การออกแบบและสร้างเครื่องสับย่อยผักตบชวา
Design and Construction of Water Hyacinth Chopper

ธันวมาส กาศสนุก[1] และคงเดช พะสีนาม[1*]
Thanwamas Kassanuk[1] and Khongdet Phasinam[1*]

Received: September 26, 2019; Revised: April 7, 2020; Accepted: April 12, 2020

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องสับย่อยผักตบชวา โดยแบ่งการวิจัยออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การออกแบบและสร้างเครื่องสับย่อยผักตบชวา และ 2) การทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องสับย่อยผักตบชวา โดยเครื่องที่ถูกออกแบบจะสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก เนื่องจากเป็นเครื่องขนาดเล็กและมีล้อสำหรับเคลื่อนย้าย ซึ่งเครื่องที่ออกแบบนี้ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ขนาด 6.5 แรงม้า เป็นต้นกำลังในการขับชุดใบมีดตามขนาดที่กำหนดไว้ ผลการทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องสับย่อยผักตบชวา พบว่าความเร็วรอบที่เหมาะสมสำหรับเครื่องสับย่อยผักตบชวาเท่ากับ 2,000 รอบต่อนาที ระยะเวลาเฉลี่ยในการสับย่อยเท่ากับ 28.65 วินาที ขนาดของชิ้นผักตบชวาที่ถูกสับย่อยเฉลี่ยเท่ากับ 13.45 มิลลิเมตร เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่สูญเสียเฉลี่ยเท่ากับ 3.30 เปอร์เซ็นต์ สมรรถนะสูงสุดเท่ากับ 628.27 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และประสิทธิภาพในการทำงานสูงสุดเท่ากับ 96.46 เปอร์เซ็นต์ โดยขนาดชิ้นส่วนของผักตบชวาที่ผ่านการสับย่อยมีขนาดน้อยกว่า 4 เซนติเมตร ซึ่งสามารถนำไปทำปุ๋ยหมักได้และมีต้นทุนในการสับย่อย 0.36 บาทต่อกิโลกรัม

คำสำคัญ : ผักตบชวา; วัชพืชน้ำ; เครื่องสับย่อย

[1] *คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก*
[1] *Faculty of Food and Agricultural Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok*
[*] *Corresponding Author E - mail Address: phasinam@psru.ac.th*

Abstract

The objective of this research is to design and construct of water hyacinth chopper. The study was divided into two parts viz. 1) to design and construct of water hyacinth chopper and 2) to test the competency of the chopper. The chopper was designed to be portable, so it is both compact and wheels for moving. The engine is a 6.5 horse power gasoline engine to control the chopped small water hyacinth into the specified blade sets. The results from the capacity test of water hyacinth mash were found that the optimal speed for the water hyacinth was 2,000 rpm. The average time for sub chipping was 28.65 seconds. The size of the water hyacinth was 13.45 mm. The average loss was 3.30 percent. The maximum efficiency was 628.27 kilograms per hour and the maximum efficacy was 96.46 percent. The size of water hyacinth after chopped, smaller than 4 cm. It can be used to make compost. The economic analysis showed that the machine was 0.36 baht per kilogram.

Keywords: Water Hyacinth; Aquatic Weed; Chopper

บทนำ

ผักตบชวา (Water Hyacinth) เป็นวัชพืชที่มีอัตราการเจริญเติบโตสูง ทนทานต่อสภาพแวดล้อม เป็นพืชที่มีทุ่นลอย สามารถอยู่ได้ทั้งในน้ำนิ่งและน้ำไหล มีการขยายพันธุ์อย่างรวดเร็วทั้งทางเมล็ดและการแตกหน่อ หากเจริญเติบโตอยู่ในน้ำนิ่งจะสามารถแตกหน่อขยายจนเป็นแพปกคลุมพื้นที่เป็นวงกว้าง ส่งผลให้น้ำในแหล่งน้ำนั้นขาดออกซิเจน แสงแดดไม่สามารถส่องลงสู่น้ำได้ เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ และทำให้เกิดการเน่าเสียของน้ำ [1] ซึ่งทำให้ประชาชนไม่สามารถนำน้ำไปใช้สำหรับการอุปโภคบริโภคได้ หากผักตบชวาเจริญเติบโตในทางน้ำไหล คลอง แม่น้ำ หรือคลองส่งน้ำในระบบชลประทานต่าง ๆ ผักตบชวาจะกีดขวางการระบายน้ำ ส่งผลให้การเคลื่อนที่ของน้ำช้าลง โดยเฉพาะบริเวณประตูระบายน้ำต่าง ๆ ในฤดูน้ำหลาก หากไม่มีการกำจัดผักตบชวา จะทำให้เกิดน้ำท่วมขัง เนื่องจากผักตบชวากีดขวางการระบายน้ำ ส่งผลทำให้ประชาชนเดือดร้อน มีความเสียหายทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสังคม [2] นอกจากนั้นผักตบชวายังสร้างปัญหาต่อการสัญจรทางน้ำและยังเป็นที่อาศัยของพาหะนำโรคและสัตว์มีพิษต่าง ๆ อีกด้วย [3]

