

การศึกษาสมบัติด้านเชื้อเพลิงแข็งของเปลือกมะขามอัดแท่ง
โดยใช้เม็ดมะขามเป็นตัวประสาน

THE STUDY OF FUEL PROPERTIES OF TAMARIND SHELL
BRIQUETTES USING TAMARIND SEED AS A BINDER

มนตรี วงศ์ศิริวิทยา* วีรวุธ เลพล และสนิธ ปิ่นสกุล

Montree Wongsiriwittaya*, Wirawut Lephon and Sanit Phinsakul

บทคัดย่อ

บทความนี้ทำการศึกษาสมบัติด้านเชื้อเพลิงแข็งของเปลือกมะขามอัดแท่งที่ได้จากการนำเปลือกมะขามที่มีขนาดอนุภาค 1 และ 3 มิลลิเมตร โดยวิธีการอัดขึ้นรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงที่มีอัตราส่วนของมวลแห้งของเปลือกมะขาม ตัวประสานเม็ดมะขามบด และน้ำ ตามลำดับ เพื่อทำการอัดขึ้นรูปแท่งเชื้อเพลิงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร และความยาว 60 มิลลิเมตร ด้วยเครื่องอัดแท่งแบบมือโยก หลักจากที่ได้ตัวอย่างแท่งเชื้อเพลิงแล้วจะนำไปทำการทดลองสมบัติค่าความร้อนสูง และสมบัติทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิง ซึ่งพบว่าค่าความร้อนที่อัตราส่วน 90:5:5 ร้อยละโดยน้ำหนัก ตามลำดับ ทราบว่าแท่งเชื้อเพลิงจากเปลือกมะขามขนาดอนุภาค 3 มิลลิเมตร แสดงค่าความร้อนสูงที่ 17.05 เมกะจูลต่อกิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับแท่งเชื้อเพลิงขนาดอนุภาค 1 มิลลิเมตร ผลการทดลองแตกต่างเล็กน้อย แสดงว่าขนาดอนุภาค 1 และ 3 มิลลิเมตรมีผลต่อสมบัติค่าความร้อนสูงเล็กน้อย ต่อมาเป็นการทดลองทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิง ซึ่งแสดงผลการทดลองค่าความคงทนการแตกร่วนของแท่งเชื้อเพลิงที่ทุกอัตราส่วนการทดลองผ่านมาตรฐาน DIN EN 14961-2 โดยมีการแตกร่วนน้อยกว่าร้อยละ 2.5 ทั้งสองขนาดอนุภาค และผลการทดลองค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงที่ทุกการทดลองมีค่าความหนาแน่นที่ผ่านมาตรฐาน DIN 51731 ซึ่งต้องไม่น้อยกว่า $1,000 \text{ kg/m}^3$ และสุดท้ายการดูความชื้นของแท่งเชื้อเพลิงแสดงผลการดูความชื้นที่น้อยกว่าตัวอย่างเปลือกมะขาม ซึ่งเกิดจากการใช้ตัวประสานและการอัดขึ้นรูปทำให้ค่าการดูความชื้นน้อย

คำสำคัญ: ชีวมวลเปลือกมะขาม ค่าความร้อนแท่งเชื้อเพลิง สมบัติกายภาพแท่งเชื้อเพลิง

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

Faculty of Industrial Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Muang District, Phitsanulok Province 65000

*corresponding author e-mail: montree.w@psru.ac.th

Received: 28 August 2024; Revised: 20 November 2024; Accepted: 21 November 2024

DOI: <https://doi.org/10.14456/lsej.2024.33>

Abstract

This article investigates the thermal and physical properties of fuel rods made from tamarind peels with particle sizes of 1 mm and 3 mm. The fuel rods were formed by extruding a mixture of tamarind peels, crushed tamarind pulp, and water in a ratio of 90:5:5 by weight. This process produced rods with a diameter of 40 mm and a length of 60 mm, using a hand-operated charcoal press. The thermal and physical properties of the fuel rod samples were subsequently tested. The findings revealed that the fuel rod with a particle size of 3 mm exhibited the high heating value of 17.05 MJ/kg. A comparative analysis with the fuel rod made from 1 mm particles showed only slight differences in the experimental results, indicating that particle size had minimal effect on the high heating value. The next phase involved physical testing of the fuel rods, demonstrating that the durability of the fuel rods at each ratio met the DIN EN 14961-2 standard, with less than 2.5% rupture for both sizes. Additionally, density tests of the fuel blocks in all experiments showed values that met the DIN 51731 standard, which requires a density of at least 1,000 kg/m³. Finally, the moisture recovery value of the fuel rods was lower than that of the tamarind peel sample, attributed to the use of a binder and the blockage of pores, resulting in low moisture absorption.

