



Mosquito repellent charcoal extract from coconut shells mixed with dried kaffir lime peel powder

^{1*}Kedsadaphon Wongsim & ²Nattawan Anarsa

^{1,2}Energy and Environmental Engineering, Faculty of Engineering,
Rajabhat Maha Sarakham University.

*Corresponding author: k_wongsim@hotmail.com

Received
01/10/2024

Reviewed
30/11/2024

Revised
09/12/2024

Accepted
11/12/2024

Abstract

The objective of this research is to develop a briquette charcoal from coconut shell with dried bergamot skin that can repel mosquitoes. By finding the combustion efficiency of charcoal briquettes and the mosquito repelling efficiency in various ratios as follows: ratio 1 (1000: 60), ratio 2 (1000: 200: 100) and ratio 3 (1000: 500: 100). (Coconut shell charcoal: dry bergamot skin powder: Cassava flour) After that, the researchers took the charcoal briquette from the coconut shell charcoal with the dried kaffir lime in all 3 ratios to test the combustion efficiency and mosquito repellent efficiency. The calorific value increases, the 3rd ratio is the ratio with the best calorific value of 348.6681 KJ / kg. The 1st ratio : minimum moisture content is 5.9081%, which causes a small amount of ash. And the 2nd ratio : best density at 882.72 Kg / m³. The average combustion rate is 3.05 grams per minute. It can be used to cook well. No cracking Very flammable. In addition, the efficiency of mosquito repellent from charcoal from coconut shell with dry bergamot skin. The best repellent ratio was the 3rd ratio. It took 10 minutes for every mosquito to fall to the ground.

Keywords: Charcoal briquettes; coconut shell charcoal; Kaffir lime peel powder



การพัฒนาเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งไผ่จากกะลามะพร้าวผสมผงผิวมะกรูดแห้ง

^{1*}เกศดาพร วงษ์ขี้ม และ²ณัฐวรรณ อันอาษา

^{1,2}สาขาวิศวกรรมพลังงานและสิ่งแวดล้อม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

*ผู้นิพนธ์หลัก: k_wongsim@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมผงผิวมะกรูดแห้งที่สามารถไผ่ได้โดยทำการหาประสิทธิภาพในการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งและประสิทธิภาพในการไผ่ในอัตราส่วนต่างๆดังนี้ อัตราส่วนที่1(1000:0:60) อัตราส่วนที่2 (1000:200:100) และอัตราส่วนที่3(1000:500:100) (กะลามะพร้าว:ผงผิวมะกรูดแห้ง:แป้งมันสำปะหลัง) จากนั้นผู้วิจัยได้นำถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวผสมผงผิวมะกรูดแห้งทั้ง 3 อัตราส่วนไปทำการทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้และประสิทธิภาพการไผ่ของถ่านอัดแท่ง พบว่า การใส่ผงผิวมะกรูดทำให้มีค่าความร้อนเพิ่มขึ้น อัตราส่วนที่3 จึงเป็นอัตราส่วนที่มีค่าความร้อน ดีที่สุดคือ 348.6681 KJ/kg อัตราส่วนที่1 มีค่าความชื้นน้อยที่สุดคือ 5.9081% ซึ่งทำให้มีปริมาณถ่านน้อย และอัตราส่วนที่ 3 ให้ความหนาแน่นได้ดีที่สุดอยู่ที่ 882.72 Kg/m³ อัตราการเผาไหม้เฉลี่ย 3.05 กรัมต่อนาที สามารถใช้งานหุงต้มได้ดี ไม่มีการแตกปะทุ ติดไฟได้ดีมาก และนอกจากนั้นยังพบว่า ประสิทธิภาพการไผ่ของถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมผงผิวมะกรูดแห้ง อัตราส่วนที่ไผ่ได้ดีที่สุดคือ อัตราส่วนที่ 3 ใช้เวลา10นาทีกในการทำให้ยางตกลงสู่พื้นได้ทุกตัว

