้านผักตบชวา และทดสอบรีดและกรีดเส้นกับผักตบชวาที่คลี่ออกเป็นแผ่นก่อนป้อนทำการทดสอบ 3 ซ้ำ 15 ตัวอย่างต่อซ้ำ ประเมินผลด้วยอัตราการทำงาน (Capacity, kg h^{-1}) ค่าเปอร์เซ็นต์การกรีด (Splitting percentage) ซึ่งคำนวณเฉพาะเส้นที่กรีดได้ขนาดและความยาวต่อเนื่อง และการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Power Consumption or SPC, $\text{kg kW}^{-1} \text{h}^{-1}$) ซึ่งใช้ kW-hour meter ในการเก็บข้อมูล ดังสมการ (2) (3) และ (4) ตามลำดับ จากนั้นทำการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์เมื่อนำเครื่องต้นแบบไปใช้งานในการผลิตต่อไป

$$\text{Capacity} = \frac{\text{Feed of water hyacinth (kg)}}{\text{Time (h)}} \quad (2)$$

$$\text{Splitting percentage} = \frac{\text{Complete of splitting (kg)}}{\text{feed of water hyacinth (kg)}} \quad (3)$$

$$\text{SPC} = \frac{\text{Feed of water hyacinth (kg)}}{\text{Electrical power (kW} \cdot \text{h)}} \quad (4)$$

3 ผลและวิจารณ์

ค่าความชื้นของผักตบที่ใช้ทดสอบ (Table 1) Room temperature คือความชื้นของผักตบชวาที่เก็บรักษาปกติที่อุณหภูมิห้อง 4 h on sundry เป็นการนำผักตบชวามาลดความชื้นก่อนเริ่มจักสานด้วยการตากแดดเป็นเวลา 4 h และ Spray water & keep on 24 h เป็นการเพิ่มความชื้นแก่ผักตบชวาสำหรับการดัดหรือถักในบางลวดลายเพื่อลดการแตกหักของวัสดุดิบ ค่าความชื้นที่ต่างกันนี้ จึงต้องถูกใช้ในการทดสอบการทำงานของเครื่องรีดและกรีดเส้นที่สร้างขึ้นด้วย

Table 1 Moisture content of water hyacinth sample.

Method	M_b (%db)
1. 4h on Sundry	12.90
2. Room temperature	15.69
3. Spray water & keep on 24h	20.31

Table 2 พบว่าความชื้นที่เพิ่มขึ้นของผักตบชวามีผลทำให้การรีดทำได้เรียบบางยิ่งขึ้น คือมีความหนาหลังรีด (Rolling thickness) น้อยที่สุดเป็น 1.5 mm ในทางตรงข้ามกับผักตบชวาที่มีความชื้นต่ำจะใช้พลังงานในการรีดน้อยกว่าไปด้วย (ค่า SPC สูง) โดยที่อัตราการรีดที่ดีที่สุดคือ 2.85 kg h^{-1}

Table 2 Result of the rolling process test.

M_b (%db)	Rolling thickness (mm)	Rolling capacity (kg h^{-1})	SPC ($\text{kg kW}^{-1} \text{h}^{-1}$)
12.90	1.90	2.82	1.38
15.69	1.80	2.74	1.05
20.31	1.50	2.85	1.30

Table 3 A 10 mm width of water hyacinth stem splitting.

M_b (%db)	Capacity (kg h^{-1})	Splitting percentage (%)	SPC ($\text{kg kW}^{-1} \text{h}^{-1}$)
12.90	2.70	88.49	1.16
15.69	3.04	89.03	1.31
20.31	2.60	94.07	1.12

Table 3 การกรีดผักตบชวาทั้งก้านเป็นเส้นขนาด 10 mm พบว่ามีอัตราการทำงานอยู่ระหว่าง $2.60 - 3.04 \text{ kg h}^{-1}$ โดยที่ค่าเปอร์เซ็นต์การกรีดมากที่สุด 94.07% เกิดขึ้นเมื่อผักตบชวามีความชื้นมากกว่าปกติคือ 20.31%db ในขณะที่อัตราการทำงานสูงสุด 3.04 kg h^{-1} เกิดเมื่อความชื้นปกติ 15.69%db และทำให้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูงไปด้วย (SPC $1.31 \text{ kg kW}^{-1} \text{h}^{-1}$)

Table 4 A 5 mm width of water hyacinth stem splitting.

M_b (%db)	Capacity (kg h^{-1})	Splitting percentage (%)	SPC ($\text{kg kW}^{-1} \text{h}^{-1}$)
12.90	2.33	87.70	0.69
15.69	2.72	92.57	0.80
20.31	2.64	90.58	0.68

Table 4 การกรีดผักตบชวาทั้งก้านที่ขนาด 5 mm พบว่าอัตราการทำงานอยู่ระหว่าง $2.33 - 2.72 \text{ kg h}^{-1}$ ซึ่งน้อยกว่าการกรีดที่ขนาด 10 mm ทั้งนี้เพราะระยะระหว่างใบมีดที่น้อยกว่าจึงทำให้เกิดแรงต้านการกรีดสูงกว่าการกรีดที่ขนาด 10 mm และต้องใช้พลังงานมากกว่า จึงทำให้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานต่ำไปด้วย โดยที่อัตราการทำงานและเปอร์เซ็นต์การกรีดสูงสุด

เกิดขึ้นเมื่อผักตบชวามีความชื้นปกติคือ 15.69%db และมีประสิทธิภาพการใช้พลังงานดีที่สุดด้วย (SPC 0.80 kg kW⁻¹ h⁻¹)

Table 5 A 10 mm width of water hyacinth sheet splitting.