Keywords: tamarind husk, high heating value, physical properties

บทนำ

ในปัจจุบันการพยายามนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้งานเพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุด เช่น การนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาผลิตเป็นพลังงานเชื้อเพลิง (Ninpanit et al., 2019) โดยใช้วัสดุเหล่านี้ในการผลิตแท่งเชื้อเพลิงในรูปแบบของถ่านอัดแท่ง ซึ่งสามารถทดแทนถ่านจากไม้ธรรมชาติได้ และสอดคล้องกับนโยบายรัฐบาลในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (Muangjai et al., 2020; Ninpanit et al., 2019) นอกจากนี้ถ่านอัดแท่งยังมีสมบัติทางเชื้อเพลิงที่ดีกว่าถ่านไม้ทั่วไป ด้วยคุณสมบัติที่ให้ความร้อนสูงและสม่ำเสมอ ไม่เกิดเปลวไฟ ไม่เกิดควันมาก ไม่แตกปะทุหรือเกิดประกายไฟ ชี้นำมีจำนวนน้อย ไม่มีกลิ่นเหม็น และใช้งานง่าย ไม่ดำติดมือมากเหมือนถ่านไม้ และประหยัดพื้นที่ในการจัดเก็บ (Jiang et al., 2020) ดังนั้นถ่านอัดแท่งได้รับความนิยมในการใช้เป็นเชื้อเพลิงในครัวเรือนและร้านอาหารประเภทปิ้งย่าง ถ่านอัดแท่งที่มีจำหน่ายในท้องตลาดภายในประเทศและส่งออกต่างประเทศส่วนใหญ่จะผลิตจากกะลามะพร้าว (Wang et al., 2019)

อย่างไรก็ตามในปัจจุบันต้นทุนราคากะลามะพร้าวเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากวัตถุดิบหายากมากขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยเห็นว่าควรใช้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรอื่น ๆ ในการผลิตถ่านอัดแท่งแทนกะลามะพร้าว เช่น ชีเลื้อย แกลบ ฟางข้าว กากอ้อย ชังข้าวโพด ผักตบชวา กะลามะพร้าว และถ่านเห้งหมันสำหรับหลัง กากมะพร้าว เปลือกทุเรียน เปลือกมังคุด กากชากาแฟ เปลือกเมล็ดกาแฟ และเปลือกมะขามเป็นต้น และจังหวัดพิษณุโลกมีกลุ่มแปรรูปผลิตภัณฑ์จากมะขาม ทั้งมะขามหวานและมะขามเปรี้ยว จึงเกิดปริมาณเปลือกมะขามมากมายที่ถูกกองทิ้งเป็นขยะ ถึงแม้ว่าจะมีงานวิจัยที่พยายามจะสร้างมูลค่าของเปลือกมะขามแต่ยังไม่ได้มีการนำไปใช้ประโยชน์จริง และสร้างมูลค่าของเปลือกมะขามที่สูงขึ้น (Iftikhar et al., 2019) ผู้วิจัยเห็นว่าควรนำเปลือกมะขามไปผลิตเป็นแท่งเชื้อเพลิง (Sykorova et al., 2024) ที่มีขั้นตอนการผลิตที่ง่ายและไม่ยุ่งยาก และสามารถใช้ในชีวิตรประจำวันสำหรับการหุงต้มในครัวเรือนได้ นอกจากนี้สมบัติของเปลือกมะขามยังสามารถนำไปใช้ผลิตแท่งเชื้อเพลิงได้อย่างดี

ดังนั้น การนำเปลือกมะขามไปใช้ผลิตแท่งเชื้อเพลิงเป็นวิธีหนึ่งที่มีความเป็นไปได้สูงและน่าสนใจเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร (Rahmat et al., 2023) ไม่เพียงเพื่อกำจัดขยะประเภทเปลือกมะขามเท่านั้น แต่ยังสร้างโอกาสให้กับผู้คนที่มีความรู้ทางธุรกิจในการผลิตแท่งเชื้อเพลิงจากเปลือกมะขาม (Muangjai et al., 2020)

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้ตัวอย่างชีวมวลเปลือกมะขามเปรี้ยวยักษ์ (*Giant Tamarind Peel*) ของกลุ่มมะขามเปรี้ยวยักษ์ ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก โดยแบ่งขั้นตอนการทดลองเป็น 3 ส่วนหลัก ๆ ด้วยกัน ได้แก่ 1) การเตรียมตัวอย่างมวลแห้งของเปลือกมะขามเปรี้ยวยักษ์ 2) การอัดถ่านแท่งที่อัตราส่วนต่างกัน และ 3) การวิเคราะห์สมบัติทางความร้อน ได้แก่ ค่าความร้อนสูง และสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความคงทนการแตกร่วน ค่าความหนาแน่น และค่าการดูดความชื้นของแท่งเชื้อเพลิง

1. การเตรียมตัวอย่าง จะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ 1) การเตรียมตัวอย่างชีวมวลโดยใช้เมล็ดมะขามมาบดให้มีขนาดอนุภาคน้อยกว่า 0.5 มิลลิเมตร และชั่งน้ำหนักเก็บไว้ และนำมวลแห้งของเปลือกมะขามบางส่วนทำการวิเคราะห์แบบประมาณ (proximate analysis) และการวิเคราะห์ส่วนประกอบ (ultimate analysis) เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้น (Onochie et al., 2017) ดังแสดงผลการวิเคราะห์ตารางที่ 1 (Table 1)

Table 1 Chemical compositions and energy contents of tamarind husks.