คำสำคัญ: ถ่านอัดแท่ง; ถ่านกะลามะพร้าว; ผงผิวมะกรูด



บทนำ

พลังงานเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิตในปัจจุบัน โดยเฉพาะพลังงานเชื้อเพลิง มีปริมาณการใช้เพิ่มสูงขึ้น ถ่านและฟืนเป็นพลังงานเชื้อเพลิงชนิดหนึ่งที่นิยมใช้กันมากในครัวเรือน และธุรกิจร้านอาหารสำหรับประกอบอาหารประเภทปิ้งย่าง แต่เนื่องจากทรัพยากรป่าไม้ในประเทศไทยมีปริมาณลดลง จึงมีการนำเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมการเกษตรมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงในรูปแบบของถ่านอัดแท่ง เพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนที่อาจหมดไปในอนาคต และช่วยอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรหลักที่สามารถนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทน ได้แก่ แกลบและฟางข้าว ชานอ้อย กากและกะลาปาล์ม กะลามะพร้าว ฯลฯ จากการประเมินศักยภาพของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจากพืช 10 ชนิดที่มีศักยภาพสูง ได้แก่ อ้อย ข้าว น้ำมันปาล์ม มะพร้าว มันสำปะหลัง ข้าวโพด ถั่วลิสง ฝ้าย ถั่วเหลืองและฟางข้าว ถ่านกะลามะพร้าวได้รับความสนใจเพราะสะดวกในการใช้งาน เก็บรักษาง่าย ติดไฟทนนาน ให้พลังงานความร้อนสม่ำเสมอ ไม่มีควันและไม่เกิดประกายไฟ ในขณะจุดติดหรือเผาไหม้ (Anantanukulwong et al., 2019) มะกรูดเป็นพืชสมุนไพรพื้นบ้าน กลิ่นของมะกรูด เป็นกลิ่นที่ขมและแมลงส่วนใหญ่ไม่ชอบ จึงสามารถนำมาใช้เพื่อไล่ยุง และแมลงได้ น้ำมันหอมระเหยจากใบมะกรูด มีฤทธิ์ป้องกันยุง 3 ชนิด คือ ยุงลายบ้าน ยุงก้นปล่อง และยุงรำคาญ ซึ่งมีฤทธิ์ป้องกันยุงกัดได้นาน 3 ชั่วโมง ส่วนเปลือกของมะกรูดมาตากจนแห้ง จากนั้นนำไปเผาไฟ กลิ่นของมะกรูดจะทำให้ยุงหนีไปได้ (Kongtanchanpak, 2015)

ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญดังกล่าวจึงมีความสนใจที่จะนำกะลามะพร้าวและผิวมะกรูดแห้งมาพัฒนาในการผลิตเป็นพลังงานทดแทนเพื่อช่วยลดการใช้พลังงานจากถ่านไม้ธรรมชาติและยังเป็นการเพิ่มศักยภาพของถ่านอัดแท่งให้สามารถไล่ยุงได้ด้วย

วิธีการวิจัย

1. ศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวผสมผงผิวมะกรูดแห้ง
 - 1.1 นำถ่านกะลามะพร้าวที่ได้จากการเผา มาบดด้วยเครื่องบดละเอียดจนเป็นกลายเป็นผงถ่าน
 - 1.2 นำผิวมะกรูดแห้งที่ได้จากการตากแดด มาบดด้วยเครื่องบดละเอียดจนเป็นกลายเป็นผง
 - 1.3 เตรียมตัวประสาน โดยใช้แป้งมันสำปะหลังละลายในน้ำ จากนั้นตั้งไฟต้มน้ำให้เดือดแล้วใส่แป้งมันสำปะหลังที่ละลายน้ำแล้วลงไปให้น้ำเดือดจนให้แป้งมันกลายเป็นกาวแป้งเปียก
 - 1.4 ผสมผงถ่านกะลามะพร้าวกับผงผิวมะกรูดและตัวประสานในอัตราส่วนต่างๆเพื่อหาสูตรที่เหมาะสมในการนำมาผลิตถ่านอัดแท่ง อัตราส่วนที่ได้ดังตาราง

Table 1 อัตราส่วนกะลามะพร้าว: ผงมะกรูดแห้ง: แป้งมันสำปะหลัง ที่ใช้ในการทดลอง



อัตราส่วนที่	อัตราส่วนผสม			
	กะลามะพร้าว (กรัม)	ผงมะกรูดแห้ง (กรัม)	แป้งมันสำปะหลัง (กรัม)	น้ำ (มิลลิลิตร)
1	1000	-	60	500
2	1000	200	100	900
3	1000	500	100	940

