

การพัฒนาเครื่องสับอนุภาคขานอ้อยดิบแบบ 4 ขั้น สำหรับเตรียมผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง
Development of Four Step Raw Bagasse Particle Shredder for Preparation of
Briquette Fuel Production

เกยูร ดวงอุปมา¹ อโนชา ชาอูทัย² และ สุนทร สุทธิบาก^{2,*}

¹คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

²หน่วยวิจัยนวัตกรรมเพื่อชุมชน คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

Keyoon Duanguppama¹ Anocha Chaowuthai² and Suntorn Suttibak^{2,*}

¹Faculty of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University

²Research Unit of Innovation for Community, Faculty of Technology,

Udon Thani Rajabhat University

(Received: May 22, 2024; Revised: July 4, 2024; Accepted: September 18, 2024)

*ผู้ประสานงาน : สุนทร สุทธิบาก อีเมล : suntorn_su@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้เป็นการพัฒนาเครื่องสับอนุภาคขานอ้อยดิบแบบ 4 ขั้น สำหรับเตรียมผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง เครื่องสับย่อยอนุภาคขานอ้อยดิบที่พัฒนาขึ้นมีขนาดความกว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 500 x 1,000 x 1,560 มิลลิเมตร ตามลำดับ ชุดต้นกำลังใช้ มอเตอร์ขนาด 3 แรงม้า 220 โวลต์ 1,450 รอบต่อนาที ส่งกำลังด้วยสายพาน ชุดสับอนุภาคขานอ้อยดิบประกอบด้วยใบมีดทั้งหมด 10 ใบ แบ่งออกเป็น 4 ขั้น ขั้นที่ 1, 2 เป็นใบสับย่อย ขั้นที่ 3, 4 เป็นใบตัด คมใบมีด 30 องศา ในการทดสอบ จะทำการสับย่อยเป็นเวลา 60 นาที เลือกใช้ความเร็วรอบคงที่ 1,087.5 รอบต่อนาที ค่าความชื้นขานอ้อยดิบร้อยละ 10.22 จากผลการทดลอง พบว่าเครื่องสับอนุภาคขานอ้อยดิบมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ยที่ 10.71 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพเฉลี่ยร้อยละ 90.24 ขานอ้อยที่ได้มีขนาดความยาวของเฉลี่ย 2-15 มิลลิเมตร ใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 2.24 หน่วยต่อครั้ง

คำสำคัญ: เครื่องสับย่อย, ขานอ้อย, ชุมชน

ABSTRACT

The research article on the development of a four-step raw bagasse particle shredder for the preparation of briquette fuel production. The developed raw bagasse particle shredder has dimensions of 500 x 1,000 x 1,560 millimeters (width x length x height), respectively. The power unit consisted of a 3 HP at 220 volts with a speed of 1,450 rpm, single-phase electric motor using a transmission belt. The raw bagasse particle shredder assembly comprised 10 blades divided into 4 layers. The first and second layers were shredding blades, while the third and fourth layers were cutting blades, all with a blade angle of 30 degrees. During testing, shredding was conducted for 60 minutes at a constant speed of 1,087.5 rpm. The moisture content of the raw bagasse was 10.22%. The experimental results showed that the raw bagasse particle shredder had an average production capability of 10.71 kilograms per hour and an average efficiency of 90.24%. The resulting raw bagasse had an average length of 2–15 millimeters. It consumed approximately 2.24 units of electricity per operation.

Keywords: shredder, bagasse, community

1. บทนำ

ประเทศไทยถือเป็นผู้ส่งออกน้ำตาลรายใหญ่ของโลกรองจากประเทศบราซิลโดยผลิตอ้อยและน้ำตาลได้ปีละประมาณ 113 ล้านตัน โดยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน 4 จังหวัด ได้แก่ อุดรธานี หนองบัวลำภู หนองคาย และบึงกาฬ มีปริมาณผลผลิตรวมกัน ประมาณ 12.5 ล้านตัน ซึ่งจังหวัดอุดรธานีมีปริมาณผลผลิตอ้อยมากที่สุด เป็นอันดับ 1 ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประมาณ 7.9 ล้านตัน [1] ส่วนใหญ่ผลผลิตทั้งหมดจะส่งจำหน่ายให้กับโรงงานอุตสาหกรรมน้ำตาล และอ้อยยังเป็นพืชอุตสาหกรรมที่มีผู้เกี่ยวข้องมากมายหลายระดับตั้งแต่เกษตรกรชาวไร่อ้อยจนถึงโรงงานน้ำตาลและอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่น ๆ เช่นการผลิตไฟฟ้า ไม้อัด กระดาษ เอทานอล สุรา และผลิตภัณฑ์อาหาร โดยเกษตรกรส่วนใหญ่ไม่สามารถยืนหยัดได้ด้วยตนเอง และไม่มีขีดความสามารถในการแข่งขันต้องพึ่งพา ราคาจากโรงงานซึ่งมีราคาต่ำทำให้เป็นหนี้สะสม