Property	Tamarind Husks (Samples)	References	
Proximate Analysis (on as-received basis, wt.%)		(Espinoza-Monje et al., 2024)	(Kuprianov & Arromdee, 2013)
Moisture content	10.25±0.85	8.86 ± 0.15	8.6
Volatile matter	65.50±1.10	-	66.8
Fixed carbon	19.35±0.20	-	21.7
Ash	4.50±0.55	-	2.9
Ultimate Analysis (on dry and ash-free basis, wt.%)			
C	56.10±2.50	53.62 ± 0.62	53.90
H	6.50±1.50	7.04 ± 0.10	5.92
N	0.50±0.10	-	0.63
O	37.50±3.10	38.98 ± 0.52	39.53
S	-	-	0.02
HHV (MJ/kg)	17.10±1.50	14.96	16.3

การทดลองในส่วนที่ 2) นำเปลือกมะขามเปรี้ยวที่ยังมีขนาดอนุภาค 1 และ 3 มิลลิเมตร โดยแยกเป็น 2 ขนาดการทดลอง หลังจากนั้นจะนำเข้าตู้อบแห้งที่อุณหภูมิ 105±3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อกระบวนการอบแห้งเสร็จสิ้น ตัวอย่างจะถูกเก็บรักษาในภาชนะหรือบรรจุภัณฑ์ที่สามารถป้องกันความชื้นได้ เพื่อคงสภาพและคุณสมบัติของตัวอย่างสำหรับการทดลองในขั้นตอนต่อไป

2. ขั้นตอนการอัดขึ้นรูปแท่งเชื้อเพลิง กระบวนการนี้จะใช้ส่วนผสมที่มีอยู่ด้วยกัน 3 ส่วน ได้แก่ มวลแห้งของเปลือกมะขามเปรี้ยวที่ยังมีขนาดอนุภาค 1 และ 3 มิลลิเมตร โดยเริ่มจากการนำเม็ดมะขามที่บดละเอียดผสมกับน้ำที่อัตราส่วน 1:1 ร้อยละโดยน้ำหนัก และนำไปต้มที่อุณหภูมิ 100±5 องศาเซลเซียส และคนให้เข้ากันเป็นระยะเวลา 1 นาที เพื่อใช้เป็นตัวประสาน และจากนั้นจะนำมวลแห้งของเปลือกมะขามเปรี้ยวที่ยังมีขนาดอนุภาค 1 และ 3 มิลลิเมตร ผสมกับตัวประสาน และน้ำ โดยแผนการทดลองจะมีด้วยกันทั้งหมด 3 อัตราส่วน โดยแต่ละอัตราส่วนเป็น 90:5:5, 85:10:5 และ 80:15:5 ร้อยละโดยน้ำหนักตามลำดับ และป้อนเข้าสู่เครื่องอัดแท่งแบบมือโยกที่แรงดัน 10 บาร์ ระยะเวลาอัด 1 นาที และได้ผลิตภัณฑ์ออกมาเป็นแท่งเชื้อเพลิง จากนั้นจะนำตัวอย่างแท่งเชื้อเพลิงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร และความยาว 60 มิลลิเมตร เพื่อนำไปอบไล่ความชื้นที่ 105±3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง และเก็บตัวอย่างเพื่อเตรียมสู่กระบวนการวิเคราะห์ต่อไป

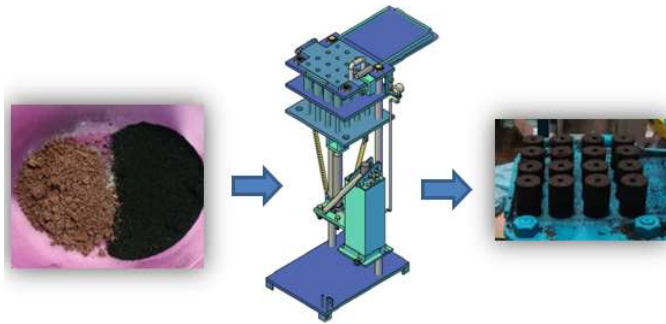


Figure 1 Hand-operated charcoal press.

3. การวิเคราะห์สมบัติของแท่งเชื้อเพลิง ได้แก่ ค่าความร้อนสูง ค่าความคงทนการแตกกร่อน ค่าความหนาแน่น และค่าการดูดความชื้นของแท่งเชื้อเพลิง ดังขั้นตอนต่อไปนี้

3.1 การวิเคราะห์สมบัติค่าความร้อนสูงแท่งเชื้อเพลิง

การวิเคราะห์โดยใช้เครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ ยี่ห้อ IKA รุ่น C 5000 ใช้ในการวัดปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นในกระบวนการเผาไหม้ของแท่งเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน ASTM D-1989 โดยใช้หลักการทำงานและกระแสไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านเส้นลวดเพื่อเกิดการจุดระเบิด ความร้อนจากกระบวนการเผาไหม้จะถูกถ่ายเทให้กับน้ำที่อยู่ภายในเครื่องบอมบ์ ทำให้ทราบอุณหภูมิของน้ำที่เพิ่มขึ้นซึ่งสามารถนำไปคำนวณหาค่าความร้อนสูงของแท่งเชื้อเพลิงได้

