การพัฒนาถ่านอัดแท่งที่เหมาะสมจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ประเภทเปลือกเมล็ดกระบก

Developing appropriate Charcoal Briquette From Agricultural Residues of Wild Almond Rind

แม้นวาด รชนีกรไกรลาศ*, เอกราช นาคนวล และ สุรสิงห์ อารยางกูร

Maenwad Rajaneekronkrilas*, Ekarat Naknual and Surasing Arayangkul

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

Production Technology, Industrial Faculty, Surindra Rajabhat University

*Email: wardkangkun@gmail.com

Received: November 20, 2023; Revised: November 30, 2023; Accepted: December 06, 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งเปลือกเมล็ดกระบก โดยการนำเปลือกเมล็ดกระบกมาเผาในเตาเผาถ่านให้กลายเป็นถ่าน จากนั้นนำถ่านเปลือกเมล็ดกระบกมาบดย่อย ผงถ่านมีขนาดไม่เกิน 5 มิลลิเมตร แล้วนำผงถ่านไปผสมกับแป้งมันสำปะหลังและน้ำ ในอัตราส่วน ผงถ่าน (กิโลกรัม) : แป้งมันสำปะหลัง (กิโลกรัม) : น้ำ (ลิตร) ทั้งหมด 5 สูตร ได้แก่ 3 : 0.18 : 1.20, 3 : 0.24 : 1.20, 3 : 0.30 : 1.20, 3 : 0.36 : 1.20 และ 3 : 0.42 : 1.20 จากนั้นนำไปอัดให้เป็นแท่งโดยใช้เครื่องอัดถ่านแบบเกลียว เมื่อได้ถ่านอัดแท่งออกมาแล้วผู้วิจัยได้นำถ่านอัดแท่งจากทั้ง 5 สูตร ไปทำการทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งเปลือกเมล็ดกระบก ได้แก่ การทดสอบค่าความร้อน การทดสอบปริมาณความชื้น การทดสอบปริมาณเถ้าและการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อน จากผลการวิจัยพบว่า สูตรถ่านอัดแท่งเปลือกเมล็ดกระบกที่มีคุณสมบัติดีที่สุด คือ สูตรที่มีอัตราส่วน 3 : 0.18 : 1.20 ซึ่งมีค่าความร้อน 21,848 จูลต่อกรัม (5,218.31 แคลอรี่ต่อกรัม) ค่าความชื้นเท่ากับ 5.5 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาณเถ้าเท่ากับ 18 เปอร์เซ็นต์ และประสิทธิภาพการใช้งานจุดติดไฟได้เร็ว เวลาที่ใช้ในการเผาไหม้จนเป็นเถ้าใช้เวลา 490 นาที

คำสำคัญ : ถ่านอัดแท่ง, เปลือกเมล็ดกระบก, ค่าความร้อน, ปริมาณเถ้า

Abstract

The objective of this research was to test the properties of charcoal briquettes containing from wild almond rind. By burning wild almond rind a charcoal kiln to become charcoal. Then took the wild almond rind charcoal and grind it down. Charcoal power size not more than 5 millimeters. Then mix the charcoal powder with cassava and water in a ratio charcoal powder (kilogram) : cassava (kilogram) : water (liter) 5 formulas were 3 : 0.18 : 1.20, 3 : 0.24 : 1.20, 3 : 0.30 : 1.20, 3 : 0.36 : 1.20 และ 3 : 0.42 : 1.20. Then to be compressed into bars using a screw charcoal press. Once the charcoal briquettes were obtained, the researcher took the charcoal briquettes from all 5 formulas to test the properties of the wild almond rind charcoal

briquettes, such as the heat value test, the moisture content test, the ash content test and heat efficiency test. From the results of the research, it was found that the charcoal briquette formula with the best properties was the formula with a ratio of 3 : 0.18 : 1.20, which had a heat value of 21,848 joules per gram (5,218.31 calories per gram), a moisture value of 5.5 percent, the ash content value is 18 percent, and the efficiency in use, fast ignition The time it takes to burn to ashes is 490 minutes.