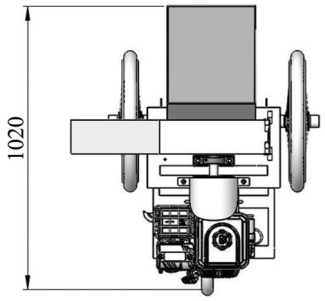
การจัดการผักตบชวามีอยู่หลายวิธี เช่น การใช้สารเคมีหรือสารปราบวัชพืชฉีดพ่น ซึ่งสามารถกำจัดผักตบชวาได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่เมื่อผักตบชวาตายลงจะส่งผลให้เกิดการเน่าเสียของน้ำและแหล่งน้ำมีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนสารเคมีหรือสารปราบวัชพืช [3] อีกวิธีการที่นิยมคือ การขุดลอกผักตบชวาด้วยเครื่องจักรและแรงงานคน ซึ่งมีประสิทธิภาพดี แต่เมื่อเวลาผ่านไปผักตบชวาจะกลับมาเจริญเติบโตได้เหมือนเดิม จึงส่งผลให้เสียงบประมาณหรือค่าใช้จ่ายที่สูงมากในการจัดการกับผักตบชวา [4] และหากมีการจัดการที่ไม่ดีพอ เมื่อนำผักตบชวาไปกองทิ้งไว้บริเวณริมแหล่งน้ำจะทำให้เกิดการเน่าเสียและเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์และแมลงที่อาจจะเป็นอันตรายต่อมนุษย์ จึงมีแนวทางในการนำเอาผักตบชวามาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด เช่น การทำอิฐมวลเบาจากผักตบชวา การนำผักตบชวามาใช้เป็นพลังงานทดแทน

และการผลิตเอทานอลจากวัชพืชน้ำ เป็นต้น [5] นอกจากนั้นการจัดการผักตบชวาอีกวิธีการหนึ่งที่น่าสนใจ คือ การนำเอาผักตบชวามาหมักทำปุ๋ยชีวภาพ เพราะเป็นวิธีที่ง่ายและการลงทุนไม่สูง โดย Suttiwattana, P. and Wongkaew, D. [6] รายงานว่าผักตบชวาที่เหมาะสมสำหรับการทำปุ๋ยหมักชีวภาพควรมีขนาดไม่เกิน 4 เซนติเมตร ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องสับย่อยผักตบชวา โดยผักตบชวาที่ถูกสับย่อยสามารถนำไปทำปุ๋ยหมักใช้ในการเกษตรได้ [7] ซึ่งจะเป็นการสร้างอาชีพเสริมให้กับเกษตรกร และยังช่วยลดจำนวนผักตบชวาในแหล่งน้ำที่เป็นปัญหาได้อีกทางหนึ่งด้วย

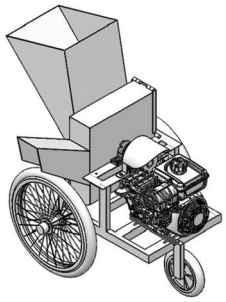
อุปกรณ์และวิธีการ

การออกแบบและสร้างเครื่องสับย่อยผักตบชวาถูกแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