2. การหาสมรรถนะของถ่านอัดแท่ง

การวิเคราะห์สมบัติด้านเชื้อเพลิงของถ่านกะลามะพร้าวผสมผงมะกรูดแห้งในงานวิจัยครั้งนี้จะยึดตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.238/2547) โดยการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM (American Society for Testing and Materials) ดังนี้

2.1 การหาปริมาณความชื้น (Moisture Content) ทำการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D3173

(1) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

- เตาอบ (Moisture Oven)
- โถดูดความชื้น (Desiccators)
- ถ้วย (Aluminum Foil)

(2) วิธีการทดลอง

- นำถ้วยเปล่าไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำไปทำให้เย็นโดยใส่ในโถดูดความชื้น 15 นาที แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก
- นำถ่านตัวอย่างไปชั่งน้ำหนัก จะได้ค่าน้ำหนักถ่าน + ถ้วยก่อนอบ (W_1)
- นำถ่านไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ประมาณ 24 ชั่วโมง แล้วนำไปทำให้เย็นโดยการใส่ในโถดูดความชื้น 40 นาที แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก จะได้ค่าน้ำหนักถ่าน + ถ้วยหลังอบ (W_2) แล้วนำไปหาค่าความชื้นจากสมการ



สูตรการคำนวณ

$$M = \frac{W_1 - W_2}{W} \times 100$$

เมื่อ M = ร้อยละของปริมาณความชื้น

W_1 = น้ำหนักถ้วยและตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W_2 = น้ำหนักถ้วยและตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

W = น้ำหนักตัวอย่างถ่านหลังอบแห้ง (กรัม)

2.2 การหาค่าความร้อน (Heating value)

ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวลสามารถหาได้หลายวิธี เช่น ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 5865-11a หรือประเมินโดยวิธีการ ต้มน้ำ (Water Boiling Test)

สูตรการคำนวณ

$$HHV = \frac{m_w C_{p,w} (\Delta T_w) + m_e L + m_s C_{p,s} (\Delta T_s)}{m_f \eta}$$

เมื่อ η = ประสิทธิภาพของเตาทดสอบ

HHV = ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (กิโลจูลต่อกิโลกรัม)

$C_{p,w}$ = ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ (กิโลจูลต่อกิโลกรัม)

$C_{p,s}$ = ค่าความจุความร้อนจำเพาะของภาชนะ (กิโลจูลต่อกิโลกรัม)

L = ความร้อนแฝงการระเหยของน้ำ (กิโลจูลต่อกิโลกรัม)

m_w = มวลของน้ำเริ่มต้น (กิโลกรัม)

m_e = มวลของน้ำที่ระเหย (กิโลกรัม)

m_s = มวลของเชื้อเพลิง (กิโลกรัม)

m_s = มวลของภาชนะ (กิโลกรัม)

ΔT_w = ผลต่างระหว่างอุณหภูมิน้ำเริ่มต้นกับอุณหภูมิน้ำเดือด (เคลวิน)

ΔT_s = ผลต่างระหว่างอุณหภูมิของภาชนะเริ่มต้นกับอุณหภูมิของภาชนะในขณะน้ำเดือด (เคลวิน)

2.3 การหาความหนาแน่น

สูตรการคำนวณ $\rho = \frac{m}{V}$

เมื่อ ρ = ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

m = มวล (กิโลกรัม)

V = ปริมาตร (ลูกบาศก์เมตร)



3.การทดลองไล้ของถ่านอัดแท่ง

ขั้นตอนการทดลองไล้จะมี ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการทดลอง ได้แก่ ถ่านอัดแท่ง 2 อัตราส่วน 1000:200:100, 1000:500:100 กล้องใส และยูง

ขั้นตอนที่ 2 การจุดถ่านอัดแท่งให้ติดไฟจนหมดควัน

ขั้นตอนที่ 3 จับยูงใสกล้องใส เพื่อที่จำทำการทดลอง

ขั้นตอนที่ 4 นำถ่านไว้ในกล้องใส แล้วทำการจับเวลา เวลาที่ใช้ในการทดลอง 10 นาที แล้วทำการสังเกตยูงที่อยู่ในกล้อง ว่าลงสู่พื้นในเวลาที่เท่าไร แล้วทำการบันทึกผล