การใช้นวัตกรรมและเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับพื้นที่ เพื่อสร้างขีดความสามารถในการแข่งขันและสร้าง มูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์จึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการแก้ปัญหา โดยการผลิตและแปรรูปผลิตภัณฑ์จากอ้อยแบบครบวงจรจะได้ผลิตภัณฑ์ที่ได้จาก การแปรรูปอ้อย 4 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ น้ำอ้อย

สด น้ำเชื่อมอ้อย น้ำอ้อยก้อนและน้ำอ้อยผง แต่ยังมีผลิตภัณฑ์เหลือทิ้งจากกระบวนการ คือ ชานอ้อย ซึ่งจากสามารถนำไปใช้ได้หลายรูปแบบ เช่น อาหารสัตว์ เชื้อเพลิงให้ความร้อน ถ่านอัดแท่ง เชื้อเพลิงอัดแท่งและหมักเอทานอล เป็นต้น โดยการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งเป็นกระบวนการหนึ่งที่ขั้นตอนไม่ยุ่งยาก ลดพื้นที่การจัดเก็บและสะดวกต่อการใช้งาน หนึ่งในกระบวนการที่สำคัญสำหรับผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากชานอ้อย คือ กระบวนการสับชานอ้อยให้ละเอียด เป็นกระบวนการที่สำคัญต่อการอัดขึ้นรูปเชื้อเพลิงอัดแท่ง ศุภชัย แก้วจันทร์, สมณชา จีระมะกร และชนิษฐา สีมา [2] พบว่าเครื่องสับใช้ความเร็วรอบมอเตอร์ 2,900 รอบต่อนาที องศาใบมีด 30 องศา สามารถสับหญ้าเนเปียร์ได้ 500 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ได้ความยาวหญ้าเนเปียร์เฉลี่ย 2-3 เซนติเมตร อัศวิน สืบบุญการณ และคณะ [3] พบว่าการสับหญ้าเนเปียร์ด้วยเครื่องสับอเนกประสงค์ลดเวลาจากการสับด้วยมือแบบ 1 คน สับได้ถึง 66.22 % สามารถลดเวลาในการทำงานลงได้ 2 ใน 3 ของเวลาทำงานปกติ

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะออกแบบและพัฒนาเครื่องสับย่อยชานอ้อยดิบ เนื่องจากชานอ้อยดิบที่ได้จากกระบวนการรีดน้ำอ้อยมีขนาดใหญ่ ใช้พื้นที่ในการจัดเก็บมากและไม่สามารถนำไปผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งได้ จำเป็นต้องนำชานอ้อยดิบไปย่อยละเอียดก่อนเพื่อให้สามารถนำไปใช้ผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากชานอ้อย เพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนในชุมชน เป็นการส่งเสริมให้เกิดโมเดลเศรษฐกิจ BCG ในชุมชนอย่างยั่งยืน

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องสับย่อยชานอ้อยดิบแบบ 4 ชั้น สำหรับเตรียมผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

2.2 เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีเครื่องสับย่อยชานอ้อยดิบแบบ 4 ชั้น สำหรับเตรียมผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งให้กับชุมชนและโรงงานต้นแบบมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยการพัฒนาเครื่องย่อยอนุภาคชานอ้อยดิบแบบ 4 ชั้น สำหรับเตรียมผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง คณะผู้วิจัยดำเนินการวิจัยโดยมีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยและรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การกำหนดปัญหาและความต้องการ ผู้วิจัยได้กำหนดปัญหาโดยการนำชานอ้อยเหลือทิ้งจากกระบวนการรีดน้ำอ้อย ซึ่งมีปริมาณมากใช้พื้นที่ในการจัดเก็บเยอะ ต้องใช้กระบวนการสับย่อยลดขนาดเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการทำเชื้อเพลิงอัดแท่ง เพิ่มพื้นที่จัดเก็บและเพิ่มประสิทธิภาพการเผา

