

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 24
20-22 ตุลาคม 2553 จังหวัดอุบลราชธานี

การออกแบบและพัฒนาเครื่องสับย่อยใบอ้อยและวัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตร
Design and Development of Sugar Cane Leaves and Agricultural Residuals
Shredding Machine

ศิราวุธ สาระพันธ์¹, รัชพล สันติวรารกร²

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ.เมือง จ. ขอนแก่น 40002

ติดต่อ: E-mail : siravut_toto@hotmail.com¹, ratchaphon@kku.ac.th²

โทรศัพท์: 081-8722491 โทรสาร: 0-43245878

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องนี้ ได้ทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องสับย่อยใบอ้อยและวัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตร เพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวมวล โดยได้ออกแบบให้เครื่องสับย่อย มีลักษณะการสับย่อยแบบใบมีดหมุนสับ จำนวน 15 ใบ ปลายใบมีดมีลักษณะโค้งงอ มีความเร็วรอบในการสับ 2,416 รอบต่อนาที มีต้นกำลังเป็นมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2 แรงม้า วัสดุที่ใช้ในการทดสอบได้แก่ ใบอ้อย ใบไม้ ฟางข้าว และเปลือกไม้ยูคาลิปตัส โดยได้ทำการศึกษาสมรรถนะการทำงานและการใช้พลังงานไฟฟ้า รวมถึงการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต จากการทดสอบพบว่า ใบอ้อย ใบไม้ ฟางข้าว และเปลือกไม้ยูคาลิปตัส มีสมรรถนะการผลิตเฉลี่ย 52.72, 69.90, 49.65 และ 88.34 kg/hr ตามลำดับ โดยมีการใช้พลังงานไฟฟ้า 0.017, 0.007, 0.072 และ 0.005 kWh/kg ตามลำดับ

คำหลัก: เครื่องสับย่อย, ชีวมวล, วัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตร

Abstract

This thesis presents the design and development of shredding machine for producing biomass from sugar cane leaves and agricultural residuals. The machine had 15 pieces of rotational blades, the end of blade was curved, and the cutting speed was 2,416 cycles per minute. A power transmission of shredding machine was driven by 2 HP of electric motor. Four kinds of materials such as sugar cane leaves, leaves, rice straw and eucalyptus bark were selected to test the performance of the shredding machine. The energy consumption was studied in order to know production cost of biomass. According to the study, it was found that the production capacity of sugar cane leaves, leaves, rice straw and eucalyptus bark were 52.72, 69.90, 49.65 and 88.34 kg/hr, respectively. The electrical energy consumption were 0.017, 0.007, 0.072 and 0.005 kWh/kg, respectively.

