



FEAT JOURNAL

FARM ENGINEERING AND AUTOMATION TECHNOLOGY JOURNAL

วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ

เครื่องอัดแท่งชีวมวลจากเศษวัสดุทางการเกษตรแบบกึ่งอัตโนมัติ

Semi-automatic biomass pellets from agricultural waste

บุญฤทธิ์ บัวระบติ

Boonyarid Buarabut

สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

ตำบลพลวง อำเภอเขาฉิมชัญญ จังหวัดจันทบุรี 22210

Department of Mechanical Technology, Faculty of Agricultural Industry Technology, Rajamangala University of Technology Tawan-ok, Tambon Pluang, Amphur Khaokhitchakut Chanthaburi 22210, Thailand.

Received: 5 November 2021

Revised: 4 February 2022

Accepted: 9 March 2022

Available online: 24 June 2022

บทคัดย่อ

เครื่องอัดแท่งชีวมวลจากเศษวัสดุทางการเกษตรแบบกึ่งอัตโนมัติ มีมิติของเครื่องขนาด 50x80x53 เซนติเมตร น้ำหนักเครื่องเปล่า 42 กิโลกรัม ทำการทดสอบอัดแท่งกับวัสดุทางการเกษตรทั้ง 3 ชนิด คือ ใบปาล์มสด ใบกล้วยสด และใบตองเต้าสด ที่ความเร็วรอบสกรูอัด 290 รอบต่อนาที มีประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง ร้อยละ 96.75 ความสามารถในการอัดแท่งชีวมวลสูงสุด 43.8 กิโลกรัมต่อชั่วโมง แท่งชีวมวลที่ได้จากเครื่องอัดแท่งชีวมวล มีลักษณะหกเหลี่ยม ขนาด 5x10 เซนติเมตร ให้ค่าความร้อน 4,238 3,597 และ 4,025 แคลลอรี่ต่อกรัม ตามลำดับ และทำการทดสอบต้มน้ำสามารถทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงสุด 87 องศาเซลเซียส ในช่วงระยะเวลา 20-27 นาที มีระยะเวลาคืนทุนของเครื่องจักรอยู่ที่ 180-205 ชั่วโมงต่อปี และมีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 43-49 ชั่วโมงต่อปี

คำสำคัญ: กึ่งอัตโนมัติ เศษวัสดุทางการเกษตร ชีวมวล

Abstract

Semi-automatic biomass pellets from agricultural waste The machine's dimensions are 50x80x53 cm, the weight of the machine 42 kg, Tests were conducted on 3 agricultural materials: fresh palm leaves, fresh banana leaves and fresh Mallotus barbatus leaves, at speeds Compression Screws 290 rpm. Machine performance 96.75% biomass compression capacity up to 43.8 kg per hour. Biomass pellets obtained from biomass bar presses Hexagonal, 5x10 cm, heating values 4,238, 3,597 and 4,025 calories per gram, respectively, and water boiling tests can bring water to a maximum temperature of 87 degrees Celsius. During the 20-27-minute period, the machine pay-back period is 180-205 hours per year and the break-even point is 43-49 hours per year.

Keywords: Semi-automatic: Agricultural waste: Biomass

*ติดต่อ: boonyarid_bu@rmutto.ac.th โทรศัพท์: 087-148-3234

1. บทนำ

ณ ปัจจุบันการทำการเกษตรของประเทศไทย มีพื้นที่ทำการเกษตร 149.25 ล้านไร่ คิดเป็นร้อยละ 46.53 จากพื้นที่ทั้งหมด 320.696 ล้านไร่ [1] ซึ่งในหลายพื้นที่มักพบกับปัญหาเศษวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการทำการเกษตรหรือแม้แต่วัชพืชขนาดใหญ่ที่เกิดขึ้นในพื้นที่เพาะปลูก ทำให้เกษตรกรจำเป็นต้องหาวิธีการกำจัดเศษวัสดุเหลือทิ้ง ซึ่งโดยส่วนมากแล้วเกษตรกรมักจะทำการฉีดพ่นด้วยสารเคมีกำจัดวัชพืช ซึ่งง่ายต่อการบริหารจัดการของเกษตรกร แต่อีกทางหนึ่งก็เป็นการเพิ่มภาระค่าใช้จ่ายในการทำการเกษตร และอาจส่งผลกระทบต่อผลผลิตที่อาจมีสารเคมีตกค้างในผลผลิต อาจนำไปสู่การไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และส่งผลให้ผลผลิตอาจไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานการส่งออก ซึ่งจากปัญหาเศษวัสดุเหลือทิ้งในกระบวนการทางการเกษตร หากมีวิธีการบริหารจัดการที่สามารถลดค่าใช้จ่ายในกระบวนการให้กับเกษตรกรได้ก็จะเป็นผลดีกับเกษตรกร โดยหากนำมาผลิตเป็นชีวมวล อาจสามารถลดค่าใช้จ่าย

และเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรได้อีกทางหนึ่งด้วย หากกล่าวถึงชีวมวล ปัจจุบันมีความต้องการเป็นอย่างมากทั้งภายในประเทศ และต่างประเทศ รวมถึงมีการสนับสนุนจากหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภาครัฐและเอกชน เพื่อลดปัญหาการตัดไม้เพื่อนำมาเป็นเชื้อเพลิงทางความร้อน จากการศึกษาคุณสมบัติของชีวมวลจากทะลายปาล์มน้ำมันให้ค่าความร้อน 4,383 แคลลอรี่ต่อกกรัม [2] รวมถึงการศึกษชีวมวลจากผักตบชวาที่ให้ค่าความร้อนระหว่าง 4,700-5,700 แคลลอรี่ต่อกกรัม [3] และจากการศึกษา [5] ได้นำเปลือกมังคุดมาผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลสามารถให้ค่าความร้อนสูงถึง 5,920 แคลลอรี่ต่อกกรัม และมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับปริมาณเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทย [6] คาดว่ามีประมาณ 60 ล้านตัน ซึ่งหากมีการนำเอาเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาทำการแปรสภาพอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงชีวมวล เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการให้กับเกษตรกร ซึ่งจะทำให้ปัญหาเศษวัสดุเหลือทิ้งทางภาคการเกษตรลดน้อยลง

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องอัดแท่งชีวมวลจากเศษวัสดุทางการเกษตรแบบกึ่งอัตโนมัติ ประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องศึกษาคุณสมบัติของแท่งชีวมวล และประเมินความคุ้มค่าในการทำงาน

2. วิธีการวิจัย

2.1 การออกแบบและสร้างเครื่องอัดแท่งชีวมวล

โครงสร้างทำจากเหล็กฉากขนาด 5 x 5 x 0.3 เซนติเมตร และมีมิติของเครื่องขนาด 50 x 80 x 53 เซนติเมตร ดังภาพที่ 1 โดยใช้ต้นกำลังจากมอเตอร์กระแสสลับ 220 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ 13.7 แอมป์ 2.2 กิโลวัตต์ คำนวณจากสมการที่ (1) และ (2) (ดังรูปที่ 1ก1)

$$I = \frac{P}{V} \times PF \times \text{eff.} \quad (1)$$

$$P = V \times I \times PF \times \text{eff.} \quad (2)$$

โดยที่

I = กระแสมอเตอร์ (แอมป์)

V = แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)

P = กำลังไฟฟ้า (วัตต์)

PF = ตัวประกอบกำลังของมอเตอร์

eff. = ประสิทธิภาพของมอเตอร์

ในการออกแบบหาอัตราทด (ดังรูปที่ 1ก2) และความเร็วรอบในการหมุนของสกรุนำวัสดุ (ดังรูปที่ 1ก6) คำนวณจากสมการที่ (3) และ (4)

$$I = \frac{n_1}{n_2} \quad (3)$$

โดยที่

I = อัตราทด (รอบต่อนาที)

n_1 = ความเร็วรอบพูลเลย์ขับ (รอบต่อนาที)

n_2 = ความเร็วรอบพูลเลย์ตาม (รอบต่อนาที)

โดยที่

$$Q_s = k \frac{\pi}{4} ((D_f - D_s)^2 p n w C) \quad (4)$$

Q_s = อัตราขนถ่ายวัสดุ (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

k = ประสิทธิภาพในการบรรจุวัสดุลง

ระหว่างเกลียว = 1

D_f = เส้นผ่านศูนย์กลางของเกลียว (เซนติเมตร)