ใหม่ ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลจากการสับย่อยชีวมวลของผู้วิจัยที่เกี่ยวข้อง กับการสับย่อยชีวมวลให้มีขนาดเล็กและการทำเชื้อเพลิงอัดแท่ง ชัยณรงค์ หล่มช่วงคำ¹ และคณะ [4] พบว่าการใช้คมมีดทำมุม 30 องศา ในการสับต้นข้าวโพดพันธุ์ข้าวเหนียวใช้พลังงานในการสับน้อยที่สุด จึงนำมาใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบและสร้างเครื่องสับย่อยชานอ้อยดิบ Grover P.D and Mishra S.K [5] พบว่าการใช้ชีวมวลขนาด 6-8 มิลลิเมตร ผสมผงชีวมวลขนาด < 4 mesh ปริมาณร้อยละ 10-20 เหมาะสำหรับการทำชีวมวลอัดแท่งมากที่สุด หากใช้ชีวมวลที่มีขนาดใหญ่จะทำให้ชีวมวลที่ได้จากกระบวนการอัดแท่งผิวไม่เรียบและเกิดการติดขัดในกระบวนการอัดแท่ง และพบว่าการสับย่อยชีวมวลควรมีความชื้นต่ำที่สุด ควรใช้ที่มีความชื้นร้อยละ 10-15 หากชีวมวลมีความชื้นสูงจะต้องใช้พลังงานในการสับย่อยมากขึ้น A. Brunerova and M. Brozek [6] ทำการศึกษาการอัดแท่งเปลือกไม้สนพบว่า การนำไม้สนขนาด 6-12 มิลลิเมตรไปอัดแท่งมีความทนทานมากที่สุด TUMULURU et al. [7] พบว่าขนาดฟางข้าวสาลี ฟางข้าวโอ๊ตและฟางข้าวบาร์เลย์ขนาด 25-32 มิลลิเมตร เป็นขนาดที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการทำเชื้อเพลิงอัดแท่ง

3.2 การออกแบบและสร้างเครื่อง

การออกแบบเครื่องย่อยอนุภาคชานอ้อยดิบผู้วิจัยได้เลือกวิธีการลดขนาดชานอ้อยดิบ โดยการพัฒนาเครื่องจักรกลที่มีราคาไม่แพง ความซับซ้อนของการใช้งานน้อย สามารถเคลื่อนย้ายได้อย่างสะดวกสามารถบำรุงรักษาแก้ไขข้อขัดข้องได้ง่ายและไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม เครื่องสับย่อยชานอ้อยมีส่วนประกอบหลักได้แก่ โครงสร้างเหล็ก ขนาด 500 X 1,000 X 1,560 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 1 และ 2 ชุดต้นกำลังใช้ มอเตอร์ขนาด 3 แรงม้า 220 โวลต์ 1,450 รอบต่อนาที ส่งกำลังด้วยพูลเลย์ขับเคลื่อนขนาด 3 นิ้ว จำนวน 1 ตัว และพูลเลย์ตามขนาด 4 นิ้ว จำนวน 1 ตัว ส่งกำลังไปยังเพลาลูกเบี้ยวที่มีใบมีดทั้งหมดจำนวน 10 ใบ มุมคมมีด 30 องศาแบ่งออกเป็น 4 ชั้น ชั้นที่ 1 ใช้ใบมีดขนาด กว้างx ยาวxหนา เท่ากับ 90 x 200 x 2 มิลลิเมตร จำนวน 4 ใบ ชั้นที่ 2 ใช้ใบมีดขนาด 90 x 200 x 2 มิลลิเมตร จำนวน 2 ใบ ชั้นที่ 3-4 ใช้ใบมีด ขนาด 83 x 76 x 3 มิลลิเมตร ความเร็วรอบใบมีดสับ 1,087.5 รอบต่อนาทีอัตราทด 1.33: 1 ตะแกรงเจาะรูทางออกขนาด 15 x 15 มิลลิเมตร ในการคำนวณหาอัตราทดรอบใช้สมการที่ (1) และความเร็วรอบพูลเลย์ขับเคลื่อนใบมีดสับย่อยใช้สมการที่ (2) ในการออกแบบและทดสอบ [8], [9] และใช้สมการที่ (3) ในการคำนวณหาความยาวของสายพานส่งกำลัง [10], [11]