Keyword: Shredding Machine, Biomass, Agricultural Residuals

1. บทนำ

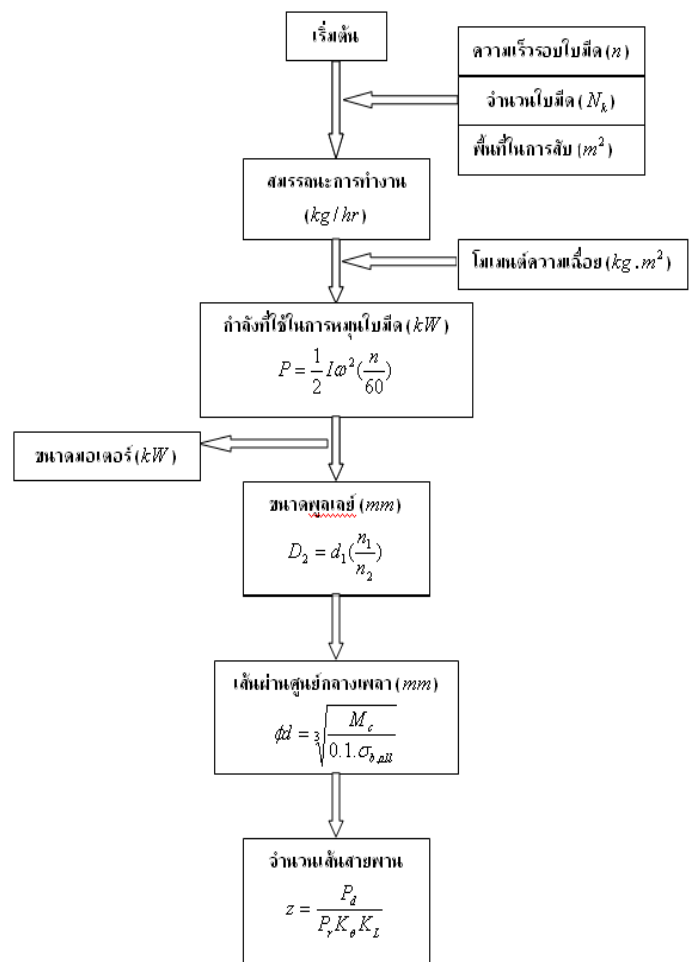
พลังงานเป็นปัจจัยที่สำคัญในการดำรงชีวิตของประชาชน ซึ่งในปัจจุบันมีความต้องการการใช้พลังงานในอัตราที่เพิ่มสูงมากขึ้นในทุกๆปี ทำให้ต้องจัดหาแหล่งพลังงานเพิ่มขึ้นเพื่อให้เพียงพอกับความต้องการ โดยในแต่ละปีประเทศไทยต้องใช้เงินจำนวนมากในการจัดหา พลังงาน ซึ่งส่วนใหญ่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ทำให้ต้องสูญเสียเงินตราออกนอกประเทศเป็นจำนวนมาก และมีแนวโน้มที่จะสูงมากขึ้น ดังนั้นเพื่อลดการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศลง จึงต้องมีการพัฒนาแหล่งพลังงานทดแทนอื่นที่ได้จากธรรมชาติภายในประเทศให้มากขึ้น

จากการศึกษาข้อมูลศักยภาพด้านพลังงานทดแทนจากชีวมวลของประเทศไทย พบว่าประเทศไทยมีศักยภาพพลังงานทดแทนจากชีวมวล รวม 80,657 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (ktoe) แต่มีการผลิตพลังงานจากชีวมวลเพียง 16,658 ktoe คิดเป็นร้อยละ 20.6 ของศักยภาพพลังงาน โดยพลังงานส่วนใหญ่ที่ผลิตได้มาจากไม้พื้น กากอ้อยและแกลบ เป็นต้น สำหรับชีวมวลแข็งที่เหลือชนิดอื่น มีการนำมาใช้ประโยชน์ทางด้านพลังงานค่อนข้างน้อย ซึ่งส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านอุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร และเหลือทิ้งโดยเปล่าประโยชน์ ณ พื้นที่ทำการเพาะปลูกเป็นจำนวนมาก เช่น เหง้ามันสำปะหลัง ชังข้าวโพด ฟางข้าว หรือ ใบอ้อย เป็นต้น

ประเทศไทยจะมีแหล่งทรัพยากรและแหล่งพลังงานทดแทนจากชีวมวลเป็นจำนวนมาก แต่ยังไม่สามารถนำพลังงานจากชีวมวลมาใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ ทั้งนี้เนื่องจากเป็นเพราะติดข้อจำกัดในเรื่องการจัดเก็บและรวบรวม การขนส่ง เป็นต้น ดังนั้นหากมีการศึกษาระบบการเก็บรวบรวมของเชื้อเพลิงจากชีวมวลที่มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ โดยจากการศึกษาพบว่าหากมีการทำให้เศษวัสดุที่เหลือทางการเกษตรมีขนาดเล็กลง จะทำให้การเก็บรวบรวมและขนส่งได้ง่ายมากขึ้น คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาเครื่องสับย่อยขึ้น