D_s = เส้นผ่านศูนย์กลางของเพลากลียว

(เซนติเมตร)

p = ระยะห่างระหว่างเกลียว (เซนติเมตร)

n = ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)

w = น้ำหนักของวัสดุ (กิโลกรัม)

C = แฟคเตอร์เนื่องจากมุมเอียงตามแนวรอบ = 1

ทำการสร้างแท่งอัดชีวมวล ด้วยกระบอกลูกเหล็กทรงกลมด้านในรูปทรงหกเหลี่ยมกลวงเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร (ดังรูปที่ 1ก7) รุกกลวงด้านในแท่งชีวมวลขนาด 0.5 เซนติเมตร และทำการตัดแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลด้วยหัวตัดใบมีดเฉียง 45 องศา โดยรับแรงจากปั๊มลมขนาด 100 ปอนด์ต่อตารางนิ้วส่งผ่านลมไปยังกระบอกลูกสูบ นิวแมติกส์แบบทางเดียว ขนาด 2.54 เซนติเมตร (ดังรูปที่ 1ก3) คำนวณจากสมการที่ (5) และ (6) โดยระยะ ความยาวของแท่งชีวมวลถูกกำหนดระยะความยาวด้วย Limit switch (ดังรูปที่ 1ก4)

$$A = \frac{D^2 \times \pi}{4} \quad (5)$$

$$Vt = \frac{Q}{A} \quad (6)$$

โดยที่

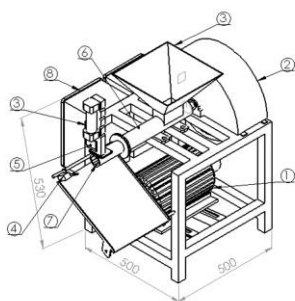
A = พื้นที่หน้าตัดของลูกสูบ (ตารางเซนติเมตร)

D = เส้นผ่านศูนย์กลางของลูกสูบ

(เซนติเมตร)

Vt = ความเร็วของลูกสูบ (เมตรต่อนาที)

Q = อัตราการไหลของอากาศที่ไหลเข้าสู่ลูกสูบ (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)



(ก)



(ข)

รูปที่ 1 ส่วนประกอบของเครื่องต้นแบบ

ก) ส่วนประกอบเครื่องต้นแบบ ข) เครื่องต้นแบบ

จากการออกแบบและสร้างเครื่องอัดแท่งชีวมวล มีข้อมูลจำเพาะของเครื่อง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลจำเพาะของเครื่องอัดแท่งชีวมวล แบบกึ่งอัตโนมัติ

	มิติเครื่องจักร
ความกว้าง	50 เซนติเมตร
ความยาวยาว	80 เซนติเมตร
ความสูง	53 เซนติเมตร
น้ำหนัก	45 กิโลกรัม
ความยาวใบมีด	10 เซนติเมตร
ระยะชักลูกสูบ	30 เซนติเมตร
เส้นผ่านศูนย์กลางสกรูอัด	9 เซนติเมตร
มอเตอร์	2.2 กิโลวัตต์

ปีมลม 100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

2.2 ประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องอัดแท่งชีวมวล

2.2.1 เตรียมตัวอย่างและการทดสอบตัวอย่าง

ในการทดสอบประกอบด้วย ใบปาล์มสด (ดังรูปที่ 2 ก) ใบกล้วยสด (ดังรูปที่ 2 ข) และใบตองเต้าสด (ดังรูปที่ 2 ค) โดยวัสดุทดสอบผ่านกระบวนการสับย่อยลดขนาด ด้วยเครื่องสับย่อยใบมีดแนวตั้ง น้ำหนักชนิดละ 45 กิโลกรัม



(ก)

(ข)

(ค)

รูปที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ

อัตราส่วนผสมของตัวอย่าง วัสดุทดสอบ : แป้งมันสำปะหลัง : น้ำเปล่า โดยใบปาล์มสดใช้อัตราส่วนผสม 1:0.5:0.5 ใบกล้วยสดใช้อัตราส่วนผสม 1:0.5:0.25 และใบตองเต้าสดใช้อัตราส่วนผสม 1:1:0.5 โดยน้ำหนัก ซึ่งอัตราส่วนผสมที่นำมาใช้กับตัวอย่างแต่ละชนิด ผ่านการทดสอบหาอัตราส่วนที่ผสมมาแล้วตัวอย่างละ 3 อัตราส่วนผสม โดยทำการวิเคราะห์จากลักษณะทางกายภาพของแท่งชีวมวล (การคงรูป) หลังการอัดแท่ง และนำอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดของแต่ละชนิดมากำหนดอัตราส่วนผสมในการทดสอบนำส่วนผสมทั้งหมดมาทำการผสมให้เป็นเนื้อเดียวด้วยเครื่องกวนผสมแบบใบกวนแนวนอน เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนทำการอัดแท่ง