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบและทดลองทำการผลิตตัวอย่างถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวและผิวมะกรูดแห้งตามกระบวนการและอัตราส่วนที่กำหนดไว้และนำตัวอย่างถ่านอัดแท่งไปทำการทดสอบเก็บข้อมูลดังนี้

1. ปริมาณความชื้น

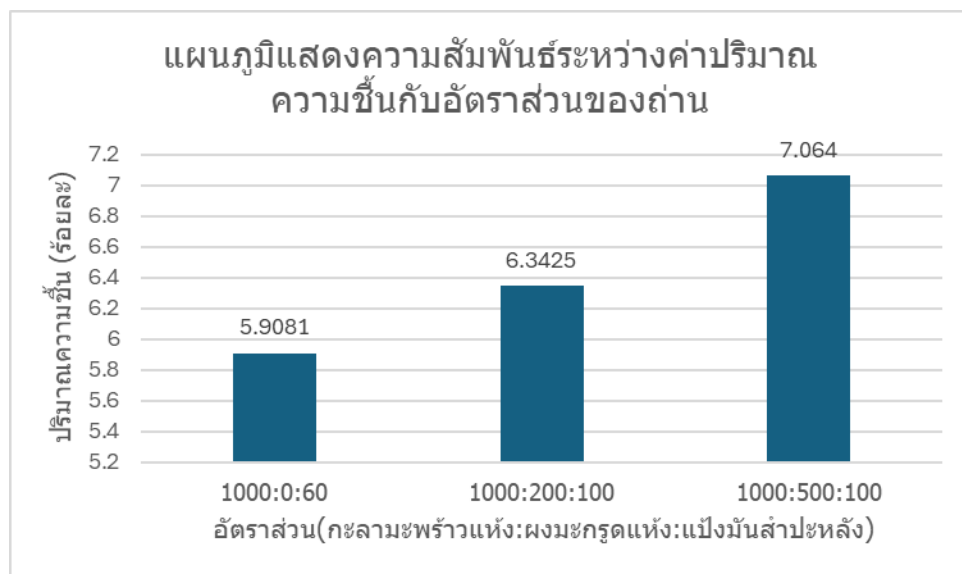


Figure 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับอัตราส่วนของถ่าน

จากรูปที่ 1 การวิเคราะห์ค่าความชื้นโดยการเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมงเพื่อหาค่าความชื้นตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) จะต้องไม่เกินร้อยละ 8

โดยน้ำหนัก พบว่าเมื่อถ่านมีส่วนผสมของผงผิวมะกรูดในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าความชื้นของถ่านเพิ่มขึ้นด้วย สรุปได้ดังนี้

1) ค่าความชื้นของอัตราส่วนที่ 1 (1000:0:60) มีค่าความชื้นร้อยละ 5.9081 ผลจากการทดสอบค่าความชื้นของอัตราส่วนที่ 1 พบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.)

2) ค่าความชื้นของอัตราส่วนที่ 2 (1000:200:100) มีค่าความชื้นร้อยละ 6.3425 ผลจากการทดสอบค่าความชื้นของอัตราส่วนที่ 2 พบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.)

3) ค่าความชื้นของอัตราส่วนที่ 3 (1000:500:100) มีค่าความชื้นร้อยละ 7.0644 ผลจากการทดสอบค่าความชื้นของอัตราส่วนที่ 3 พบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.)

2. ประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากถ่านกลามะพร้าวผสมผงผิวมะกรูดแห้ง