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการออกแบบเครื่องต้นแบบสับย่อยใบอ้อยและวัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตร จะต้องพิจารณาหลายปัจจัยไม่ว่าจะเป็น จำนวนใบมีดสับ ความเร็วรอบในการสับของใบมีด ในการออกแบบเราจะกำหนดจำนวนใบมีด ขนาดของใบมีด ความเร็วรอบ ซึ่งจะทำให้เราสามารถคำนวณหาค่ากำลังงานที่ใช้ในการสับได้ ซึ่งเมื่อเราทราบกำลังงานที่ใช้ในการสับแล้ว จากนั้นก็จะสามารถคำนวณหาขนาดของมอเตอร์ ขนาดของเพลาชับ ขนาดของพูลเลย์ สายพาน และจำนวนสายพาน ดังแสดงขั้นตอนการคำนวณไว้ในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนผังการคำนวณในการออกแบบเครื่องสับย่อยใบอ้อยและวัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตร

จากรูปที่ 1 สามารถอธิบายสูตรที่ใช้ในการคำนวณปริมาณต่างๆ ได้ดังนี้

2.1 สมรรถนะการทำงาน

สมรรถนะการทำงานของเครื่องที่สับย่อยได้ในเวลา 1 ชั่วโมง สามารถหาได้ดังนี้

$$Q = \frac{\rho \cdot A \cdot t \cdot n \cdot N_k}{60} \quad (1)$$

เมื่อ Q คือ สมรรถนะกำลังการผลิต (kg/hr)

ρ คือ ความหนาแน่นของวัสดุ (kg/m³)

A คือ พื้นที่หน้าตัดในการสับ (m²)

t คือ ความหนาในการสับ (m)

N_k คือ จำนวนใบมีด

2.2 กำลังของเครื่องสับย่อย

กำลังของเครื่องสับย่อย (P) เกิดจากกำลังที่ใช้ในการหมุนใบมีดหมุนสับ ซึ่งสามารถคำนวณหาได้ดังนี้ [1]

$$Work = \frac{1}{2} I \omega^2 \quad (2)$$

จากใบมีดหมุนด้วยความเร็วรอบ n รอบต่อวินาที ดังนั้นเวลาที่ใช้ในการหมุน 1 รอบเท่ากับ $\frac{60}{n}$ วินาที ดังนั้น กำลังที่ใช้ คือ

$$P = \frac{1}{2} I \omega^2 \left(\frac{n}{60} \right) \quad (3)$$

โดยค่าโมเมนต์ความเฉื่อย I หาได้จาก (ดูรูปที่ 2)

$$I = I_{axel} + 15I_{Knives} + 15I_{fin} \quad (4)$$

เมื่อ I_{axel} ค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของแกนยึด หาได้จากสมการ

$$I_{axel} = \frac{1}{2} m_{axel} r^2 \quad (5)$$

m_{axel} คือ มวลของแกนยึด ($m_{axel} = \rho \pi r^2 l_{axel}$)

เมื่อ I_{Knives} ค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของใบมีด หาได้จากสมการ

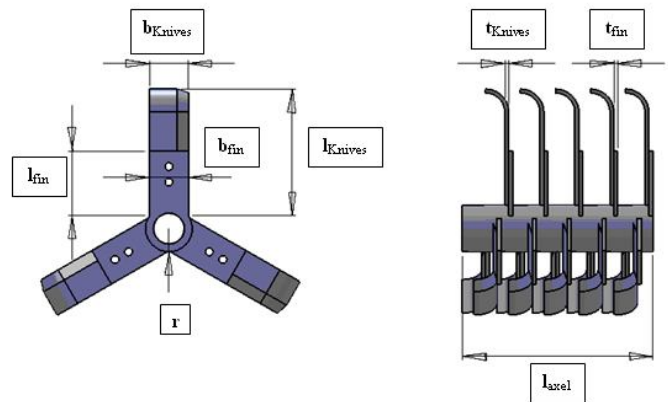
$$I_{Knives} = \left\{ \begin{aligned} &\left(\frac{1}{12} m_{Knives} b_{Knives}^2 + \frac{1}{3} m_{Knives} l_{Knives}^2 \right) \\ &+ m_{Knives} r^2 \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

m_{Knives} คือ มวลใบมีด ($m_{Knives} = \rho l_{Knives} b_{Knives} t_{Knives}$)
เมื่อ I_{fin} ค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของตัวยึดใบมีด หาได้