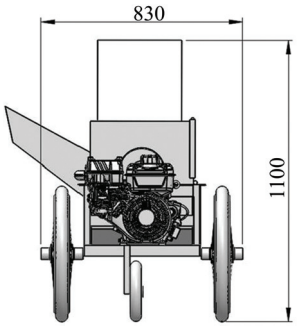
ขั้นตอนที่ 1 การออกแบบและสร้างเครื่องสับย่อยผักตบชวา โดยการออกแบบเครื่องสับย่อยผักตบชวาจะใช้โปรแกรมทางวิศวกรรมช่วยในการออกแบบและสร้างแบบจำลอง 3 มิติ เพื่อให้เห็นมิติที่เหมือนจริงทั้งรูปร่างและส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่อง ซึ่งจะช่วยให้การสร้างเครื่องและการติดตั้งส่วนประกอบมีความถูกต้องและสอดคล้องกับการทำงาน โดยเครื่องสับย่อยผักตบชวาและใบมีดที่ออกแบบด้วยโปรแกรมทางวิศวกรรมแสดงในรูปที่ 1 – 3 ตามลำดับ ส่วนการสร้างเครื่องสับย่อยผักตบชวาประกอบด้วย โครงสร้างของเครื่องถูกสร้างจากเหล็ก SS400 (Mild Steel) หนา 2 มิลลิเมตร มีขนาดความกว้าง ความยาว และความสูงเท่ากับ 83 102 และ 110 เซนติเมตร ตามลำดับ และติดตั้งใบมีดที่ทำจากเหล็กขนาดความกว้าง 73 มิลลิเมตร ยาว 180 มิลลิเมตร และหนา 6 มิลลิเมตร จำนวน 2 ใบ วางตัวตามแนวรัศมีที่ 0 และ 180 องศา เพื่อให้เกิดความสมดุลและมีแรงบิดสูงที่สุด โดยมีมุมคมใบมีด (Knife Bevel Angle) เท่ากับ 30 องศา เนื่องจากเป็นมุมที่เหมาะสมสำหรับการตัดชีวมวล [8] และวางทำมุม 5 องศากับหัวสับชนิดจานกลม (Flywheel Type) ซึ่งเป็นมุมที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการสับย่อย [9] โดยหัวสับ (Cutter Head) มีลักษณะเป็นเหล็กตัดกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 400 มิลลิเมตร หนา 2 มิลลิเมตร (รูปที่ 3) ซึ่งเป็นลักษณะของเครื่องสับย่อยที่ใช้แรงกระแทกและแรงเฉือนประกอบกัน หรือเรียกว่าเครื่องชิพ (Chipper) ซึ่งนิยมใช้กับชีวมวลที่มีขนาดเล็ก [8] โดยตัวเครื่องมีฝาครอบทางด้านบนถูกออกแบบให้สามารถเปิดปิดได้ง่ายเพื่อให้สามารถถอดเปลี่ยนใบมีดและทำความสะอาดได้สะดวก ซึ่งฝาครอบหัวสับจะเชื่อมต่อกับช่องป้อนวัตถุดิบ โดยด้านบนของช่องป้อนจะติดตั้งพลาสติกสีดำขนาดความกว้าง 25 เซนติเมตร ยาว 37 เซนติเมตร และหนา 5 มิลลิเมตร เพื่อป้องกันการกระเด็นของวัตถุดิบขณะสับย่อย เครื่องยนต์เบนซินขนาด 6.5 แรงม้าถูกใช้เป็นต้นกำลัง เนื่องจากต้องการความเร็วรอบสูงในการสับย่อย เพื่อให้ชิ้นส่วนหลังการสับย่อยมีขนาดเล็ก และเครื่องยนต์เบนซินมีน้ำหนักเบาและเกิดการสั่นน้อย โดยถ่ายทอดกำลังผ่านสายพาน เพื่อขับเพลาและหัวสับที่ติดตั้งใบมีด ส่วนฐานของเครื่องสับย่อยผักตบชวาถูกออกแบบให้สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวกด้วยการติดตั้งล้อเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 443 มิลลิเมตร จำนวน 2 ล้อ ทางด้านหลังตัวเครื่อง และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 170 มิลลิเมตร จำนวน 1 ล้อ ทางด้านหน้าของตัวเครื่อง ดังรูปที่ 4