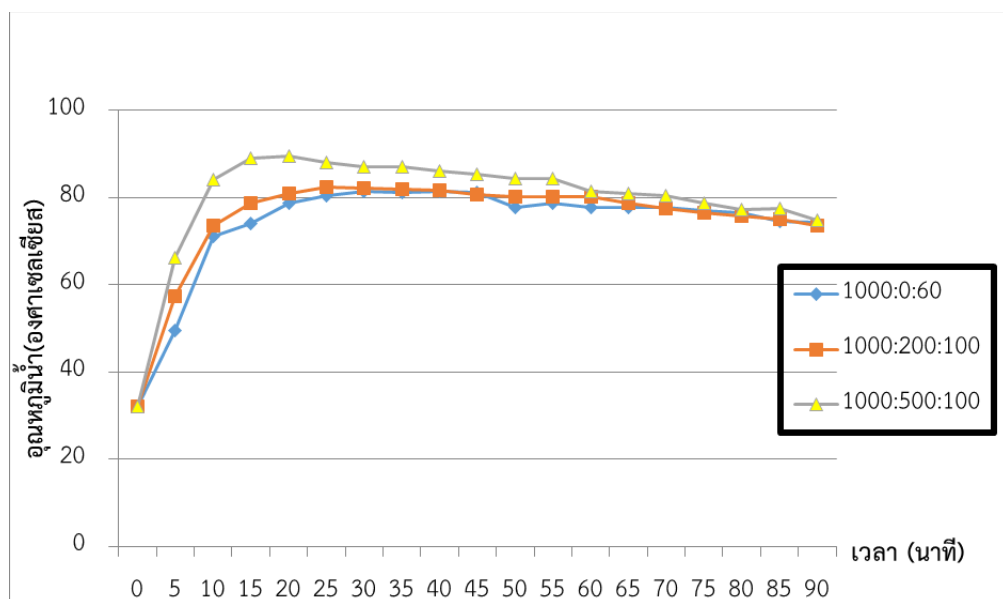


Figure 2 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำที่สัมพันธ์กับเวลา ขณะต้มโดยใช้ถ่านอัดแท่งจากกลามะพร้าวผสมผงผิวมะกรูดแห้งทั้ง 3 อัตราส่วน

จากผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 2 พบว่าประสิทธิภาพการให้ความร้อนของถ่านอัดแท่งจากกลามะพร้าวผสมผงผิวมะกรูดแห้งที่สามารถให้ค่าความร้อนได้มีประสิทธิภาพดีที่สุกคือ อัตราส่วน 1000:500:100 เนื่องจากสามารถทำให้น้ำ 1000 กรัม เดือดในเวลา 15 นาทีให้ความร้อนสูงสุดที่อุณหภูมิลดลง 89.56 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของน้ำมีการลดลงที่ช้ากว่าอัตราส่วนอื่น ที่เวลา 90 นาที

อุณหภูมิของน้ำอยู่ที่ 74.7 องศาเซลเซียส อัตราส่วนถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมผงผิวมะกรูดแห้ง ที่มีประสิทธิภาพการให้ความร้อนรองลงมา คือ อัตราส่วน 1000:200:100 และ 1000:0:60 ตามลำดับ

3. ค่าความร้อน

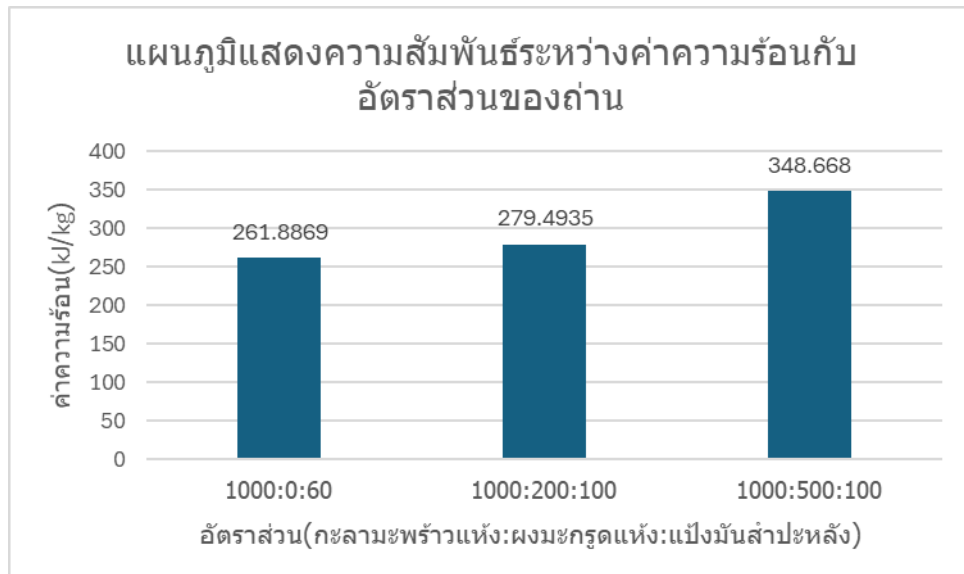


Figure 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนกับอัตราส่วนของถ่าน

จากรูปที่ 3 พบว่าเมื่อถ่านมีส่วนผสมของผงผิวมะกรูดในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าความร้อนของถ่านเพิ่มขึ้นด้วย โดยการวิเคราะห์หาค่าความร้อนที่ได้จากการต้มน้ำทั้งหมด 3 อัตราส่วนได้ผลดังนี้