จากสมการ

$$I_{fin} = \left(\frac{1}{12} m_{fin} b_{fin}^2 + \frac{1}{3} m_{fin} l_{fin}^2 \right) + m_{fin} r^2 \quad (7)$$

m_{fin} คือ มวลตัวยึดใบมีด ($m_{fin} = \rho l_{fin} b_{fin} t_{fin}$)



รูปที่ 2 แสดงค่าต่างๆในชุดใบมีดสับ

2.3 การออกแบบเพลลา

เมื่อทราบค่ากำลังของมอเตอร์ที่ต้องใช้แล้ว สามารถคำนวณหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลลา (ϕd) ได้ดังนี้ [2]

$$\phi d = \sqrt[3]{\frac{M_c}{0.1 \cdot \sigma_{b,all}}} \quad (8)$$

โดยที่ ϕd คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลลา (mm)

M_c คือ โมเมนต์รวม (N.m)

$\sigma_{b,all}$ คือ ค่าความเค้นอนุญาตในการรับภาระพลวัต หาได้จากสมการ

$$\sigma_{b,all} = \frac{\sigma_D \cdot b_1 \cdot b_2}{S \cdot C_B \cdot \beta_k} \quad (9)$$

เมื่อ σ_D คือ Bending Fatigue Strength

b_1 คือ แฟกเตอร์ผิว

b_2 คือ แฟกเตอร์ขนาดสำหรับพื้นที่หน้าตัดกลม

β_k คือ แฟกเตอร์ปฏิภานของร่องบาก

C_B คือ แฟกเตอร์งาน

S คือ ค่าความปลอดภัย

2.4 การออกแบบพูลเลย์และสายพาน

ในการออกแบบเราสามารถหาขนาดพูลเลย์ขับและพูลเลย์ตามได้จากสมการ [2]

$$D = d \left(\frac{n_1}{n_2} \right) \quad (10)$$

เมื่อ D คือ ขนาดพูลเลย์ตาม (mm)

d คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพูลเลย์ขับ (mm)

n_1 คือ อัตราเร็วของพูลเลย์ขับ (rpm)

n_2 คือ อัตราเร็วของพูลเลย์ตาม (rpm)

เมื่อได้ขนาดของพูลเลย์ตาม (D) สามารถหาจำนวนเส้นของสายพานที่ต้องการจากสมการ

$$z = \frac{P_d}{P_b K_\theta K_L} \quad (11)$$

เมื่อ z คือ จำนวนเส้นสายพานที่ต้องการ

P_d คือ กำลังที่ออกแบบ

P_b คือ กำลังที่สายพานสามารถส่งต่อได้ต่อหนึ่งเส้น

K_θ คือ แฟกเตอร์แก้ไขมุมสัมผัส

K_L คือ แฟกเตอร์แก้ไขความยาว

และระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางพูลเลย์ทั้งสอง (C) ที่เหมาะสมในการออกแบบ หาได้จากสมการ

$$D \leq C \leq 3(d + D) \quad (12)$$

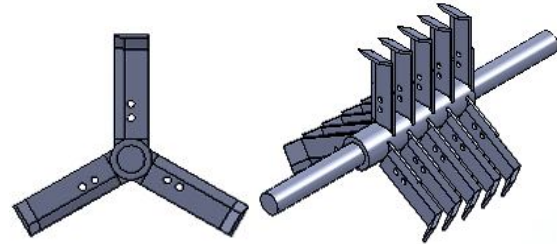
3. การออกแบบเครื่องสับย่อยใบอ้อย

และวัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตร

ในการออกแบบเครื่องสับย่อยใบอ้อยและวัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตร ได้ออกแบบให้มีลักษณะการสับย่อยแบบใบมีดหมุนสับ โดยมีการออกแบบเป็น 2 ขั้นตอน คือ