$$m_w = \frac{n_1}{n_2} \quad (1)$$

เมื่อ m_w คือ อัตราทดของพูลเลย์

n_1 คือ ความเร็วรอบของพูลเลย์ขับ (rpm)

n_2 คือ ความเร็วรอบของพูลเลย์ตาม (rpm)

$$n_2 = \frac{n_1 \times d_1}{d_2} \quad (2)$$

เมื่อ n_1 คือ ความเร็วรอบพูลเลย์ขับ (rpm)

n_2 คือ ความเร็วรอบพูลเลย์ตาม (rpm)

d_1 คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพูลเลย์ขับ (in)

d_2 คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพูลเลย์ตาม (in)

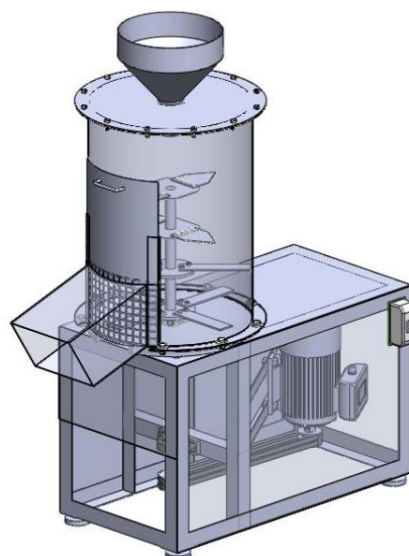
$$L = 2C + \frac{\pi}{2} (D_1 + D_2) + \frac{(D_1 - D_2)^2}{4C} \quad (3)$$

เมื่อ L คือ ความยาวทั้งหมดของสายพาน (in)

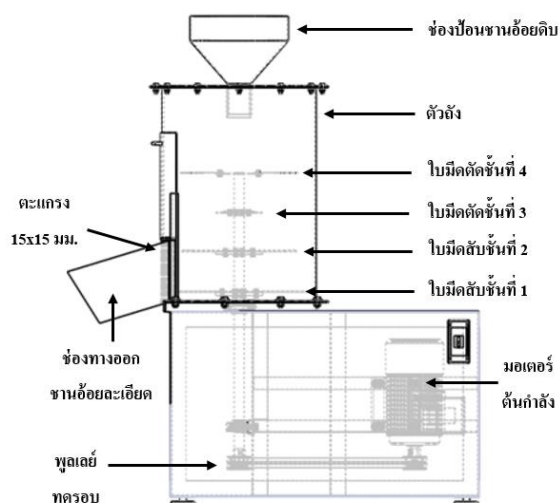
C คือ ระยะระหว่างจุดศูนย์กลางของพูลเลย์ (in)

D_1 คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของพูลเลย์ตัวขับ (in)

D_2 คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของพูลเลย์ตัวตาม (in)



รูปที่ 1 แบบงานเครื่องสับอนุภาคขนาดเล็กแบบ 4 ชั้น ที่พัฒนาขึ้น



รูปที่ 2 ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องสับอนุภาคข้าวอ้อยแบบ 4 ชั้น

3.3 การดำเนินการวิจัย

คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยพัฒนาเครื่องสับย่อยข้าวอ้อยดิบเพื่อใช้ลดขนาดข้าวอ้อย มีรายละเอียดของการดำเนินการวิจัยมี 3 ส่วน สามารถสรุปได้ดังนี้
การเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษามีดังนี้

- 1) ข้าวอ้อยดิบจากอ้อยพันธุ์สุพรรณบุรี 50
- 2) เครื่องชั่งดิจิตอล ขนาด 100 กิโลกรัม
- 3) เครื่องชั่งดิจิตอลทศนิยม 3 ตำแหน่ง
- 4) นาฬิกาจับเวลา
- 5) ถ้วยกระเบื้อง 30 มิลลิเมตร
- 6) ตู้อบลมร้อน
- 7) เตาเผาอุณหภูมิสูง
- 8) โถดูดความชื้น

การวิเคราะห์หาคุณสมบัติของชีวมวล ทำการวิเคราะห์แบบประมาณ (Proximate analysis) โดยการหาร้อยละของความชื้น ร้อยละของสารระเหย ร้อยละของเถ้าและคาร์บอนคงที่โดยใช้มาตรฐาน ASTM E1756-01, E872-82 และ E1755-01 ตามลำดับ [12]