- 1) ค่าสมรรถนะความร้อนจากอัตราส่วนที่ 1 (1000:0:60) ความร้อนเท่ากับ 261.8869 (กิโลจูลต่อกิโลกรัม)
- 2) ค่าสมรรถนะความร้อนจากอัตราส่วนที่ 2 (1000:200:100) ความร้อนเท่ากับ 279.4935 (กิโลจูลต่อกิโลกรัม)
- 3) ค่าสมรรถนะความร้อนจากอัตราส่วนที่ 3 (1000:500:100) ความร้อนเท่ากับ 348.6681 (กิโลจูลต่อกิโลกรัม)



4. ค่าประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่ง

Table 2 ค่าประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกะลามะพร้าวและผงผิวมะกรูดแห้ง

รายการ	อัตราส่วนที่ 1	อัตราส่วนที่ 2	อัตราส่วนที่ 3
น้ำหนักที่ใช้เริ่มต้น	1000 กรัม	1000 กรัม	1000 กรัม
น้ำหนักของน้ำที่ระเหยไป	644.66 กรัม	687 กรัม	841.66 กรัม
น้ำหนักน้ำที่เหลืออยู่	355 กรัม	313 กรัม	158.33 กรัม
น้ำหนักถ่านที่ใช้สุทธิ	300 กรัม	300 กรัม	293.33 กรัม
ระยะเวลาที่ใช้จนน้ำเดือด	35 นาที	30 นาที	23.33 นาที
ระยะเวลาที่ใช้ทั้งหมด	90 นาที	90 นาที	90 นาที
อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำ	32 องศาเซลเซียส	32 องศาเซลเซียส	32 องศาเซลเซียส
ค่าความร้อนจากการสันดาป ของเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่ง	261.89 กิโลจูล/กิโลกรัม	278.21 กิโลจูล/กิโลกรัม	348.67 กิโลจูล/กิโลกรัม
งานที่ได้	2.45	2.23	2.64
อัตราการเผาไหม้	2.92 กรัม/นาที	2.99 กรัม/นาที	3.25 กรัม/นาที
การติดไฟ	ดีมาก	ดีมาก	ดีมาก
ควัน	มีเล็กน้อย	มีเล็กน้อย	มีเล็กน้อย
เขม่า	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี

5. ความหนาแน่น

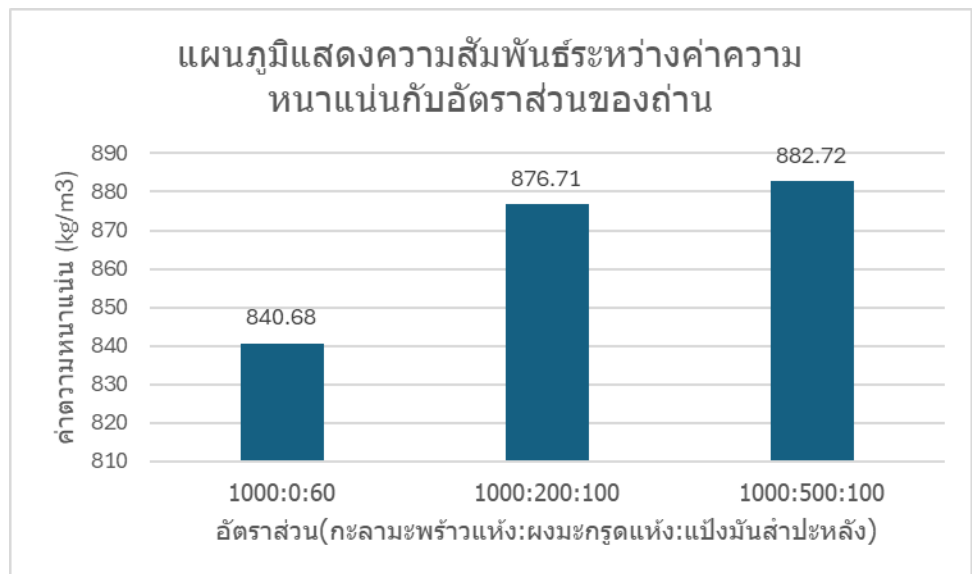


Figure 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับอัตราส่วนของถ่าน

จากรูปที่ 4 พบว่าเมื่อถ่านมีส่วนผสมของผงผิวมะกรูดในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าความหนาแน่นของถ่านเพิ่มขึ้นด้วย โดยการหาความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งได้ผลดังนี้