1. ระบบสับย่อย ในการสับย่อยจะมีลักษณะเป็นใบมีดหมุนสับ ลักษณะของชุดใบมีดได้ออกแบบให้ลักษณะของใบมีดส่วนปลายมีดจะงอ เพื่อให้สามารถตัดวัสดุให้เป็นชิ้นเล็กๆได้ดี ในการออกแบบใช้ชุดใบมีด 15 ใบแต่ละใบมีความกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร มีรูไว้สำหรับยึดกับแกนยึดใบมีด ซึ่งแกนในการจับยึดใบมีดออกแบบมาเพื่อง่ายต่อการบำรุงรักษา โดยแกนจับยึดจะมีแกนรัศมี 6 เซนติเมตร ยาว 25 เซนติเมตร และมีใบจับยึดใบมีดเชื่อมติดกับ

แกน 15 ใบแต่ละใบกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 7 เซนติเมตรหนา 0.5 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3 และจากการคำนวณหากำลังที่ใช้ของเครื่องสับย่อยที่ค่าเท่ากับ 1.6 kW ดังนั้นจึงเลือกใช้มอเตอร์ขนาด 1.5 kW หรือ 2 แรงม้า เป็นต้นกำลัง



รูปที่ 3 ลักษณะชุดใบมีด

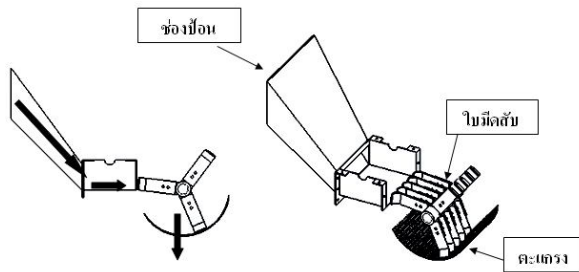
2. ระบบคัดกรองวัสดุที่ถูกสับแล้ว เมื่อวัสดุถูกสับโดยใบมีดสับย่อยแล้ว ส่วนที่โดนสับบางชิ้นอาจจะยังมีขนาดใหญ่เกินไป เพื่อที่จะได้วัสดุที่มีขนาดเล็กตามต้องการ จึงได้ออกแบบระบบในการคัดกรองวัสดุมีลักษณะเป็นตะแกรงเจาะรู ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ตัดโค้งตามขนาดรัศมีของใบมีดหมุนสับ ดังแสดงในรูปที่ 4



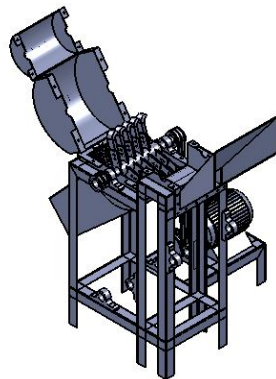
รูปที่ 4 ลักษณะตะแกรง

การทำงานของเครื่องสับย่อย เริ่มต้นจาก การป้อนวัสดุลงไปทางช่องรับ เมื่อวัสดุถูกป้อนเข้ามาถึงระยะตัดของใบมีด ในขณะที่ใบมีดหมุนด้วยความเร็วรอบของเครื่อง โดยมีความเร็วรอบในการสับ 2,416 รอบต่อนาที ใบมีดจะตัดวัสดุลงสู่ตะแกรงด้วยความเร็วรอบของใบมีดและจำนวนใบมีดที่ออกแบบไว้ โดยแต่ละครั้งที่ใบมีดสับใบอ้อย ความยาวของใบอ้อยที่ถูกสับแล้วจะมีขนาดเท่ากับระยะห่างระหว่างวัสดุที่ยื่นออกมาถึงขอบของช่องป้อน เมื่อวัสดุถูกสับแล้ว จะตกลงสู่ตะแกรงด้านล่างใบมีด ซึ่งลักษณะของตะแกรงจะ

ออกแบบให้รับกับความโค้งของรัศมีของใบมีด โดย
ตะแกรงจะเจาะรูไว้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1
เซนติเมตร วัสดุที่ถูกสับที่มีขนาดเล็กกว่าขนาดของรู
ก็จะตกลง ส่วนวัสดุที่มีขนาดใหญ่กว่าขนาดของรูก็จะ
ถูกสับใหม่อีกครั้งจนกว่าจะมีขนาดเล็กกว่ารูและ
สามารถลอดผ่านตะแกรงได้ ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 ลักษณะการทำงานของเครื่องสับย่อย