2.2.2 การทดสอบอัดแท่งชีวมวล

1) ทำการทดสอบอัดแท่งชีวมวล จากวัสดุทดสอบ ทั้ง 3 ชนิด ด้วยอัตราส่วนผสมที่กำหนดโดยการอัดแท่งชีวมวลแบบต่อเนื่อง เฉลี่ยครั้งละ 5.5 กิโลกรัม

2) ทำการอัดแท่งชีวมวลด้วยความเร็วรอบของสกรูอัด 290 รอบต่อนาที ซึ่งเป็นความเร็วรอบที่ให้ค่าความสามารถของเครื่องและลักษณะทางกายภาพของแท่งชีวมวลได้ดีที่สุด โดยความเร็วรอบที่เหมาะสมมาจากการทดสอบหาความเร็วรอบในการทดสอบเบื้องต้น จำนวน 3 ความเร็วรอบ คือ 240, 290 และ 360 รอบต่อนาที ตามลำดับ ซึ่งมีช่วงความเร็วรอบในการอัดใกล้เคียงกับ [7] ที่มีช่วงความเร็วรอบ อยู่ในช่วง 200 – 500 รอบต่อนาที ปรับเปลี่ยน ความเร็วรอบด้วยการเปลี่ยนขนาดพูลเลย์ตัวตาม (n_2) ดังสมการที่ 3 ทำการทดสอบอัดวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิด ชนิดละ 3 ซ้ำ ทำการประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องอัดแท่งชีวมวล และหาค่าความสามารถของเครื่อง ดังสมการที่ (7) (8) (9) (10) และ (11) [8] ดังนี้

$$Ar = \frac{L}{T} \times 100 \quad (7)$$

$$Pr = \frac{N}{T} \times 100 \quad (8)$$

$$Qr = \frac{Q}{q} \times 100 \quad (9)$$

$$OEE = \frac{Ar}{100} \times \frac{Pr}{100} \times \frac{Qr}{100} \times 100 \quad (10)$$

$$Cp = \frac{c}{t} \quad (11)$$

โดยที่

Pr = ประสิทธิภาพการทำงาน (ร้อยละ)

Ar = อัตราความเร็วรอบในการใช้งาน (ร้อยละ)

Qr = อัตราคุณภาพ (ร้อยละ)

OEE = ประสิทธิภาพเครื่องจักรโดยรวม (ร้อยละ)

Cp = ความสามารถของเครื่อง (ร้อยละ)

T = เวลาที่เครื่องจักรอัดแท่งชีวมวล (ชั่วโมง)

L = เวลาการเดินเครื่องอัดแท่งชีวมวล (ชั่วโมง)

N = เวลาเดินเครื่องสุทธิ (ชั่วโมง)

= (เวลาเดินเครื่องเปล่า - L)

O = จำนวนแท่งชีวมวลที่ได้ตามข้อกำหนด (แท่ง)

q = จำนวนแท่งชีวมวลทั้งหมด (แท่ง)

c = น้ำหนักวัตถุดิบ (กิโลกรัม)

t = เวลาในการอัดแท่งชีวมวล (ชั่วโมง)

3) ทำการเก็บและบันทึกผลข้อมูล เวลา น้ำหนัก ความชื้น และลักษณะทางกายภาพของแท่งชีวมวล ดังสมการที่ (12) (13) และ (14)

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (12)$$

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (13)$$

$$C.V. = \frac{S.D.}{\bar{x}} \times 100 \quad (14)$$

โดยที่

$\sum_{i=1}^n x_i$ = ผลรวมของข้อมูลจากการวัดแท่งชีวมวล (ความยาว, ความกว้าง)

n = จำนวนแท่งชีวมวลทั้งหมด (แท่ง)