3.2 การวิเคราะห์ค่าความคงทนการแตกกร่อนของแท่งเชื้อเพลิง

การทดสอบหาค่าความคงทนการแตกกร่อนของแท่งเชื้อเพลิงอ้างอิงการทดลองตามมาตรฐาน ASTM D440-86 ด้วยการเปรียบเทียบน้ำหนักของแท่งเชื้อเพลิงก่อนและหลังได้รับการกระแทก เริ่มโดยการนำแท่งเชื้อเพลิงประมาณ 2 ถึง 3 แท่งเชื้อเพลิงไปใส่ในเครื่องทดสอบและเปิดเครื่องทดสอบให้ทำงาน โดยเครื่องทดสอบจะหมุนได้ที่ 50 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 10 นาที หลังจากนั้นเปิดฝาเครื่องทดสอบ และนำเศษผงที่เกิดจากการแตกกร่อนของแท่งเชื้อเพลิงมากรองในตะแกรงที่มีขนาดประมาณ 5 มิลลิเมตรและชั่งน้ำหนักของเศษผงที่กรองแล้ว และทำการจดบันทึกผลทดลองทุก ๆ อัตราส่วนที่ได้ขึ้นมา

การทดลองค่าความคงทนการแตกกร่อนของแท่งเชื้อเพลิง ได้ดำเนินการโดยสร้างกล่องสแตนเลสขนาด (300 × 300 × 125) มิลลิเมตร ที่มีใบกวนภายในที่มีความสามารถในการหมุนและขั้นตอนสุดท้ายนำผลการทดลองน้ำหนักของแท่งเชื้อเพลิงต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 97.5 โดยน้ำหนักเพื่อคำนวณเปรียบเทียบมาตรฐาน

3.3 ค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิง

การหาความหนาแน่นจากสมการที่ 1 คือ การหาค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงโดยการนำไปชั่งน้ำหนัก และหาค่าปริมาตร (Adesanya et al., 2024)

$$\rho = \frac{M(g)}{V(ml)} \times 1000 \left(\frac{kg}{m^3} \right) \dots \dots \dots (1)$$

เมื่อ	ρ	คือ ความหนาแน่นแห้งเชื้อเพลิง	(กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
	m	คือ น้ำหนักของตัวอย่าง	(กิโลกรัม)
	V	คือ ปริมาตรของตัวอย่าง	(ลูกบาศก์เมตร)

3.4 ค่าการดูดความชื้น

ค่าการดูดความชื้นของแห้งเชื้อเพลิงที่ผ่านการอบแห้งอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นจะนำแห้งเชื้อเพลิงตัวอย่างมาทำการดูดความชื้นด้วยวิธีการวางไว้ในห้องทดลอง 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 55 โดยน้ำหนัก (Chen et al., 2018) และใช้สมการที่ 2 เพื่อคำนวณหาอัตราการดูดความชื้นของตัวอย่างการทดลอง เพื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักการดูดความชื้นของมวลแห้งของเปลือกมะขามเปรี้ยวยักษ์ โดยใช้เครื่อง THERMO-HYGROMETER รุ่น HY-303C ที่มีทศนิยม 2 ตำแหน่งวัดอุณหภูมิและความชื้น (Wongsiriwittaya et al., 2023)

$$EMC (\%) = \frac{m_{wet} - m_{dried}}{m_{dried}} \times 100 \dots \dots \dots (2)$$

โดยที่ m_{wet} คือน้ำหนักของตัวอย่างหลังการทดลอง และ m_{dried} คือน้ำหนักของตัวอย่างก่อนการทดลอง และการทดลองทั้งหมดทำการชั่งน้ำหนักทุก 1 ชั่วโมงเป็นเวลาทั้งหมด 24 ชั่วโมง และการทดลองนี้ได้เก็บข้อมูลทั้งหมด 3 ชั่วโมงต่อตัวอย่างการทดลอง

ผลการวิจัย

การทดลองแห้งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนต่างกัน และได้ผลการทดลอง ได้แก่ 1) ผลการการวิเคราะห์ค่าความร้อนสูงของแห้งเชื้อเพลิง 2) สมบัติทางกายภาพของแห้งเชื้อเพลิง คือ ค่าความร้อนสูง ค่าความคงทนการแตก่วน ค่าความหนาแน่น และค่าการดูดความชื้นของแห้งเชื้อเพลิง

1. ผลการวิเคราะห์ค่าความร้อนสูงของแห้งเชื้อเพลิง

ผลการทดลองค่าความร้อนสูงของแห้งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วน 90:5:5, 85:10:5 และ 80:15:5 ตามลำดับร้อยละโดยน้ำหนัก และเทียบกับขนาดของอนุภาค 1 และ 3 มิลลิเมตร ทราบผลการทดลองที่อัตราส่วน 90:5:5 และขนาดอนุภาคที่ 3 มิลลิเมตรให้ค่าความร้อนสูงที่ 17.05 เมกะจูลต่อกิโลกรัม เมื่อเทียบกับขนาดอนุภาคที่ 1 มิลลิเมตร มีความแตกต่างกันเล็กน้อย ดังภาพที่ 2 (Figure 2) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้ขนาดอนุภาคที่ 1 และ 3 มิลลิเมตร มีความแตกต่างกันน้อยมาก และยังแสดงให้เห็นถึงการใช้อัตราส่วนแตกต่างกัน เมื่อเทียบกับอัตราส่วนที่ 85:10:5 ร้อยละโดยน้ำหนัก ขนาดของอนุภาค 1 และ 3 มิลลิเมตร ค่าความร้อนสูงเป็น 16.25 และ 16.50 เมกะจูลต่อกิโลกรัม

ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าค่าความร้อนสูงที่หายไปเกิดจากการใช้ตัวประสานและน้ำในการอัดขึ้นรูปเป็นถ่าน จึงทำให้ค่าความร้อนสูงลดลง

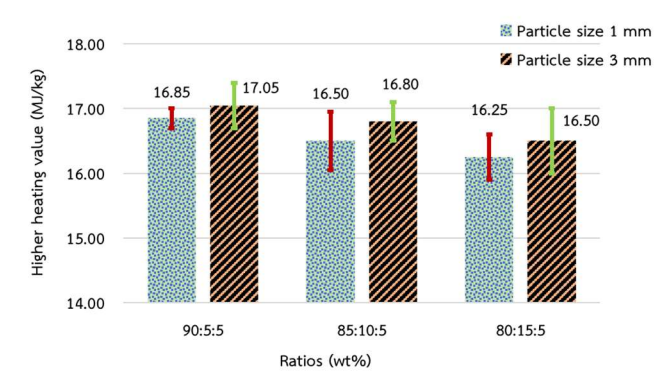


Figure 2 The experiment on the higher heating value.

จากภาพที่ 2 (Figure 2) แสดงให้เห็นว่าขนาดอนุภาคที่ใหญ่กว่ามีผลต่อค่าความร้อนที่สูงกว่าเมื่อเทียบกับขนาดที่เล็กกว่า (Rahman et al., 2024) และแสดงถึงความแตกต่างกันเล็กน้อยเนื่องจากการใช้ขนาดอนุภาคที่ไม่ได้แตกต่างกันมาก

2. ผลการวิเคราะห์ค่าความคงทนการแตกร่วนของแท่งเชื้อเพลิง

ผลการวิเคราะห์ค่าความคงทนการแตกร่วนของแท่งเชื้อเพลิง ที่อัตราส่วน 90:5:5, 85:10:5 และ 80:15:5 ตามลำดับร้อยละโดยน้ำหนัก แสดงภาพที่ 3 (Figure 3) การทดลองทราบว่าที่ทุกอัตราส่วนผ่านมาตรฐาน DIN EN 14961-2 และผลค่าความคงทนการแตกร่วนน้อยกว่าร้อยละ 2.5 และอัตราส่วนที่มีการแตกร่วนน้อยที่สุดคือ อัตราส่วนที่ 80:15:5 ทั้ง 2 ขนาด และการทดลองนี้ทราบว่า การใช้ตัวประสานเม็ดมะขามมีผลที่ดีต่อการประสานอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิง และการลดขนาดอนุภาคมีผลต่อค่าความคงทนการแตกร่วน (Zhang et al., 2010)

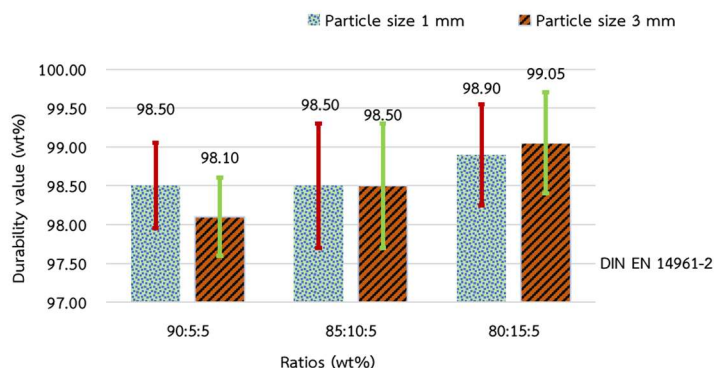


Figure 3 Durability analysis results.

ดังนั้นจึงไม่สามารถสรุปได้ว่าขนาดอนุภาคเล็กลงจะดีที่สุดเสมอไป โดยมีกรณีที่อนุภาคขนาดใหญ่กว่าอาจจะมีประสิทธิภาพในการใช้งานมากกว่าในบางสถานการณ์ตามที่งานวิจัยของ (Zhang et al., 2010) ชี้ให้เห็น ซึ่งการเลือกขนาดของอนุภาคจึงต้องพิจารณาปัจจัยเฉพาะของชีวมวลและสภาวะการประมวลผล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานให้สูงสุด

3. ผลการวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิง

ผลการทดลองค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงจากเปลือกมะขาม ซึ่งได้ทำการทดลองหาค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน DIN 51731 ซึ่งค่ามาตรฐานต้องมีผลค่าน้ำหนักไม่น้อยกว่า 1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และทราบว่าที่ทุกการทดลองผ่านมาตรฐานดังภาพที่ 4 (Figure 4)