- 1) ค่าความหนาแน่นของอัตราส่วนที่ 1 (1000:0:60) ถ่านกะลามะพร้าว : ผงผิวมะกรูดแห้ง : แป้งมันสำปะหลัง มีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 840.68 กิโลกรัม ต่อ ลูกบาศก์เมตร
- 2) ค่าความหนาแน่นของอัตราส่วนที่ 2 (1000:200:100) ถ่านกะลามะพร้าว: ผงผิวมะกรูดแห้ง: แป้งมันสำปะหลัง มีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 876.71 กิโลกรัม ต่อ ลูกบาศก์เมตร
- 3) ค่าความหนาแน่นของอัตราส่วนที่ 3 (1000:500:100) ถ่านกะลามะพร้าว: ผงผิวมะกรูดแห้ง: แป้งมันสำปะหลัง มีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 882.72 กิโลกรัม ต่อ ลูกบาศก์เมตร



6. ประสิทธิภาพการไถ่ของถ่านอัดแท่ง

ผลทดลองและประสิทธิภาพการไถ่ของถ่านอัดแท่งใช้ในการทดลองจำนวน 10 ตัวเวลาที่ไถ่ทดลอง 10 นาที อัตราส่วนที่นำมาทดลองมี 2 อัตราส่วนได้ผลดังนี้

อัตราส่วนที่ 2 (1000:200:100) ในเวลา 2 นาทีไถ่ได้ 1 ตัว ในเวลา 4 นาทีไถ่ได้ 3 ตัว ในเวลา 6 นาทีไถ่ได้ 8 ตัว ในเวลา 10 นาทีไถ่ได้ 9 ตัว

อัตราส่วนที่ 3 (1000:500:100) ในเวลา 2 นาทีไถ่ได้ 2 ตัว ในเวลา 4 นาทีไถ่ได้ 4 ตัว ในเวลา 6 นาทีไถ่ได้ 9 ตัว ในเวลา 10 นาทีไถ่ได้ 10 ตัว

สอดคล้องกับงานของ ปริมาลา ชำคมเขตต์ (2550)

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาศักยภาพด้านพลังงานของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมผงผิวมะกรูดแห้ง เพื่อเป็นแนวทางการใช้ประโยชน์จากกะลามะพร้าวและมะกรูดซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากครัวเรือน มาพัฒนาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งที่สามารถไถ่ได้ ซึ่งสรุปผลได้ดังนี้

1. กะลามะพร้าว ที่เป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร สามารถนำมาเผาให้เป็นถ่านมีสีดำหนักเบา นำมาบดให้เป็นผงละเอียด ผสมกับกาวแบ่งเปียก แล้วอัดเป็นแท่ง ตากแดดให้แห้งสนิทสามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งได้

2. มะกรูด ที่เป็นสมุนไพรหรือวัสดุจากครัวเรือน สามารถนำมาตากแดดให้แห้งแล้วนำไปบดให้ละเอียด ผสมกับถ่านกะลามะพร้าวที่บดจนละเอียดแล้วและผสมกับกาวแบ่งเปียก สามารถนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งและสามารถไถ่ได้

3. คุณสมบัติของเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งถ่านกะลามะพร้าวผสมผงผิวมะกรูดแห้ง อัตราส่วนที่ 3 ให้ค่าความร้อนสูงสุดคือ 348.6681 กิโลจูล/กิโลกรัม อัตราส่วนที่ 1 มีค่าความชื้นต่ำที่สุดคือ 5.9081 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณเถ้าต่ำ และมีความหนาแน่นอัตราส่วนที่ 3 ให้ความหนาแน่นได้ดีที่สุดอยู่ที่ 882.72 กิโลกรัม ต่อ ลูกบาศก์เมตร

4. ประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมผงผิวมะกรูดแห้ง มีคุณภาพที่ดีในการนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง เพราะมีอัตราการเผาไหม้เฉลี่ย 3.05 กรัมต่อนาที สามารถใช้งานหุงต้มในครัวเรือนได้ดีกว่าถ่านไม้ เพราะไม่มีการแตกปะทุของเชื้อเพลิง มีการติดไฟดี ไม่มีเขม่า มีควันเล็กน้อย

5. ประสิทธิภาพการไถ่ของถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมผงผิวมะกรูดแห้งอัตราส่วนที่ไถ่ได้ดีที่สุดในเงื่อนไขการทดลองคืออัตราส่วนที่ 3 คือใช้เวลา 10 นาทีในการทำไถ่ตกลูกสุกได้ทุกตัว

กิตติกรรมประกาศ



ขอขอบคุณอาจารย์สาขาวิศวกรรมพลังงานและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ในความอนุเคราะห์เครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

References

- Anantanukulwong, R. (2019). Production of charcoal briquettes from agricultural waste materials. *YRU journal of science and technology*, 4(1), 47-53.
- Atsawaruchikulchaim, A. et al. (2014). *Utilization of durian and mangosteen peels in the form of compressed fuel. The use of durian and mangosteen peels as compressed fuel. Department of Science, Technology and Environment*. Bangkok: Faculty of Environment and Resource Studies: Suan Dusit University.
- Biomass Fuel and Energy Center. (2020). *Biomass Potential in Thailand*. Retrieved March 21, 2020. From www.iscisaraburee.sc.chula.ac.th.
- Department of Energy Development and Conservation. (2017). *Biomass*. Retrieved February 20, 2020. From www.biomass.dede.go.th.
- Deputy Editor. (2020). *Properties of Kaffir lime*. Retrieved March 21, 2020. From <https://www.honestdcs.com>.
- E.F. Aransiola et al. (2019). Effect binder type, binder concentration and compacting pressure on some physical properties of carbonized corncob briquette. *Energy Reports. Nigeria*. 909-918 .
- General tourism (2020). *Hiking in Thailand*. Retrieved April 25, 2020. From <https://เที่ยวทั่วไทย.co.th>.
- H.A. Ajimotokan et al. (2019). Combustion characteristics of fuel briquettes Made from charcoal particle sand sawdust agglomerates. *Scientific African. Nigeria*. e0020
- Hanphakphum, S. et al. (2016). *The Effect of Mosquito Larvae Elimination and Mosquito Repellent of Crude Extracts and Tiger's Claw Essential Oils on Aedes Mosquitoes, Nuisance Mosquitoes and Chimney Mosquitoes*. Bangkok: Faculty of Science and Technology: Suan Dusit University.
- Khamkhomkhet, P. (2000). *Analysis of mosquito repellent substances in some herbal plants*. Chiang Mai: Chiang Mai University.
- Kongtanchanpak, S. (2015). *Development of Thai herbal plant extract products with the effect of repellent against annoying mosquitoes, Culex quinquefasciatus*.



Department of Biotechnology. Bangkok : Faculty of Applied Science: King Mongkut's University of Technology North Bangkok.

Pattanakul, M. (2008). Efficiency of Thiem Seed Extracts (*Azadirachta excelsa* (Jack) Jacobs.) on Blood-Sucking Protection of Mosquito (*Aedes aegypti* L.). *Thaksin University Journal*, 11(1), 35-44.

PD House Home Construction Center. (2020). *10 Mosquito Repellent Trees, Plant Them at Home, No Shadow of Harmful Insects*. Retrieved March 21, 2020. From <http://www.pd.co.th>.

Sukhaphan, N. et al. (1993). *Efficiency of herbal extracts in repelling mosquitoes. The 19th National Science and Technology Conference.*

Thepsasanakun, W. et al. (2016). Study of the production of compressed fuel through the carbonization process from agricultural waste materials such as coconut shells. Study of the production of compressed charcoal from coconut shells. *The 12th Thailand Energy Network Academic Conference. Chiang Mai.*

Tosakun, S. et al. (2012). Development of Charcoal Briquettes from Coconut Shells as Alternative Energy. *Development of compressed charcoal from coconut shells as an alternative energy. Industrial Engineering Academic Conference. Phetchaburi.*

Wongchit, K. (2018). Herbs for repelling mosquitoes from the fence. Retrieved February 21, 2020. From <https://siamvath.co.th>.