การทดสอบความสามารถในการทำงานและประสิทธิภาพของเครื่องสับย่อยชานอ้อยดิบ การทดสอบจะใช้ชานอ้อยดิบปริมาณ 15 กิโลกรัมต่อการทดสอบในแต่ละครั้ง โดยทำการใส่ชานอ้อยลงในเครื่องสับย่อยอย่างต่อเนื่องพร้อมจับเวลา 60 นาที หลังจากนั้นนำชานอ้อยดิบที่เหลือ และชานอ้อยที่ผ่านการสับย่อยผ่านตะแกรงขนาด 15×15 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 4 มาชั่งน้ำหนัก บันทึกผลการทดสอบในแต่ละครั้ง ทำการ คำนวณหาความสามารถในการทำงาน [13] คำนวณหาประสิทธิภาพในการสับย่อย และค่าเฉลี่ย (Arithmetic Mean: $\bar{X}$) [14] ด้วยสมการที่ 4, 5 และ 6 ตามลำดับ

$$C\left(\frac{kg}{h}\right) = \frac{W(kg)}{t(h)} \quad (4)$$

เมื่อ C คือ ความสามารถในการทำงาน $\left(\frac{kg}{h}\right)$

W คือ น้ำหนักชานอ้อยดิบที่ผ่านตะแกรง (kg)

t คือ เวลาในการทำงาน (h)

$$SE = \frac{WS(kg)}{TW(kg)} \times 100 \quad (5)$$

เมื่อ SE คือ ประสิทธิภาพในการสับย่อย (%)

WS คือ น้ำหนักชานอ้อยดิบที่ผ่านตะแกรง (kg)

TW คือ น้ำหนักชานอ้อยดิบที่ทำการสับย่อย (kg)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} \quad (6)$$