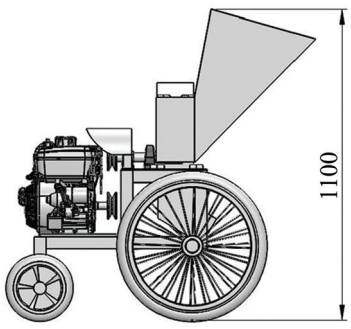
(ก) มุมมองด้านบนของเครื่องสับย่อย



(ข) มุมมองแบบไอโซเมตริกของเครื่องสับย่อย

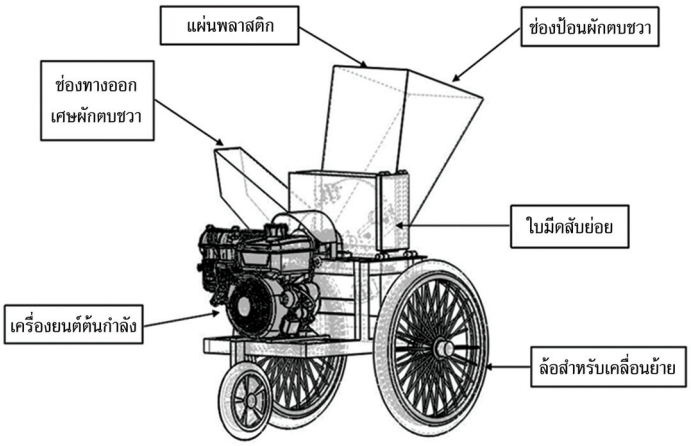


(ค) มุมมองด้านหน้าของเครื่องสับย่อย

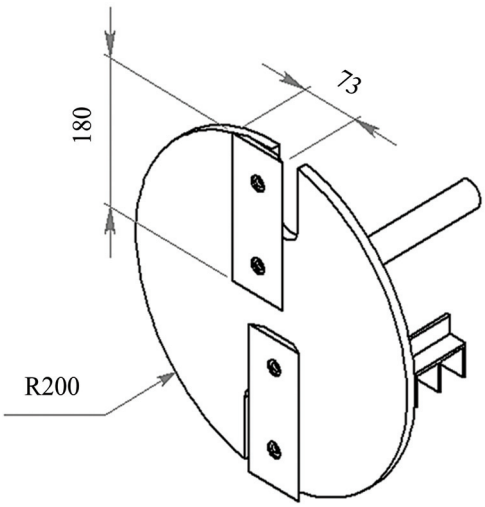


(ง) มุมมองด้านข้างของเครื่องสับย่อย

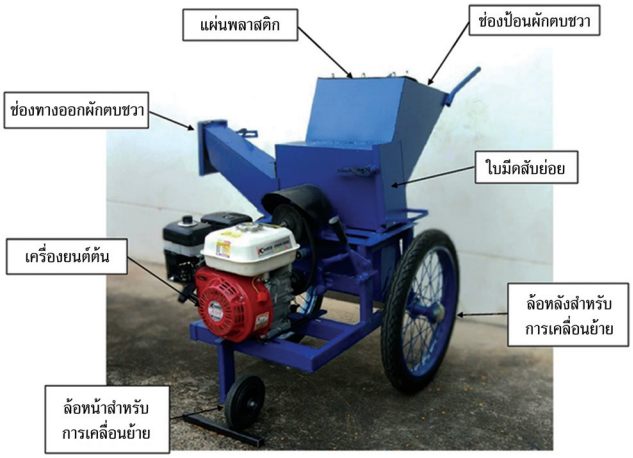
รูปที่ 1 แบบจำลองเครื่องสับย่อยผักตบชวาที่ออกแบบด้วยโปรแกรมทางวิศวกรรม



รูปที่ 2 ส่วนประกอบของเครื่องสับย่อยผักตบชวาที่ออกแบบด้วยโปรแกรมทางวิศวกรรม



รูปที่ 3 ใบมีดและหัวสับชนิดจานกลมของเครื่องสับย่อยผักตบชวาที่ออกแบบด้วยโปรแกรมทางวิศวกรรม



รูปที่ 4 เครื่องสับย่อยผักตบชวา

ขั้นตอนที่ 2 การทดสอบสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องสับย่อยผักตบชวา เพื่อประเมินผลและดูความสัมพันธ์ของการทำงานของชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่สร้างขึ้น และประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์เพื่อหาต้นทุนการสับย่อย โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

1) เตรียมผักตบชวาสดและทำการชั่งน้ำหนัก โดยใช้จำนวน 5 กิโลกรัมต่อครั้งการทดสอบ (รูปที่ 5)

2) ปรับตั้งความเร็วรอบของเพลาด้วยเครื่องวัดความเร็วรอบแบบแสง (Digital Tachometer) รุ่น DT-6234B และทำการทดสอบที่ความเร็วรอบ 6 ระดับ คือ 1,200 1,400 1,600 1,800 2,000 และ 2,200 รอบต่อนาที ตามลำดับ ดังรูปที่ 6 โดยแต่ละความเร็วรอบใช้ผักตบชวาจำนวน 5 กิโลกรัม

3) ป้อนผักตบชวาสดจำนวน 5 กิโลกรัมเข้าทางช่องป้อน และจับเวลาขณะทดสอบ

4) ทำการชั่งน้ำหนักของผักตบชวาที่ถูกสับย่อย และบันทึกผล

5) เก็บตัวอย่างชิ้นผักตบชวาที่ถูกสับย่อย จำนวน 10 ชิ้นต่อหนึ่งระดับ ดังรูปที่ 7 และบันทึกผล

6) ทำการแยกชิ้นส่วนผักตบชวาที่ถูกสับย่อย โดยแยกชิ้นส่วนที่มีขนาดไม่เกิน 4 เซนติเมตร จากนั้นชั่งน้ำหนักและบันทึกผล

รูปที่ 5 ลักษณะของผักตบชวาก่อนการทดสอบ

รูปที่ 6 ความเร็วรอบใบมีดเครื่องสับย่อยที่วัดด้วยเครื่องวัดความเร็วรอบแบบแสง

รูปที่ 7 ลักษณะของผักตบชวาหลังการสับย่อย

7) นำข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการทดสอบมาหาค่าสมรรถนะการสับย่อยตามสมการที่ (1) น้ำหนักสูญเสียตามสมการที่ (2) ประสิทธิภาพการสับย่อยของเครื่องสับย่อยตามสมการที่ (3) และประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์เพื่อหาต้นทุนการสับย่อยตามสมการที่ (4)