รูปที่ 6 ภาพ 3 มิติของเครื่องสับย่อยที่ออกแบบ



รูปที่ 7 เครื่องสับย่อยที่สร้างขึ้นจริง

4. วิธีการและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

4.1 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. ตาชั่งน้ำหนัก

2. นาฬิกาจับเวลา
3. Clamp-on mutimeter
4. ใบอ้อยแห้ง
5. ใบไม้แห้ง
6. ฟางข้าว
7. เปลือกไม้มะยมดิบ

4.2 วิธีการทดสอบ

ในการทดสอบเครื่องสับย่อยนั้น จะมีการทดสอบ
วัดค่าที่เกี่ยวข้องดังนี้

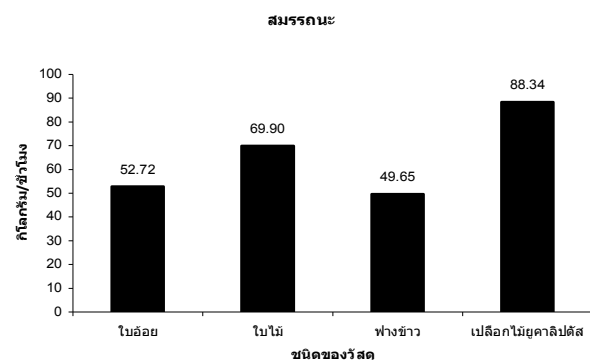
- (1) สมรรถนะการผลิต
- (2) ขนาดของวัสดุที่ถูกสับย่อย
- (3) การใช้พลังงานไฟฟ้า

โดยวิธีการทดสอบเริ่มต้นโดยการนำวัสดุไปชั่ง
น้ำหนักอย่างละ 4 กิโลกรัม จากนั้นนำมาทดสอบโดย
ทำการจับเวลาเมื่อเริ่มทดสอบ ป้อนวัสดุอย่างต่อเนื่อง
วัดค่ากำลังไฟฟ้าทุก ๆ 15 วินาที อย่างต่อเนื่อง จน
ทดสอบหมด

5. การทดสอบเครื่องสับย่อยใบอ้อย และวัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตร

ทำการทดสอบกับวัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตร 4
ชนิดคือ ใบอ้อย ใบไม้ ฟางข้าว และเปลือกไม้มะยม
ดิบ โดยได้ทำการทดสอบหาประสิทธิภาพในการ
ทำงาน ขนาดปริมาตรของวัสดุที่โดนสับย่อย และการ
ใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องสับย่อย โดยได้ผลการทดสอบ
ดังนี้

5.1 สมรรถนะของเครื่องสับย่อย แยกตามชนิด ของวัสดุ



รูปที่ 8 แสดงสมรรถนะการผลิต

จากรูปที่ 8 จะเห็นได้จากการทดสอบพบว่า การสับย่อยเปลือกไม้ยูคาลิปตัสมีสมรรถนะการผลิต สูงสุดคือ 88.34 กิโลกรัม/ชั่วโมง รองลงมาคือใบไม้ มี สมรรถนะการผลิต 69.90 กิโลกรัม/ชั่วโมง การสับย่อย ใบอ้อยมีสมรรถนะการผลิตคือ 52.72 กิโลกรัม/ชั่วโมง และการสับย่อยฟางข้าวมีสมรรถนะการผลิต 49.65 กิโลกรัม/ชั่วโมง ซึ่งสมรรถนะในการผลิตจะขึ้นอยู่กับ ค่าความหนาแน่นของวัสดุ