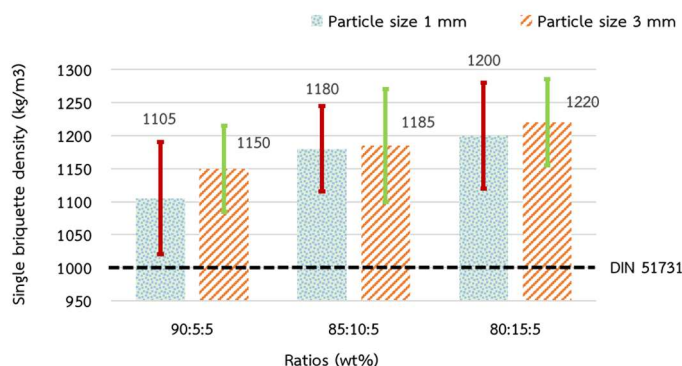


Figure 4 Single density analysis results.

จากผลการทดลองทราบว่าอัตราส่วนที่ 80:15:5 มีค่าความหนาแน่นมากที่สุดแต่มีผลต่อค่าความร้อนสูงเล็กน้อย ซึ่งเกิดจากการใช้อัตราส่วนของตัวประสาน และยังทราบว่าขนาดของอนุภาคมีผลต่อค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิง แต่ขนาดที่เหมาะสมที่สุดนั้นขึ้นอยู่กับประเภทของชีวมวลและระดับความชื้น (Jagtap & Kalbande, 2023)

4. ผลการวิเคราะห์ค่าการดูดความชื้นของแท่งเชื้อเพลิง

การทดลองค่าการดูดความชื้นของแท่งเชื้อเพลิงโดยวิธี Equilibrium moisture content (EMC) ด้วยการทดลองแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนและขนาดต่างกัน และนำผลมาเปรียบเทียบกับตัวอย่างของมวลแห้งของเปลือกมะขามแสดงภาพที่ 5 (Figure 5) ทราบว่ามีค่าการดูดความชื้นน้อยกว่าตัวอย่างมวลแห้งของเปลือกมะขามร้อยละโดยน้ำหนัก ซึ่งมีผลเกิดจากการที่ใช้ตัวประสานและมีการอัดต้นรูปของจึงทำให้การดูดความชื้นน้อยกว่า และภาพที่ 5 (Figure 5) ยังแสดงปริมาณการดูดความชื้นที่ลดลงเมื่อใช้ตัวประสานที่ร้อยละน้ำหนักที่มากขึ้น (Wongsiriwittaya et al., 2023)

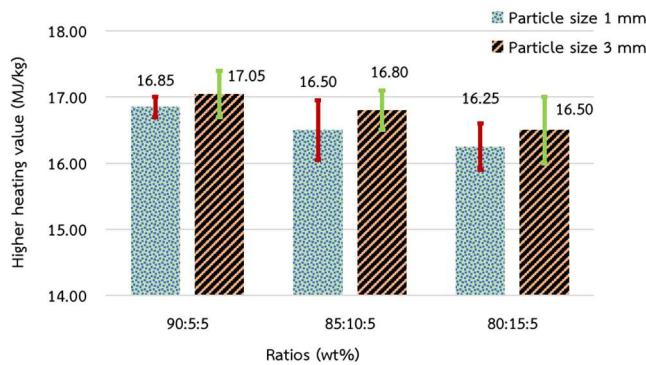


Figure 5 Equilibrium moisture content analysis results.

อภิปรายผล

การทดลองเพื่อศึกษาคุณสมบัติทางความร้อนและทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิงที่ทำจากมวลแห้งของเปลือกมะขามเปรี้ยวยักษ์และใช้เม็ดมะขามเป็นตัวประสาน และผลการทดลองแสดงให้เห็นข้อมูลเชิงลึกที่สำคัญเกี่ยวกับสมบัติของแท่งเชื้อเพลิงเหมาะกับการเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียน ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าขนาดอนุภาคทดลองที่ต่างกันของมวลแห้งของเปลือกมะขามมีผลต่อค่าความร้อนสูงเล็กน้อย และสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความคงทนการแตกร่วน ความหนาแน่น และการดูดความชื้นของแท่งเชื้อเพลิงเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM

1. สมบัติทางความร้อนสูงของแท่งเชื้อเพลิง

ค่าความร้อนสูงของแท่งเชื้อเพลิงมีความแตกต่างเพียงเล็กน้อยระหว่างขนาดอนุภาค 1 และ 3 มิลลิเมตร ซึ่งบ่งบอกถึงประสิทธิภาพทางความร้อนสูงที่ดีและเหมาะสมเป็นเชื้อเพลิงแข็งได้ดี (Adesanya et al., 2024)

อัตราส่วนที่ต่างกันส่งผลต่อค่าความร้อนสูงของแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วน 90:5:5 ให้ค่าความร้อนสูงสุดที่ 17.05 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ขณะที่อัตราส่วน 80:15:5 ค่าความร้อนสูงลดลงจาก 16.50 เป็น 16.25 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ซึ่งแสดงว่าการเพิ่มตัวประสานและน้ำมีผลทำให้ค่าความร้อนสูงลดลง

2. สมบัติทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิง

ผลการทดลองค่าความคงทนแสดงให้เห็นว่าแท่งเชื้อเพลิงเป็นไปตามมาตรฐานอุตสาหกรรม ซึ่งแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการใช้งานจริง (Intiya et al., 2024)

3. การทดลองค่าความคงทนการแตกร่วนของแท่งเชื้อเพลิง

ผลการทดลองทราบว่าอัตราส่วนที่ต่างกันมีผลต่อค่าความคงทนการแตกร่วนของแท่งเชื้อเพลิง แม้ว่าทุกอัตราส่วนจะผ่านมาตรฐาน DIN EN 14961-2 แต่พบว่าอัตราส่วน 80:15:5 มีการแตกร่วนน้อยที่สุด แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มตัวประสานมีผลดีต่อการเสริมความแข็งแรงของแท่งเชื้อเพลิง

4. การทดลองความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิง

แสดงให้เห็นว่าเป็นไปตามมาตรฐาน DIN 51731 ซึ่งจำเป็นต่อประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิง (Sathish et al., 2024) แม้ว่าผลการวิจัยจะเน้นย้ำถึงประสิทธิภาพของมวลแห้งของเปลือกมะขามในการผลิตแท่งเชื้อเพลิง แต่การวิจัยเพิ่มเติมอาจพิจารณาถึงการปรับปรุงองค์ประกอบของสารยึดเกาะ

5. การทดลองค่าการดูดความชื้นของแท่งเชื้อเพลิง

ผลการทดลองจะต่ำกว่าของมวลแห้งของเปลือกมะขาม ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้ตัวประสานที่ได้จากเมล็ดมะขามบดผสมกับน้ำ ซึ่งผลต่อการยึดเกาะและการดูดซึมน้ำ (Jekayinfa et al., 2024) ซึ่งได้ผลดีต่อการต้านดูดความชื้นได้ดี

การพัฒนาแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลจากวัสดุเหลือทิ้ง เช่น เปลือกมะขามและการใช้ตัวประสานจากเมล็ดมะขาม ไม่เพียงแต่ช่วยลดของเสียในชุมชน แต่ยังสร้างโอกาสในการสร้างรายได้ โดยชุมชนสามารถรวบรวมและแปรรูปชีวมวลเปลือกมะขามเหลือทิ้งเหล่านี้ให้กลายเป็นเชื้อเพลิงแท่งที่มีคุณภาพและสามารถจำหน่ายได้ทั้งในระดับท้องถิ่นและระดับอุตสาหกรรม

สรุปผลการวิจัย

การทดลองแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนต่างกันแบ่งผลการทดลองเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 1) ผลการวิเคราะห์ค่าความร้อนสูงของแท่งเชื้อเพลิง และ 2) ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิง ซึ่งประกอบด้วยค่าความคงทนการแตกร่วน ค่าความหนาแน่น และค่าการดูดความชื้น

การทดลองสมบัติทางความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงที่มีค่าความร้อนสูงของการทดลองที่อัตราส่วน 90:5:5 ของแท่งเชื้อเพลิงขนาดอนุภาค 3 มิลลิเมตร มีค่าความร้อนสูงสุดที่ 17.05 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ซึ่งเปรียบเทียบกับแท่งเชื้อเพลิงขนาดอนุภาค 1 มิลลิเมตร ผลการทดลองแตกต่างกันเล็กน้อย แสดงว่าแท่งเชื้อเพลิงขนาดอนุภาค 1 และ 3 มิลลิเมตร มีผลต่อค่าความร้อนสูงน้อยมาก ผลการทดลองค่าความคงทนการแตกร่วนของแท่งเชื้อเพลิง พบว่าทุกอัตราส่วนผ่านมาตรฐาน DIN EN 14961-2 โดยมีการแตกร่วนน้อยกว่าร้อยละ 2.5 ทั้งสองขนาด และการใช้ตัวประสานเมล็ดมะขามมีผลต่อการอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิง เป็นค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงเชื้อเพลิง พบว่าทุกการทดลองมีค่าความหนาแน่นที่ผ่านมาตรฐาน DIN 51731 ซึ่งต้องไม่น้อยกว่า 1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และสุดท้ายค่าการดูดความชื้นของแท่งเชื้อเพลิง พบว่าค่าการดูดความชื้นของแท่งเชื้อเพลิงน้อยกว่าตัวอย่างของมวลแห้งของเปลือกมะขาม ซึ่งเกิดจากการใช้ตัวประสานและการอัดตัวร่วน ทำให้ค่าการดูดความชื้นน้อยลง และการใช้ตัวประสานที่ร้อยละน้ำหนักมากขึ้นทำให้การดูดความชื้นลดลง