8) ประเมินผลและสรุปผล

$$C = \frac{W}{T} \times 3{,}600 \tag{1}$$

โดยที่

C คือ สมรรถนะการสับย่อย (kg/hr)
W คือ น้ำหนักผักตบชวาก่อนการสับย่อย (kg)
T คือ เวลาในการสับย่อย (s)

$$W_{loss} = \frac{W_t}{W} \times 100\% \tag{2}$$

โดยที่

W_{loss} คือ น้ำหนักสูญเสีย (%)
W_t คือ น้ำหนักผักตบชวาหลังการสับย่อย (kg)

$$Eff = \frac{W_a}{W_t} \times 100\% \tag{3}$$

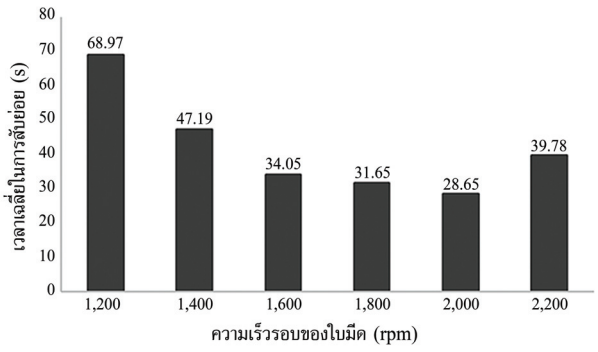
โดยที่

E_{ff} คือ ประสิทธิภาพการสับย่อย (%)
W_a คือ น้ำหนักชิ้นส่วนผักตบชวาขนาดไม่เกิน 4 เซนติเมตร (kg)

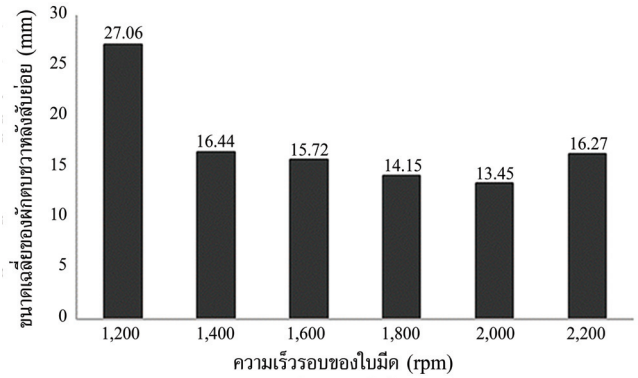
$$AC = FC + VC \tag{4}$$

โดยที่

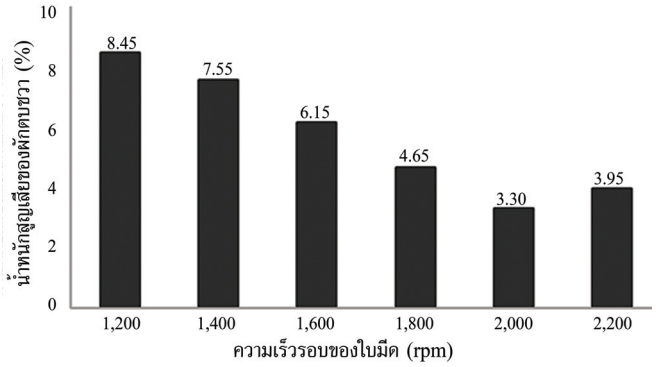
AC คือ ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการสับย่อยผักตบชวา (บาทต่อกิโลกรัม)
FC คือ ค่าใช้จ่ายคงที่ (บาทต่อกิโลกรัม)
VC คือ ค่าใช้จ่ายผันแปร (บาทต่อกิโลกรัม)



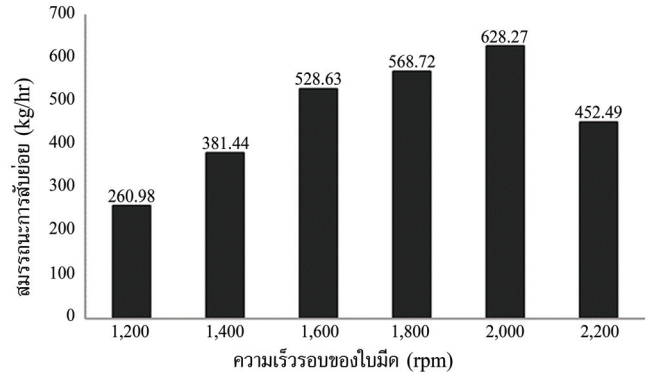
รูปที่ 8 เวลาเฉลี่ยในการสับย่อยที่ความเร็วรอบต่าง ๆ



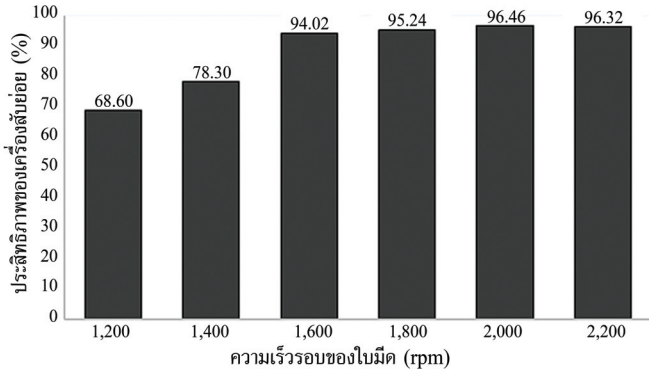
รูปที่ 9 ขนาดเฉลี่ยของผักตบชวาหลังการสับย่อยที่ความเร็วรอบต่าง ๆ