M _b (%db)	Capacity (kg h ⁻¹)	Splitting percentage (%)	SPC (kg kW ⁻¹ h ⁻¹)
12.90	1.71	88.34	0.73
15.69	1.66	88.79	0.71
20.31	2.33	89.02	1.00

Table 5 การกรีดผักตบชวาที่คลี่เป็นแผ่นก่อนป้อน ที่ขนาด 10 mm มีอัตราการทำงานค่อนข้างต่ำ เนื่องจากผู้ป้อนต้องเสียเวลาคลี่ต้นออกเป็นแผ่นก่อนป้อน ประกอบกับแผ่นผักตบชวามีความกว้างมากกว่าก้านผักตบชวา จึงต้องใช้ความระมัดระวังสูงกว่าปกติ เพื่อไม่ให้เกิดของเสียผักตบชวาที่ความชื้น 20.31%db มีอัตราการทำงาน เปอร์เซ็นต์การกรีดและประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูงสุดเป็น 2.33 kg h⁻¹, 89.02% และ 1.00 kg kW⁻¹ h⁻¹ ตามลำดับ ในขณะที่การกรีดเส้นผักตบชวาขนาด 5 mm มีอัตราการทำงานต่ำที่สุด (Table 6) ทั้งนี้ สาเหตุคล้ายกับการกรีดเส้นที่ขนาด 10 mm (Table 5) สำหรับอัตราการทำงาน เปอร์เซ็นต์การกรีดและประสิทธิภาพการใช้พลังงานพบว่า ผักตบชวาที่ความชื้น 12.90%db มีค่าดังกล่าวสูงสุดเป็น 2.04 kg h⁻¹, 90.20% และ 0.60 kg kW⁻¹ h⁻¹ ตามลำดับ

Table 6 A 5 mm width of water hyacinth sheet splitting.

M _b (%db)	Capacity (kg/h)	Splitting percentage (%)	SPC (kg kW ⁻¹ h ⁻¹)
12.90	2.04	90.20	0.60
15.69	1.37	89.33	0.40
20.31	1.88	90.88	0.55

ผลการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์การนำเครื่องต้นแบบไปใช้งานพบว่า การใช้เครื่องรีดและกรีดผักตบชวามูลค่าเครื่อง 45,000 บาท ทำการผลิตจะมีต้นทุนการดำเนินงาน 16.58 บาท kg⁻¹ (ไม่รวมค่าวัตถุดิบ) ซึ่งจะต้องผลิตในอัตรา 944.94 kg yr⁻¹ และทำงานเป็นเวลา 2 เดือน จึงจะคืนทุน

4 สรุป

เครื่องรีดและกรีดเส้นผักตบชวาสำหรับหัตถกรรมที่สร้างขึ้นมีอัตราการรีดของเครื่องคือ 2.85 kg h⁻¹ (น้ำหนักผักตบชวาแห้ง) อัตราการรีดและกรีดเส้นก้านผักตบชวาขนาด 10 mm และ 5 mm เป็น 3.04 kg h⁻¹ และ 2.72 kg h⁻¹ ตามลำดับ อัตราการรีดและกรีดเส้นแผ่นคลี่ของผักตบชวาขนาด 10 mm และ 5 mm เป็น 2.33 kg h⁻¹ และ 2.04 kg h⁻¹ ตามลำดับ ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องมีค่าเปอร์เซ็นต์การกรีดอยู่ในช่วง 87.70 - 94.07% ความชื้นที่สูงกว่าปกติของผักตบชวามีผลต่อความสามารถในการรีดและอัตราการรีด ขณะเดียวกันความชื้นที่สูงจะมีผลต่ออัตราการกรีดก้านผักตบชวาทั้ง 2 ขนาด ด้วย และความชื้นในผักตบชวาไม่ส่งผลอย่างชัดเจนต่อการกรีดแผ่นคลี่ของผักตบชวาทั้ง 2 ขนาด และค่าการใช้พลังงานจำเพาะสูงสุดของเครื่องคือ 1.31 kg kW⁻¹ h⁻¹ การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์พบว่าอัตราการผลิตที่คุ้มทุนของเครื่องคือ 944.94 kg yr⁻¹ และใช้งานเป็นเวลา 2 เดือน จึงจะคืนทุนที่ต้นทุน 16.58 บาท kg⁻¹ (ไม่รวมค่าวัตถุดิบ)

5 กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักส่งเสริมและถ่ายทอดเทคโนโลยีสำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ศูนย์เทคโนโลยีอัจฉริยะสำหรับการเกษตรขั้นสูง ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ ม. เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และกลุ่มจักสานผักตบชวามูลนิธิคลองนกกระทุง ต. คลองนกกระทุง อ. บางเลน จ. นครปฐม

6 เอกสารอ้างอิง

- ดวงพร สุวรรณกุล, รังสิต สุวรรณเขตนิคม. 2544. วัชพืชในประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชนาภรณ์ มีสมวิทย์, รุ่งโรจน์ พันขุนทด. 2554. การศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางกลของผักตบชวาสำหรับงานหัตถกรรม. โครงการงานวิศวกรรมเกษตรและอาหาร. นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ภาคีสิทธิ์ ทองนาถ, สุริโย กัณหา. 2549. เครื่องรีดและกรีดเส้นผักตบชวา. ปริญญานิพนธ์สาขาวิชาวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูป. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

วิศรุต ชนะกานนท์, อนุพันธ์ วงษ์วิลัย, อาทิตย์ สุวรรณโณ.

2548. เครื่องรีดและกรีดผักตบชวา. ปริญญานิพนธ์สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล. กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ASAE Standard S352.2 (DEC 92). Moisture measurement

- Unground grain and seeds. American Society of Agricultural Engineering. United State of America.