การผลิตแท่งเชื้อเพลิงสามารถนำไปจำหน่ายให้กับครัวเรือน โรงแรม ร้านอาหาร หรือโรงงานขนาดเล็กที่ต้องการพลังงานทดแทน ซึ่งลดค่าใช้จ่ายเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงฟอสซิล นอกจากนี้ การผลิตแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลยังสร้างงานในชุมชน ทั้งในส่วนของกระบวนการรวบรวมวัตถุดิบ การผลิต และการจัดจำหน่าย นับเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับชุมชนและสร้างเศรษฐกิจหมุนเวียนที่ยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยความร่วมมือของ นักศึกษา อาจารย์และเจ้าหน้าที่ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พร้อมทั้งสถานที่ในการทำวิจัย และความอนุเคราะห์อุปกรณ์ และเครื่องมือในการวิจัย ขอขอบคุณกลุ่มปลูกมะขามเปรี้ยวยักษ์ จังหวัดพิษณุโลก สำหรับข้อมูลและวัตถุดิบมวลแห้งของเปลือกมะขามเปรี้ยวยักษ์ใช้ในการทดลอง งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ประเภททุนนักวิจัย รุ่นใหม่ และนวัตกรรมรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ 2565 สัญญารับทุนเลขที่ RDI-2-65-34

เอกสารอ้างอิง

- Jagtap A, Kalbande S. Effect of Moisture Content and Particle Size on Characteristics of Fuel Pellets Using Flat Die Type Pelleting Machine. *International Journal of Environment and Climate Change* 2023; 13(7):174-182.
- Adesanya SA, Ibrahim JS, Kuhe A, Ndah AA. Assessment of mechanical, physical, and thermal characterization of jujube seed shell briquettes. *Bioresource Technology Reports* 2024; 26: doi:10.1016/j.biteb.2024.101868.
- Chen WH, Lin BJ, Colin B, Chang JS, Pétrissans A, Bi X, Pétrissans M. Hygroscopic transformation of woody biomass torrefaction for carbon storage. *Applied Energy* 2018; 231:768-776.
- Espinoza-Monje JF, Garcés HO, Díaz J, Adam R, Lazo J, Muñoz R, Azócar L. Investigating the properties of shrub biomass pellets through additive and sawdust admixing. *Renewable Energy* 2024; 229: 115-128.
- Iftikhar M, Asghar A, Ramzan N, Sajjadi B, Chen Wy. Biomass densification: Effect of cow dung on the physicochemical properties of wheat straw and rice husk based biomass pellets. *Biomass and Bioenergy* 2019; 1221-16.
- Intiya W, Hatthapanit K, Thaptong P, Sae-Oui P. Application of tamarind shell as a green additive in Natural Rubber. *Polymers* 2024; 16(4):159-168.
- Jekayinfa SO, Abdulsalam IA, Ola FA, Akande FB, Orisaleye JI. Effects of binders and die geometry on quality of densified rice bran using a screw-type laboratory scale pelleting machine. *Energy Nexus* 2024; 13:223-238.
- Jiang L, Xue B, Ma Z, Yu L, Huang B, Chen X. A life-cycle based co-benefits analysis of biomass pellet production in China. *Renewable Energy* 2020; 154:445-452.
- Kuprianov VI, Arromdee P. Combustion of peanut and tamarind shells in a conical fluidized-bed combustor: a comparative study. *Bioresour Technol* 2013; 140:199-210.
- Muangjai P, Wongsapai W, Bunchuaidee R, Tridech N, Damrongsak D, Ritkrerkrai C. Marginal abatement cost of electricity generation from renewable energy in Thailand. *Energy Reports* 2020; 6:767-773.

- Ninpanit P, Malik A, Wakiyama T, Geschke A, Lenzen M. Thailand's energy-related carbon dioxide emissions from production-based and consumption-based perspectives. *Energy Policy* 2019;133:110877.
- Onochie UP, Obanor AI, Aliu SA, Ighodaro OO. Proximate and ultimate analysis of fuel pellets from oil palm residues. *Nigerian Journal of Technology* 2017;36:987-990.
- Zhang Q, Zhang P, Pei Z. Effects of particle size on cellulosic biomass pellets: A Literature Review 2010; 487-495.
- Rahmat A, Sutiharni S, Elfina Y, Yusnaini Y, Latuponu H, Minah FN, Mutolib A. Characteristics of tamarind seed biochar at different pyrolysis temperatures as waste management strategy: Experiments and Bibliometric Analysis. *Indonesian Journal of Science and Technology* 2023;8(3):517-538.
- Sathish KRK, Sasikumar R, Nagaprasad N, Ezhilvannan R, Krishnaraj R, Randhawa KS. Investigation of mechanical and thermal stabilities of tamarind seed- and peanut shell powder-reinforced vinyl ester composite. *Advances in Materials Science and Engineering* 2024;24:1-9.
- Sykorova V, Jezerska L, Sassmanova V, Honus S, Peikertova P, Kielar J, Zidek M. Biomass pellets with organic binders - before and after torrefaction. *Renewable Energy* 2024;221:58-69.
- Wang Y, Sun Y, Wu K. Methods to determine the interactions between the biomass and the pellet channel during biomass pelletizing process. *Waste and Biomass Valorization* 2019;124:23-35.
- Wongsiriwittaya M, Chompookham T, Bubphachot B. Improvement of higher heating value and hygroscopicity reduction of torrefied rice husk by torrefaction and circulating gas in the system. *Sustainability* 2023;15(14):895-889.