รูปที่ 10 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสูญเสียของผักตบชวาที่ความเร็วรอบต่าง ๆ



รูปที่ 11 สมรรถนะของเครื่องสับย่อยที่ความเร็วรอบต่าง ๆ



รูปที่ 12 ประสิทธิภาพของเครื่องสับย่อยที่ความเร็วรอบต่าง ๆ

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. **สมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องสับย่อยผักตบชวา**

จากการทดสอบสมรรถนะเครื่องสับย่อยผักตบชวาที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินขนาด 6.5 แรงม้า เป็นต้นกำลัง และมีมุมใบมีดสับย่อยเท่ากับ 5 องศา เนื่องจากเป็นมุมที่เหมาะสมสำหรับการสับย่อยพืช เพราะว่ามุมองศาของใบมีดที่น้อยเกินไปจะทำให้ใบมีดไม่สามารถตัดผักตบชวาให้ขาดออกจากกันได้ และหากมุมองศาใบมีดมากเกินไปจะส่งผลให้คมของใบมีดไม่สัมผัสกับผักตบชวาทำให้การสับย่อยผักตบชวาไม่ละเอียด [9] โดยทำการทดสอบที่ความเร็วรอบ 1,200 1,400 1,600 1,800 2,000 และ 2,200 รอบต่อนาที ตามลำดับ พบว่า เวลาที่ใช้ในการสับย่อยเฉลี่ยที่ความเร็วรอบต่าง ๆ มีค่าเท่ากับ 68.97 47.19 34.05 31.65 28.65 และ 39.78 วินาที ตามลำดับ (รูปที่ 8) และขนาดเฉลี่ยของชิ้นส่วนผักตบชวาที่ถูกสับย่อยมีค่า 27.06 16.44 15.72 14.15 13.45 และ 16.27 มิลลิเมตร ตามลำดับ ดังรูปที่ 9 ส่วนค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักสูญเสียเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 8.45 7.55 6.15 4.65 3.30 และ 3.95 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังรูปที่ 10 โดยน้ำหนักที่สูญเสียของชิ้นส่วนผักตบชวาลดลงเนื่องจากความเร็วใบมีดที่เพิ่มขึ้น [10] ซึ่งพบว่าความเร็วรอบของใบมีดสับย่อยมีผลต่อเวลาที่ใช้ในการสับย่อย ขนาดชิ้นส่วนของผักตบชวาที่ถูกสับย่อย และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่สูญเสียหลังการสับย่อย โดยจากข้อมูลข้างต้นเมื่อนำไปหาสมรรถนะ และประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องสับย่อย พบว่าสมรรถนะในการสับย่อยที่ความเร็วรอบต่าง ๆ มีค่าเท่ากับ 260.98 381.44 528.72 568.72 628.27 และ 452.49 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ (รูปที่ 11) และประสิทธิภาพในการสับย่อยที่ความเร็วรอบต่าง ๆ เท่ากับ 68.60 78.30 94.02 95.24 96.46 และ 96.32 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังรูปที่ 12 ซึ่งจากการทดสอบการสับย่อยผักตบชวาด้วยเครื่องสับย่อย พบว่าทุกความเร็วรอบของเครื่องสับย่อยจะสามารถนำชิ้นส่วนผักตบชวามาทำปุ๋ยหมักได้ เพราะว่าขนาดชิ้นส่วนของผักตบชวาที่ผ่านการสับย่อยมีขนาดน้อยกว่า 4 เซนติเมตร [6] แต่ที่ความเร็วรอบ 1,200 และ 1,400 รอบต่อนาที จะให้สมรรถนะและประสิทธิภาพการสับย่อยที่ต่ำสอดคล้องกับเปอร์เซ็นต์น้ำหนักสูญเสียและเวลาในการสับย่อยที่เพิ่มขึ้น ความเร็วรอบดังกล่าวจึงไม่เหมาะสมสำหรับการสับย่อย ส่วนที่ความเร็วรอบ 1,600 1,800 2,000 และ 2,200 รอบต่อนาที แม้จะให้ประสิทธิภาพการสับย่อยที่สูงและใกล้เคียงกัน แต่ที่ความเร็วรอบ 2,200 รอบต่อนาที จะให้สมรรถนะการสับย่อย