2.3 ศึกษาคุณสมบัติของแท่งชีวมวล และประเมินความคุ้มค่าในการทำงาน

ทำการลดความชื้นแท่งชีวมวล ด้วยเครื่องอบแบบอากาศร้อนเวียนกลับ (Fluidized bed) [9] เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำแท่งชีวมวลไปทำการวิเคราะห์หาค่าความร้อน ค่าความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณสารระเหย และปริมาณคาร์บอนคงตัว ดังสมการที่ (15) (16) (17) (18) (19) และ (20) ตามลำดับ

2.3.1 คำนวณหาค่าความร้อน ตามมาตรฐาน (ASTM D5865)

นำตัวอย่างแท่งชีวมวลมาทำการคำนวณหาค่าความร้อนแบบ Normal หาค่า Gross heat of combustion [10] ด้วยเครื่อง Bomb Calorimeter โดยคำนวณค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงได้ดังสมการที่ (15)

$$Q_t = \frac{TW - c_1 - c_2 - c_3}{m} \quad (15)$$

โดยที่

Q_t = ค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงรวม

(แคลลอรี่ต่อกรัม)

T = ค่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น (องศาเซลเซียส)

W = ค่าสมมูลย์ทางพลังงานของแคลลอรี่
มิเตอร์ (2,426 แคลลอรี่ต่อองศาเซลเซียส)

m = มวลของแท่งชีวมวลตัวอย่าง (กรัม)

c_1 = ค่าความร้อนที่เกิดจากการดไนตริก
(แคลลอรี่ต่อเซนติเมตร)

c_2 = ค่าความร้อนที่เกิดจากการดซัลฟูริก
(แคลลอรี่ต่อเซนติเมตร)

c_3 = ค่าความร้อนที่เกิดจากขดลวดไฟฟ้า
(แคลลอรี่ต่อเซนติเมตร)

2.3.2 คำนวณหาปริมาณความชื้น ตามมาตรฐาน (ASTM D3173)

นำตัวอย่างแท่งชีวมวลมาทำการคำนวณหาค่าความชื้น ดังสมการที่ (16)

$$M = \frac{(A-B)}{A} \times 100 \quad (16)$$

โดยที่

M = ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)

A = น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

B = น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

2.3.3 คำนวณหาปริมาณเถ้าตามมาตรฐาน (ASTM D3174)

นำตัวอย่างแท่งชีวมวลมาทำการคำนวณหาปริมาณเถ้าดังสมการที่ (17)

$$As = \frac{(K - Dc)}{F} \times 100 \quad (17)$$

โดยที่

As = ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)

K = น้ำหนักของเถ้าและถ้วยกระเบื้อง (กรัม)

Dc = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้อง (กรัม)

F = น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ (กรัม)

2.3.4 คำนวณหาปริมาณสารระเหยตามมาตรฐาน (ASTM D3175)

นำตัวอย่างแท่งชีวมวลมาทำการคำนวณหาปริมาณสารระเหย ดังสมการที่ (18) และ (19)

$$Wc = \frac{(G-h)}{G} \times 100 \quad (18)$$

โดยที่

Wc = น้ำหนักตัวอย่างที่หายไป (ร้อยละ)

G = น้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา (กรัม)

h = น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา (กรัม)

$$Lp = Wc - M \quad (19)$$

โดยที่

Lp = ปริมาณสารระเหย (ร้อยละ)

2.3.5 คำนวณหาปริมาณคาร์บอนคงตัว ตามมาตรฐาน (ASTM D3172)

นำตัวอย่างแท่งชีวมวลมาทำการคำนวณหาปริมาณคาร์บอนคงตัว ดังสมการที่ (20)

$$Fc = (M + As) + Lp \quad (20)$$

โดยที่

Fc = ปริมาณคาร์บอนคงที่ (ร้อยละ)

วิเคราะห์ความหนาแน่นของแท่งชีวมวล ดังสมการ (21)

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (21)$$

โดยที่

ρ = ความหนาแน่นของแท่งชีวมวล

(กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

m = มวลของแท่งชีวมวล (กรัม)

v = ปริมาตรของแท่งชีวมวล

(ลูกบาศก์เซนติเมตร)