เมื่อ $\bar{X}$ คือ น้ำหนักเฉลี่ย

$\sum X$ คือ ผลรวมของน้ำหนักทั้งหมด

N คือ จำนวนครั้งที่เดินเครื่องจักร



รูปที่ 3 เครื่องสับย่อยชานอ้อยแบบ 4 ชั้น

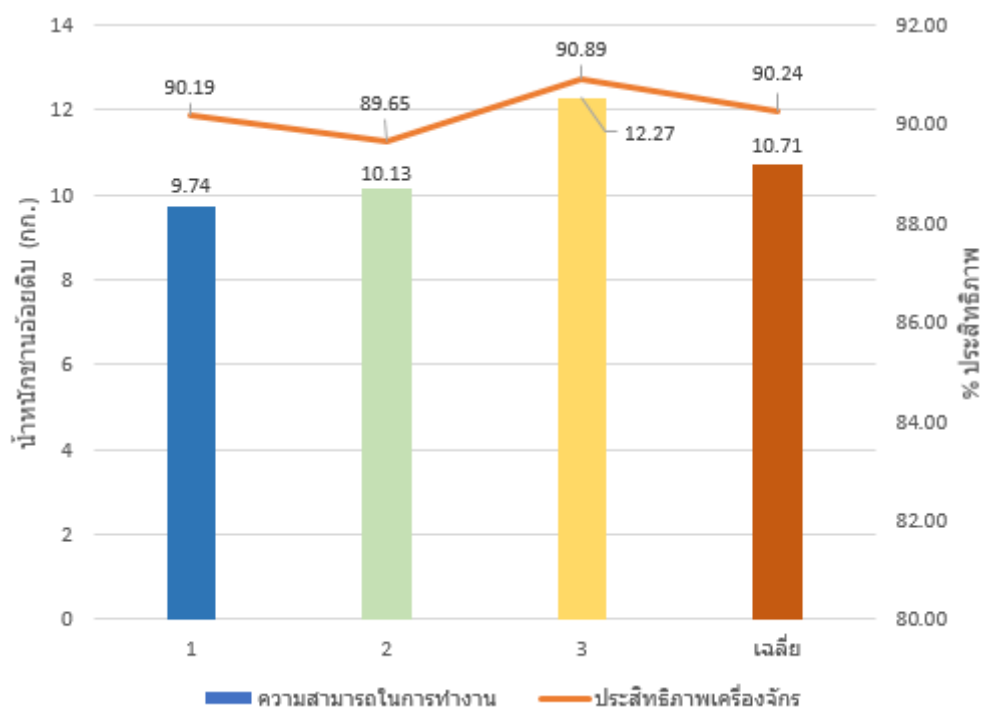


รูปที่ 4 ชานอ้อยที่ผ่านกระบวนการสับย่อย

4. ผลการวิจัย

ผลจากการวิเคราะห์แบบประมาณพบว่าชานอ้อยมีค่าความชื้นร้อยละ 10.22 สารระเหยร้อยละ 72.92 ปริมาณเถ้าร้อยละ 4.47 และคาร์บอนคงที่ร้อยละ 12.94 โดยน้ำหนัก ผลการหาความสามารถในการทำงานและประสิทธิภาพของเครื่องสับอนุภาคชานอ้อยดิบสำหรับเตรียมผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง พบว่าเครื่องสับอนุภาคชานอ้อยดิบขนาด 3 HP ทำงานที่ความเร็วรอบคงที่ 1,087.5 รอบต่อนาที ใช้ใบตัดจำนวน 4 ใบ และใบสับจำนวน 6 ใบ ใช้ระยะเวลา 60 นาทีเท่ากัน

จำนวน 3 ครั้ง ผลการทดสอบครั้งที่ 1 เครื่องสับอนุภาคขานอ้อยดิบมีความสามารถในการทำงาน 9.74 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพร้อยละ 90.19 ผลการทดสอบครั้งที่ 2 มีความสามารถในการทำงาน 10.13 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพร้อยละ 89.65 และผลการทดสอบครั้งที่ 3 มีความสามารถในการทำงาน 12.27 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพร้อยละ 90.89 ซึ่งคิดผลการทดสอบเฉลี่ยความสามารถในการทำงานได้ 10.71 กิโลกรัม ประสิทธิภาพร้อยละ 90.24 ดังรูปที่ 5 ขานอ้อยที่ได้มีขนาดความยาวเฉลี่ย 2-15 มิลลิเมตร ใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 2.24 หน่วยต่อครั้ง (kWh/ครั้ง) คิดเป็นมูลค่าประมาณ 8.96 บาท (เมื่อคิดค่าไฟฟ้าต่อหน่วย 4 บาท)



รูปที่ 5 ความสามารถในการทำงานและประสิทธิภาพในการสับย่อย

5. อภิปรายผลและสรุปผล

การออกแบบและพัฒนาเครื่องเครื่องย่อยขานอ้อยดิบแบบ 4 ชั้น สำหรับเตรียมผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง ใช้ในการแก้ปัญหากระบวนการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง สำหรับโรงงานต้นแบบมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี มีส่วนประกอบหลัก ได้แก่ โครงสร้างของเครื่อง ระบบส่งกำลัง และชุดใบมีดสับย่อย โดยเลือกใช้ใบมีดสับย่อยแบบ 4 ชั้น จำนวนใบมีดทั้งหมด 10 ใบ แบ่งออกเป็น 4 ชั้น ชั้นที่ 1, 2 เป็นใบสับย่อยจำนวน 6 ใบ ชั้นที่ 3, 4 เป็นใบตัดจำนวน 4 ใบ มุมองศาคมใบมีด 30 องศา ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,087.5 รอบต่อนาที ใช้เวลาในการทดสอบ 60 นาที ค่าความชื้นขานอ้อยดิบ

ร้อยละ 10.22 ความสามารถในการทำงานที่ดีที่สุดของเครื่องสับย่อยชานอ้อยดิบแบบ 4 ชั้น อยู่ที่ 12.27 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพร้อยละ 90.89 มีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 10.71 กิโลกรัมชั่วโมง ประสิทธิภาพเฉลี่ยร้อยละ 90.24 จะได้ชานอ้อยดิบมีขนาดความยาวของเฉลี่ย 2-15 มิลลิเมตร และใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 2.24 หน่วยต่อครั้ง คิดเป็นมูลค่าประมาณ 8.96 บาท เครื่องจักรที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถช่วยลดเวลาในการทำงาน ลดการใช้แรงงานคนและเพิ่มกำลังการผลิต อีกทั้งเป็นการส่งเสริมและสนับสนุนให้ชุมชนสามารถเข้าถึงเทคโนโลยีได้ง่ายขึ้น และเป็นการนำนวัตกรรมและเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับพื้นที่มาใช้ในการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันให้กับชุมชนตามแนวทางปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง อย่างไรก็ตามในการศึกษานี้ไม่ได้คิดคำนวณด้านต้นทุนการผลิตต่อหน่วยหรือทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งจะได้นำไปศึกษาและวิเคราะห์ต่อไปเพื่อให้การวิจัยและพัฒนา เครื่องจักรแปรรูปผลิตผลทางการเกษตรของชุมชนมีข้อมูลที่สามารถนำไปขยายผลและมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ผ่านโครงการยกระดับและสร้างขีดความสามารถในการแข่งขันสำหรับกลุ่มเกษตรกรผลิตและแปรรูปด้านการเกษตรแบบครบวงจร ภายใต้การใช้นวัตกรรมและเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับพื้นที่ ในโครงการสำคัญประจำปีงบประมาณ 2566