ที่ต่ำและใช้เวลาในการสับย่อยที่สูงกว่าการสับย่อยที่ความเร็วรอบ 1,600 1,800 และ 2,000 รอบต่อนาที สำหรับที่ความเร็วรอบการสับย่อย 1,600 และ 1,800 รอบต่อนาที จะใช้เวลาในการสับย่อยและเปอร์เซ็นต์น้ำหนักสูญเสียที่สูงกว่า อีกทั้งยังให้สมรรถนะการสับย่อยที่ต่ำกว่าความเร็วรอบ 2,000 รอบต่อนาที ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ความเร็วรอบที่เหมาะสมคือ 2,000 รอบต่อนาที โดยใช้เวลาในการสับย่อยเฉลี่ยเท่ากับ 28.65 วินาที มีขนาดของชิ้นผักตบชวาที่ถูกสับย่อยเฉลี่ย 13.45 มิลลิเมตร น้ำหนักสูญเสียเฉลี่ยของผักตบชวาหลังการสับย่อยเท่ากับ 3.30 เปอร์เซ็นต์ มีสมรรถนะสูงสุดเท่ากับ 628.27 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องสูงสุดเท่ากับ 96.46 เปอร์เซ็นต์

2. การประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องสับย่อยผักตบชวา

การวิเคราะห์และประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์เพื่อคำนวณหาต้นทุนในการสับย่อย ซึ่งพิจารณาจากค่าใช้จ่ายโดยรวมประกอบด้วยต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) และต้นทุนผันแปร (Variable Cost) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) ต้นทุนคงที่ดังสมการที่ (5) มีค่าเท่ากับ 2,097.56 บาทต่อปี หรือ 0.0045 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อเครื่องสับย่อยผักตบชวาทำงาน 3 ชั่วโมงต่อวัน และ 250 วันต่อปี ซึ่งต้นทุนคงที่ประกอบด้วย ค่าเสื่อมราคา (คิดค่าเสื่อมราคาโดยวิธีเส้นตรง) ดังสมการที่ (6) มีค่าเท่ากับ 1,485 บาทต่อปี ค่าดอกเบี้ยเงินลงทุน (Interest on the Investment) หรือค่าเสียโอกาสในการลงทุนดังสมการที่ (7) มีค่าเท่ากับ 612.56 บาทต่อปี ส่วนค่าโรงเรือน ค่าภาษีและค่าประกัน ไม่นำมาพิจารณาเนื่องจากส่วนใหญ่ไม่มีการสร้างโรงเรือนเพื่อเก็บรักษาเครื่องจักรกลเกษตรเป็นการเฉพาะตลอดจนไม่พบว่ามีการจ่ายภาษีและทำประกันภัยให้กับเครื่องจักรกลเกษตร โดยเครื่องสับย่อยผักตบชวาที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้นมีมูลค่า 16,500 บาท (ตารางที่ 1) และมีมูลค่าซากของเครื่องสับย่อยเมื่อสิ้นอายุการใช้งาน 10 ปี เหลือ 10 เปอร์เซ็นต์ของราคาเครื่องเท่ากับ 1,650 บาท โดยมีอัตราดอกเบี้ยเท่ากับ 6.75 เปอร์เซ็นต์ต่อปี

ตารางที่ 1 ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องสับย่อยผักตบชวา

รายการ	ราคา (บาท)
1. เครื่องยนต์เบนซินขนาด 6.5 แรงม้า	4,500
2. เหล็กโครงสร้าง ชุดใบมีดสับย่อย และล้อ	7,000
3. สายพาน พู่เลย์ แบริ่ง และเพลา	2,000
4. ค่าแรงสร้างและประกอบเครื่องสับย่อยผักตบชวา	3,000
รวม	16,500

$$FC = D + I \tag{5}$$

$$D = \frac{P - S}{L} \tag{6}$$

$$I = \left[\frac{P + S}{2}\right] \times i \tag{7}$$

โดยที่

D	คือ	ค่าเสื่อมราคา (บาทต่อปี)
I	คือ	ค่าดอกเบี้ยเงินลงทุนหรือค่าเสียโอกาสในการลงทุน (บาทต่อปี)
P	คือ	ราคาเครื่องจักรกลเกษตร (บาท)
S	คือ	มูลค่าซากเครื่องจักรกลเกษตร (บาท)
L	คือ	อายุการใช้งานเครื่องจักรกลเกษตร (ปี)
i	คือ	อัตราดอกเบี้ยต่อปี (ร้อยละ)

2) ต้นทุนผันแปรประกอบด้วย ค่าจ้างแรงงาน ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าซ่อมแซมบำรุงรักษา และค่าน้ำมันหล่อลื่นและสารหล่อลื่น ดังรายละเอียดในตารางที่ 2 โดยเครื่องสับย่อยผักตบชวาที่ความเร็วรอบ 2,000 รอบต่อนาที มีสมรรถนะการทำงานสูงสุด 628.27 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 722 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง

ตารางที่ 2 ต้นทุนผันแปรในการใช้เครื่องสับย่อยผักตบชวาสำหรับนำไปทำปุ๋ยหมัก

รายการ	บาทต่อกิโลกรัม
1. ค่าจ้างแรงงาน 300 บาทต่อวัน จำนวน 2 คน ทำงาน 3 ชั่วโมงต่อวัน และ 250 วันต่อปี	0.3183
2. ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง 25 บาทต่อลิตร	0.0096
3. ค่าซ่อมแซมบำรุงรักษา 12 % ของราคาเครื่องจักรทุก ๆ 100 ชั่วโมง	0.0315
4. ค่าน้ำมันหล่อลื่นและสารหล่อลื่น 0.15 % ของราคาเครื่องจักรทุก ๆ 100 ชั่วโมง	0.0004
ต้นทุนผันแปรรวม	0.3598

ดังนั้นค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการสับย่อยผักตบชวาเพื่อนำไปทำปุ๋ยหมักตามสมการที่ (4) มีค่าเท่ากับ 0.0045 + 0.3598 = 0.3643 บาทต่อกิโลกรัม

สรุปผล

เครื่องสับย่อยผักตบชวาที่ออกแบบมีขนาดความกว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 83 x 102 x 110 เซนติเมตร ตามลำดับ ใบมีดจำนวน 2 ใบ ติดตั้งตรงข้ามกันซึ่งทำจากเหล็กขนาดความกว้าง 73 มิลลิเมตร ความยาว 180 มิลลิเมตร ทำมุม 5 องศากับหัวสับชนิดจานกลม และใช้เครื่องยนต์เบนซินขนาด 6.5 แรงม้า เป็นต้นกำลังของเครื่องสับย่อยผักตบชวา โดยความเร็วรอบที่เหมาะสมสำหรับเครื่องสับย่อยผักตบชวามีค่าเท่ากับ 2,000 รอบต่อนาที ซึ่งใช้เวลาเฉลี่ยในการสับย่อยเท่ากับ 28.65 วินาที มีขนาดของชิ้นผักตบชวาที่ถูกสับย่อยเฉลี่ยเท่ากับ 13.45 มิลลิเมตร น้ำหนักสูญเสียของผักตบชวาเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 3.30 เปอร์เซ็นต์ สมรรถนะสูงสุดของเครื่องมีค่าเท่ากับ 628.27 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงสุดเท่ากับ 96.46 เปอร์เซ็นต์ โดยพบว่าขนาดชิ้นส่วนของผักตบชวาที่ผ่านการสับย่อยด้วยเครื่องสับย่อยผักตบชวาที่ออกแบบมีขนาดน้อยกว่า 4 เซนติเมตร สามารถนำไปทำปุ๋ยหมักได้ และมีต้นทุนในการสับย่อย 0.36 บาทต่อกิโลกรัม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย

References

[1] Au-aroon, B. (2014). A Study to Reduce the Amount of Water Hyacinth to Create Small and Medium Enterprise in Luang Prot -Tan Liam Lat Krabang, Bangkok. **Journal of Humanities and Social Sciences Thonburi University**. Vol. 8, No. 17, pp. 38-44

[2] Tippayarat, C. (2014). **Design and Development of Water Hyacinth Collecting Machine at Floodgate**. Thesis Master Degree of Engineering, Department of Agricultural Engineering, Kasetsart University

[3] Kumhomkul, T. (2016). Feasibility Study of Using Water Hyacinth, Water Lettuce and Cattail for Straw Mushroom Cultivation Material. **EAU Heritage Journal Science and Technology**. Vol. 10, No. 2, pp. 61-73

[4] Regional Irrigation Office 9, Royal Irrigation Department. (2016). **The Solution for Weed Management**. Access (1 May 2018). Available (http://kmcenter.rid.go.th/kmc09/2016/kplant.pdf)

[5] Rodmuan, S., Sohsalam, P., and Pawongrat, R. (2013). Ethanol Production from Aquatic Weed Plants Using *Candida shehatae* TISTR 5843 by Batch and Fed-Batch Fermentation. **Veridian E-Journal**. Silpakorn University. Vol. 6, No. 3, pp. 935-948

[6] Suttiwattana, P. and Wongkaew, D. (2009). Development of Water Hyacinth Cutting Machine from Prototype with Community Participation. **Rajamangala University of Technology Tawan-ok Research Journal**. Vol. 2, No. 1, pp. 1-8

[7] Land Development Department. (2017). **Hand Book of The Composting from Water Hyacinth**. Access (10 May 2018). Available (http://www.ldd.go.th/www/files/78377.pdf)

[8] Prapakarn, N. (2008). **Study of Preliminary Parameters for Designing a Biomass Cutting Machine for Biomass Gasification Power Plant**. Thesis Master Degree of Engineering, Mechanical Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology

[9] Luengpipatsorn, N., Kalsirisilp, R., and Langkapin, J. (2017). Development of Animal Feed Shedding and Compressing Machine. In **The 18th TSAE National Conference and the 10th TSAE International Conference**. Bangkok. pp. 144-149

[10] Mathur, S. M. and Singh, P. (2004). Development and Performance Evaluation of A Water Hyacinth Chopper Cum Crusher. **Biosystems Engineering**. Vol. 88, No. 4, pp. 411-418