5.2 ขนาดของวัสดุที่ถูกสับย่อยแล้ว

ขนาดของวัสดุเมื่อถูกสับย่อยแล้ว มีขนาดดัง แสดงในตารางที่ 1 และรูปที่ 9, 10

ตารางที่ 1 ขนาดของวัสดุ เมื่อถูกสับย่อยแล้ว

ชนิดวัสดุ	ขนาดปริมาตร
1. ใบอ้อย	กว้างประมาณ 5–20 mm ยาวประมาณ 50-20 mm
2. ใบไม้	มีลักษณะเป็นชิ้นเล็กๆ กว้างประมาณ 0.5 – 3 mm ยาวประมาณ 1- 10 mm
3. ฟางข้าว	กว้างประมาณ 0.5 – 2 mm ยาวประมาณ 20- 50 mm
4. เปลือกไม้ยูคาลิปตัส	มีลักษณะเป็นชิ้นเล็กๆ กว้างประมาณ 1–5 mm ยาวประมาณ 2-10 mm



รูปที่ 9 ลักษณะของใบอ้อยและใบไม้เมื่อถูกสับย่อย



รูปที่ 10 ลักษณะของฟางข้าวและเปลือกไม้ยูคาลิปตัส เมื่อถูกสับย่อย

5.3 การใช้กำลังไฟฟ้า

เมื่อทำการวัดการใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องสับย่อย จากการทดสอบพบว่า การสับย่อยฟางข้าวมีการ ใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยสูงสุดคือ 1.2 kW รองลงมาคือ การ สับย่อยใบอ้อยมีการใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 0.88 kW การ สับย่อยใบไม้มีการใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 0.49 kW และ การสับย่อยเปลือกไม้ยูคาลิปตัสมีการใช้กำลังไฟฟ้า เฉลี่ย 0.42 kW ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของเครื่องสับย่อย

ชนิดของวัสดุ	กำลังไฟฟ้าที่ใช้	เวลาที่ใช้ต่อkg
1.ใบอ้อย	0.88 kW	1.13 นาที
2.ใบไม้	0.49 kW	0.86 นาที
3.ฟางข้าว	1.2 kW	1.21 นาที
4.เปลือกยูคาลิปตัส	0.42 kW	0.68 นาที

6. การวิเคราะห์ต้นทุนในการผลิต

ในการวิเคราะห์ต้นทุนในการผลิตของเครื่องสับย่อย จะคำนึงถึงอัตราการผลิตและต้นทุนด้านพลังงาน ของวัสดุแต่ละชนิด ซึ่งทำการวิเคราะห์วัสดุ 4 ชนิดคือ ใบอ้อย ใบไม้ ฟางข้าว และเปลือกไม้ยูคาลิปตัส ดัง แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ต้นทุนการผลิตด้านพลังงานของเครื่องสับ
ย่อย ของวัสดุแต่ละชนิด

ผลข้อมูลการ ทดสอบ	ใบ อ้อย	ใบไม้	ฟาง ข้าว	เปลือกไม้ ยูคาลิปตัส
1.อัตราการผลิต (kg/hr)	52.72	69.90	49.65	88.34
2.พลังงานไฟฟ้าที่ ใช้ต่ออัตราการ ผลิต (kWh/kg)	0.017	0.007	0.024	0.005
3.ต้นทุนในการ ผลิต (baht/kg)*	0.051	0.021	0.072	0.015

หมายเหตุ * คัดอัตราค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3 บาท

จากตารางที่ 3 พบว่าในการผลิตใบอ้อยสับ 1 กิโลกรัมจะใช้ต้นทุนด้านพลังงานในการผลิตอยู่ที่ 0.051 บาทต่อกิโลกรัม ใบไม้ใช้ต้นทุนในการผลิตด้านพลังงานอยู่ที่ 0.021 บาทต่อกิโลกรัม ฟางข้าวใช้ต้นทุนในการผลิตด้านพลังงานอยู่ที่ 0.072 บาทต่อกิโลกรัม และเปลือกไม้ยูคาลิปตัสใช้ต้นทุนในการผลิตด้านพลังงานอยู่ที่ 0.015 บาทต่อกิโลกรัม โดยเมื่อคิดต้นทุนในการผลิตต่อตัน พบว่า ใบอ้อย ใบไม้ ฟางข้าว และเปลือกไม้ยูคาลิปตัสใช้ต้นทุนด้านพลังงานในการผลิตอยู่ที่ 51, 21, 72 และ 15 บาทต่อตัน ตามลำดับ

7. ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

เมื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์แล้ว พบว่าในขณะนี้ใบอ้อยสับมีการซื้อขายในราคาตันละ 850 บาท หากมีการใช้เครื่องสับย่อยนี้จะต้องลงทุนในราคาเครื่องละ 24,000 บาท ซึ่งเมื่อพิจารณาให้มีการผลิตใบอ้อยสับวันทำงาน หยุดเสาร์-อาทิตย์ วันละ 8 ชั่วโมง จำนวน 421.76 kg/วัน เป็นเวลา 22 วัน โดยในการจำหน่ายได้พิจารณาใช้รถบรรทุก 6 ล้อ ในการขนส่ง 6 ครั้ง/เดือน ครั้งละ 200 บาท โดยระยะทางระหว่างแหล่งผลิตไปยังโรงงานผู้รับซื้อไม่เกิน 15 กิโลเมตร จะใช้ระยะเวลาต้นทุน 10 เดือน (โดยใบอ้อยที่นำมาทำการสับย่อยเป็นวัสดุที่ได้มาโดยไม่มีการเสียค่าใช้จ่าย) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การคำนวณรายรับรายจ่ายที่เกิดขึ้นต่อ
เดือนของการผลิตใบอ้อยสับ

รายละเอียด	รายรับ	รายจ่าย
1.ต้นทุนด้านพลังงาน - พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 0.88 kWx8 ชม./วันx3 บาท/หน่วย x22วัน		464.6
2.ค่าแรงคนงานในการสับ - วันละ 200x22 วัน		4,400
3. ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง - 6 ครั้ง x200 บาท/ครั้ง		1,200
4.รายได้จากการขาย - ใบอ้อยสับตันละ 850 บาท จำนวน9.28 ตัน	7,888	
รวม	7,888	6,064.6
รายได้ที่รับต่อเดือน	1,823.4	
ระยะเวลาคืนทุน		1.09 ปี

8. สรุป

จากการออกแบบเครื่องสับย่อยใบอ้อยและวัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลโดยใช้มอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า ใช้ระบบการสับย่อยแบบใบมีดหมุนสับ จำนวนใบมีด 15 ใบ ความเร็วรอบในการสับ 2,416 รอบต่อนาที โดยทำการทดสอบกับวัสดุทางการเกษตร 4 ชนิด คือ ใบอ้อย ใบไม้ ฟางข้าว และเปลือกไม้ยูคาลิปตัส พบว่าเครื่องสับย่อยที่ออกแบบสามารถสับย่อยชีวมวลได้ โดยมีสมรรถนะในการสับใบอ้อย ใบไม้ ฟางข้าว และเปลือกไม้ยูคาลิปตัส คือ 52.72, 69.90, 49.65 และ 88.34 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ มีการใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 0.88, 0.49, 1.2 และ 0.42 กิโลวัตต์ ตามลำดับ โดยมีต้นทุนในการผลิตเท่ากับ 51, 21, 72 และ 15 บาทต่อตัน เมื่อทำการคำนวณความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์โดยผลิตใบอ้อยสับขาย แล้วพบว่าเครื่องสับย่อยนี้มีระยะเวลาคืนทุน 1.09 ปี

9. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย ทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. ภายใต้โครงการเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัย ทุน สกว.

– อุตสาหกรรม ประจำปี 2551 ขอขอบคุณสถานจัดการและอนุรักษ์พลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นที่ให้การสนับสนุนทุนการศึกษา และขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการสร้างและทดสอบเครื่องสับย่อย

10. เอกสารอ้างอิง

[1] เสถียร วงศ์สารเสริม. (2527). กลศาสตร์วิศวกรรม ภาคพลศาสตร์. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[2] จำรูญ ตันติพิศาลกุล. (2541). การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[3] เบญจรงค์ ผ่องใส. (2538). การศึกษาการย่อยมันสำปะหลังโดยใช้ใบมีดหมุนรอบแกนเพลลา. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[4] อภิชาติ ศรีชาติ. (2551). การออกแบบและพัฒนาเครื่องผลิตชิ้นไม้สับ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น