เอกสารอ้างอิง

- [1] คณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. (2566). รายงานสถานการณ์การปลูกอ้อยปีการผลิต 2565/66, พิมพ์ครั้งที่ 1. กลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กองยุทธศาสตร์และแผนงาน กระทรวงอุตสาหกรรม.
- [2] ศุภชัย แก้วจันทร์ สุเมธดา จีระมะกร และ ขนิษฐา สี่มา. (2566). การพัฒนาประสิทธิภาพเครื่องสับย่อยพร้อมอัดแท่งหญ้าเนเปียร์ ที่เหมาะสมต่อการขนย้าย และยืดอายุหญ้าเนเปียร์สำหรับผู้ประกอบการ วิสาหกิจเกษตรกรโคเนื้อจังหวัดสุรินทร์. *Industrial Technology Journal*, 8(1), 56 – 70.
- [3] อัศวิน สืบบุญการณ ภูเมศร์ นิยมมาก วัชรกรณ จันโสม นันทพัทธ ปัตถักย์. (2566). การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องสับอเนกประสงค์เพื่อการเกษตร. *Industrial Technology Journal*, 6(1), 1 – 7.



- [4] ชัยยันต์ จันทร์ศิริ ประยูร จอมหล้าพีรติกุล อาภาภรณ์ จอมหล้าพีรติกุล เดชาวัต มั่นกลาง และ ประสิทธิ์ โสภา. (2565). การศึกษาสมบัติเชิงกลของต้นข้าวโพดเพื่อออกแบบเครื่องสับต้นข้าวโพด. **วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ**, 8(2), 169 –178.
- [5] Grover, P.D. and Mishra, S.K. (1996). Biomass Briquetting: Technology and Practices, **Regional Wood Energy Development Programme In Asia**, 46, 4-13.
- [6] Brunerova, A. and Brozek, M., Optimal feedstock particle size and its influence on final briquette quality. In **Proceedings of the 6th International Conference on Trends in Agricultural Engineering**, pp. 95–101. Czech University, Prague Czech Republic.
- [7] Tumuluru, J.S., Tabil, L. G., Song, Y., Iroba, K. L. and Meda, V. (2014). Impact of process conditions on the density and durability of wheat, oat, canola, and barley straw briquettes. **Bioenergy Res.** 8, 388–401.
- [8] วรสิทธิ์ อึ้งภากร และ ชาญ ถนังงาน. (2556). **การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 2**, พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- [9] วุฒิชัย กปิลกาญจน์. (2528). **กลไกและพลศาสตร์ของ เครื่องจักรกล**. กรุงเทพฯ: โครงการตำราเรียน PHYSICS CENTER ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [10] George, H. and Martin. (1982). **Kinematics and Dynamic of Machines**, 2nd edition. New York: Mc Graw-Hill Book Company.
- [11] Hamilton, H., Mabie and Ocyrk, F.W. (1978). **Mechanisms and Dynamics of Machinery**, 3rd edition. New Jersey: John Wiley & Sons.
- [12] Pattiya A. and Suttibak S. (2012). Production of bio-oil via fast pyrolysis of agricultural residues from cassava plantations in a fluidised-bed reactor with a hot vapour filtration unit. **J. Anal. Appl. Pyrolysis**, 95, 227-235.
- [13] ณพล เหลืองพิพัฒน์สร รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ และจตุรงค์ ลังกาพินธุ์. (2560). การพัฒนาเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์. **การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 18 ระดับนานาชาติครั้งที่ 10 ประจำปี 2560**, หน้า 144-149. กรุงเทพมหานคร: อิมแพ็ค เอ็กซิบิชั่น เซ็นเตอร์.
- [14] ธานินทร์ ศิลป์จารุ. (2563). **การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS**. กรุงเทพฯ: บิสซิเนสอาร์แอนด์ดี.