2.3.6 คำนวณหาประสิทธิภาพการใช้งานเชิงความร้อน

นำแท่งชีวมวลมาทำการหาประสิทธิภาพการใช้งานเชิงความร้อน (หุงต้ม) [11] ดังสมการที่ (22)

$$HU = \frac{[m_1 c (T_2 - T_1)] + (m_1 - m_2)L}{mQ} \times 100 \quad (22)$$

โดยที่

HU = ประสิทธิภาพการใช้งาน (ร้อยละ)

m_1 = น้ำหนักเริ่มต้นของน้ำ (กรัม)

m_2 = น้ำหนักน้ำที่เหลือ (กรัม)

c = ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ

(1 แคลลอรี่ต่อองศาเซลเซียส)

L = ค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ

(540 แคลลอรี่ต่อกรัม)

m = มวลของแท่งชีวมวลเริ่มต้น (กรัม)

T_1 = อุณหภูมิของน้ำเริ่มต้น (องศาเซลเซียส)

T_2 = อุณหภูมิของน้ำสุดท้าย (องศาเซลเซียส)

2.3.7 ประเมินความคุ้มค่าในการทำงาน

ทำการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ของการใช้เครื่องอัดแท่งชีวมวล [12] ดังสมการที่ (23) และสมการที่ (24) ระยะเวลาคืนทุนเครื่องอัดแท่งชีวมวล (Pay-back period)

$$PBP = \frac{P}{R} \quad (23)$$

โดยที่

PBP = ระยะเวลาในการคืนทุน (ชั่วโมงต่อปี)

P = ราคาเครื่องจักร (บาท)

R = กำไรสุทธิต่อปี (บาทต่อปี)

จุดคุ้มทุนเครื่องอัดแท่งชีวมวล (Break-even point)

$$BEP = \frac{Fc}{Bc - Vc} \quad (24)$$

โดยที่

BEP = จุดคุ้มทุน (ชั่วโมงต่อปี)

Fc = ค่าใช้จ่ายคงที่ (บาท)

Bc = อัตราการรับจ้าง (บาทต่อชั่วโมง)

Vc = ค่าใช้จ่ายในการทำงาน (บาทต่อชั่วโมง)

3. ผลการวิจัย

เครื่องอัดแท่งชีวมวลแบบกึ่งอัตโนมัติ ทำการทดสอบกับวัสดุทดสอบ 3 ชนิด คือ ใบปาล์มสด ใบกล้วยสด และใบตองเต้าสด ตามลำดับ ได้ผลการทดสอบแท่งชีวมวลดังนี้

1) ลักษณะทางกายภาพของแท่งชีวมวล (ดังรูปที่ 3ก) น้ำหนัก ความเร็ว และความสามารถในการทำงานของเครื่องอัดแท่งชีวมวล จากการทดสอบแท่งชีวมวลจำนวน 315 แท่ง ดังตารางที่ 2-4



(ก)

(ข)



(ค)

รูปที่ 3 ลักษณะทางกายภาพของแท่งชีวมวล

ก) แท่งชีวมวลจากใบปาล์มสด

ข) แท่งชีวมวลจากใบกล้วยสด

ค) แท่งชีวมวลจากใบตองเต้าสด

ตารางที่ 2 น้ำหนักเฉลี่ยของแท่งซีเมนต์ (กรัม)

	Min	Max	$\bar{X}$	S.D.	%C.V.
ใบปาล์มสด	115.0	171.0	147.4	10.8	7.3
ใบกล้วยสด	8.0	19.0	13.8	2.1	15.2
ใบตองเต้าสด	21.7	65.2	39.2	6.9	17.6

ตารางที่ 3 ความเร็วเฉลี่ยของการอัดแท่งซีเมนต์ (วินาที)

	Min	Max	$\bar{X}$	S.D.	%C.V.
ใบปาล์มสด	8.0	19.0	13.85	2.10	15.22
ใบกล้วยสด	8.0	19.0	13.78	2.05	14.8
ใบตองเต้าสด	10.0	18.0	13.56	4.78	13.16

ตารางที่ 4 ความสามารถของเครื่องในการอัดแท่งซีเมนต์ (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

	Min	Max	$\bar{X}$	S.D.	%C.V.
ใบปาล์มสด	21.79	65.25	39.26	6.93	17.65
ใบกล้วยสด	29.93	80.10	43.85	7.30	16.66
ใบตองเต้าสด	24.20	59.04	40.32	6.28	15.59

2) ผลการทดสอบคุณสมบัติของแท่งซีเมนต์ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบคุณสมบัติของแท่งซีเมนต์

	Wbc	Wac	Mc	ρ	Hv	As	Vc	Fc
PL	147.47	133.45	9.507	0.029	4,237	15.23	45.13	69.867
BL	164.13	151.35	7.786	0.065	3,597	11.25	49.94	68.976
MbL	149.29	137.60	7.830	0.029	4,025	13.67	38.60	60.100

โดยที่

Wbc = น้ำหนักเปียกต่อแห้ง (กรัม)

Wac = น้ำหนักแห้งต่อแห้ง (กรัม)

Mc = ความชื้น (ร้อยละ)

Hv = ค่าความร้อน (แคลลอรี่ต่อกรัม)

As = ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)

Vc = ปริมาณสารระเหย (ร้อยละ)

Fc = ปริมาณคาร์บอนคงตัว (ร้อยละ)

ρ = ความหนาแน่น

(กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

PL = ใบปาล์ม

BL = ใบกล้วย

MbL = ใบตองเต้า

3) ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพการใช้งานเชิงความร้อน ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิและเวลาในการต้ม น้ำ เริ่มต้นจนถึงอุณหภูมิของน้ำสูงสุด และลักษณะแห้งชีวมวลขณะเผาไหม้

Typ	water	Time	Temperatur	Characteristi
e	maximum	(min)	e rise rate	c while
	Temperatur	Avg.	(°C min ⁻¹)	burning
	e		Avg.	500g Time ⁻¹
	(°C)			
PL	87	27.3	3.18	ติดไฟง่าย
		0		เผาไหม้เร็ว
BL	76	20.3	3.73	ติดไฟยาก
		5		เผาไหม้เร็ว
MbL	82	22.1	3.70	ติดไฟง่ายเผา
		5		ไหม้เร็ว

4) ผลการวัดประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอัดแท่งชีวมวล ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ประสิทธิภาพเครื่องอัดแท่งชีวมวลโดยรวม

Availability	Performance	Quality	OEE
Rate (%)	Efficiency(%)	Rate (%)	(%)
99.87	99.87	97.00	96.75

5) ผลการประเมินความคุ้มค่าในการทำงานของเครื่องอัดแท่งชีวมวล มีต้นทุนคงที่ 25,000 บาท อายุการใช้งาน 10 ปี และมีค่าเสื่อมราคาร้อยละ 5 ต่อปี ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลการประเมินความคุ้มค่าในการทำงานของการอัดแท่งชีวมวลทั้ง 3 ชนิด

	PBP	BEP
	(ชั่วโมงต่อปี)	(ชั่วโมงต่อปี)
ใบปาล์มสด	205.6	49.1
ใบกล้วยสด	180.8	43.2
ใบตองเต้าสด	199.2	47.5

4. อภิปรายผลการทดสอบ

จากการออกแบบและสร้างเครื่องอัดแท่งชีวมวลแบบกึ่งอัตโนมัติ มีกำลังการผลิตสูงสุด ประมาณ 43.8 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งมีค่าความสามารถใกล้เคียงกับ [4]

ซึ่งแท่งชีวมวลที่ได้ทำการทดสอบทั้ง 3 ชนิด เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าความร้อนที่ได้จากเศษวัสดุทางการเกษตรชนิดอื่น ๆ [13] ดัง รูปที่ 4 พบว่ามีค่าความร้อนใกล้เคียงกับเศษวัสดุทางการเกษตรชนิดอื่น ๆ ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นแหล่งเชื้อเพลิงให้ความร้อนทางเลือกให้กับเกษตรกรได้



รูปที่ 4 การเปรียบเทียบค่าความร้อน

ที่มา : สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้, 2550.

และหากทำการผลิตแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลในเชิงอุตสาหกรรม วัสดุทดสอบทั้ง 3 ชนิดมีค่าความร้อนอยู่ในช่วง 3,597- 4,237 แคลลอรีต่อกรัม ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานในการซื้อขายแท่งชีวมวล [14] โดยมีค่าความร้อนระหว่าง 3,000 – 5,000 แคลลอรีต่อกรัม ซึ่งผู้วิจัยเห็นว่าหากมีการนำวัสดุทดสอบทั้ง 3 ชนิดไปอัดแท่งชีวมวล ก็จะสามารถเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรอีกทางหนึ่งด้วย และทำให้เกิดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพ

5. สรุปผลการทดสอบ

เครื่องอัดแท่งชีวมวลแบบกึ่งอัตโนมัติ ที่สร้างขึ้นทำการทดสอบอัดแท่งชีวมวล รูปทรงหกเหลี่ยมที่มีความเร็วรอบ 290 รอบต่อนาที ความสามารถในการอัดแท่งชีวมวล 43.8 กิโลกรัมต่อชั่วโมงมีประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องร้อยละ 96.75 ให้ค่าความร้อน

ระหว่าง 3,597 - 4,237 แคลลอรีต่อกรัม จากการทดสอบต้มน้ำสามารถทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงสุด 87 องศาเซลเซียส ในช่วงระยะเวลา 20 - 27 นาที โดยมีระยะเวลาคืนทุนของเครื่องจักรอยู่ที่ 180 - 205 ชั่วโมงต่อปี และมีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 43 - 49 ชั่วโมงต่อปี

6. กิตติกรรมประกาศ

สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. เนื้อที่ใช้ประโยชน์ทางการเกษตร. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ; 2563.
- [2] ธราพงษ์ วิจิตรานันต์ และ สวัสดิ์ จันทรานุกัษ. การผลิตถ่านอัดก้อนที่มีคุณภาพสูงจากวัสดุเหลือใช้โดยใช้เครื่องอัดแท่งชนิดเกลียว. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2543.
- [3] นพพร สุดใจธรรม. การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากกาแฟ. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. นครปฐม: มหาวิทยาลัยมหิดล; 2553.
- [4] ผกามาศ น้อยสุวรรณ, กันตพงษ์ แซ่โล, พีรณัฐ อันสุรีย์ และ กิตติพงษ์ ลาคุณ. การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพเบื้องต้นของกากหม้อกรองในกระบวนการผลิตน้ำตาลสำหรับขึ้นรูปเป็นชีวมวลอัดเม็ด. วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ. 2564; 7(2): 105-19.

- [5] สังเวย เสวกวิหारी. ศักยภาพด้านพลังงานของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมังคุด. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร; 2555.
- [6] The Bangkok insight. ชีวมวล พลังงานสีเขียวเป็นมิตรต่อโลก. The Bangkok insight Editorial Team. (สื่อบนออนไลน์). [เข้าถึงเมื่อ วันที่ 1 กันยายน 2564]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.thebangkokinsight.com>.
- [7] พงษ์ศักดิ์ อยู่มั่น. การพัฒนาเครื่องอัดแท่งถ่านในรูปแบบเกลียวอัดเย็นสำหรับเชื้อเพลิงชีวมวลจากเศษวัสดุเหลือใช้ในกระบวนการผลิตกาแฟชุมชนและการหาคุณสมบัติทางเชื้อเพลิงจากผลิตภัณฑ์ถ่านอัดแท่ง. วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำปาง. 2559; 9(1): 34-48.
- [8] อนุศักดิ์ ฉันทไพศาล. การบำรุงรักษา. ซีอีโอเคชั่น: กรุงเทพฯ; 2557.
- [9] มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง. มผช. 238/2547. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.
- [10] Fuel Calorimetry Test. Department of Food Technology. Faculty of Agricultural Industrial Technology Rajamangala University of Technology Tawan-Ok ; 2021.
- [11] Thanapol T. Community-Based Renewable Energy from Biomass Briquettes Fuel from Coconut Leaf. Journal of Science and Technology. 2015; 23(3): 418-31.
- [12] จตุรงค์ ลังกาพันธุ์. การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมในการใช้เครื่องจักรกลเกษตรเบื้องต้น. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี: ปทุมธานี; 2563.
- [13] งานพัฒนาพลังงานจากไม้. รวมบทความงานวิจัย พ.ศ. 2525-2550. กลุ่มงานพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้; 2550.
- [14] SME in Focus ส่องตลาด Biomass 'ที่พีเอ็นกรีน' ผู้เปลี่ยนขยะเกษตรเป็นเชื้อเพลิง. SME Social Planet. (สื่อบนออนไลน์). [เข้าถึงเมื่อ วันที่ 1 กันยายน 2564]. เข้าถึงได้จาก : <https://www.bangkokbanksme.com>