Keywords : Charcoal Briquettes, Wild Almond Rind, Heat value, Ash content

1. บทนำ

พลังงานถือเป็นปัจจัยที่สำคัญในการตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานของประชาชน และเป็นปัจจัยการผลิตที่สำคัญในภาคธุรกิจและภาคอุตสาหกรรม ในปัจจุบันแหล่งพลังงานในเชิงพาณิชย์ยังมีจำนวนจำกัด ทำให้ต้องพึ่งพาพลังงานจากต่าง ประเทศสูงถึงร้อยละ 60 ของความต้องการพลังงานเชิงพาณิชย์ทั้งหมด [1] ดังนั้นรัฐบาลจึงได้หาแนวทางในการพัฒนาแหล่งพลังงานที่มีอยู่อย่างจำกัด ให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด เลือกใช้เชื้อเพลิงที่มีราคาถูกและต้องเป็นเชื้อเพลิงที่มีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมน้อยที่สุด ทางออกของการหาแหล่งพลังงานมาใช้ ได้แก่ การนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีคุณสมบัติเหมาะแก่การนำมาแปรรูปเพื่อใช้เป็นพลังงานนั้น สามารถทำได้ด้วยการผลิตเป็นถ่านอัดแท่ง เช่น กะลามะพร้าวซึ่งเป็นชีวมวล นำมาเผาและอัดแท่งด้วยกรรมวิธีอัดเย็น จะให้ถ่านอัดแท่งที่มีคุณสมบัติที่ดีมากและถือว่าเป็นวัตถุดิบอันดับหนึ่งของการผลิตถ่านในกระบวนการอัดเย็น เนื่องจากถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวจะให้ความร้อนที่สูงและขี้เถ้าน้อย ทำให้ถ่านอัดแท่งจากกะลา มะพร้าวเป็นที่นิยมของตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศเป็นอย่างมาก [2] อย่างไรก็ตามปัจจุบันมีผู้นำกะลามะพร้าวไปพัฒนาแปรรูปให้มีมูลค่าเพิ่มได้หลากหลายรูปลักษณะ เช่น เครื่องประดับ วัสดุเครื่องใช้ไม้สอยหรือของที่ระลึก ทำให้วัตถุดิบในการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวในท้องถิ่นมีปริมาณลดลง ตลอดจนมีราคาต้นทุนสูงขึ้นจากเดิมมาก

จากปัญหาดังกล่าวและความต้องการในการใช้พลังงานทดแทนที่เพิ่มสูงขึ้น จึงมีการนำวัสดุทางการเกษตรเหลือใช้มาจัดผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งและจากการสำรวจปริมาณต้นกระบกในพื้นที่เกษตรกร 116 ครัวเรือนในบางท้องที่ของจังหวัดบุรีรัมย์และจังหวัดสุรินทร์พบว่า มีต้นกระบก 325 ต้น มีผลผลิตเมล็ดกระบกทั้งเปลือกรวมประมาณ 30,000 ถึง 50,000 กิโลกรัม ซึ่งโดยส่วนใหญ่ผู้คนจะนิยมนำต้นกระบกมาเผาถ่านหรือใช้ในการก่อสร้างโดยใช้ส่วนของลำต้นและกิ่ง เมล็ดก็จะนำมาคั่วหรืออบสามารถรับประทานได้ สำหรับเปลือกของเมล็ดกระบกไม่ได้มีการนำมาใช้ประโยชน์มากนัก ทำให้เหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก เพื่อลดการทิ้งเศษเหลือสร้างจิตสำนึกในการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างคุ้มค่า เน้นการนำไปผลิตเป็นเชื้อเพลิงในการหุงต้มในครัวเรือนและเป็นการนำเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด [3] ทั้งนี้ยังเป็นการแก้ไขปัญหาการทำลายทรัพยากรป่าไม้และสิ่งแวดล้อมของชาวบ้านได้อีกทางหนึ่ง พร้อมกันนี้ยังสามารถเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรในการจัดจำหน่ายถ่านอัดแท่งส่งจำหน่ายร้านอาหารที่มีความต้องการใช้ถ่านสำหรับการปิ้งย่างได้ [4] นอกจากนี้การนำเปลือกเมล็ดกระบกที่เป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาแปรรูปให้เป็นถ่านอัดแท่งนั้น ถือเป็นทางเลือกหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือใช้อีกด้วย [5]

ผู้วิจัยเล็งเห็นความสำคัญของเปลือกเมล็ดกระบกจึงนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตพลังงานทดแทน โดยนำเอาเปลือกของเมล็ดกระบกมาผลิตถ่านอัดแท่ง ทดสอบหาคุณสมบัติทางด้านค่าความร้อน ค่าความชื้นปริมาณเถ้าและประสิทธิภาพของถ่านอัดแท่ง [6] จากเปลือกเมล็ดกระบกเพื่อให้ได้ถ่านอัดแท่งที่ใช้เป็นพลังงานทดแทน ที่มีต้นทุนต่ำหาได้ง่ายและมีอยู่มากในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

1.1 วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งเปลือกเมล็ดกระบกได้แก่ ค่าความร้อน ค่าปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้าและประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่ง

1.2 ขอบเขตงานวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของงานวิจัยดังต่อไปนี้

1) วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ใช้สำหรับการทำถ่านอัดแท่งคือเปลือกเมล็ดกระบก

2) ตัวประสานที่ใช้ผสมในการทำถ่านอัดแท่งคือแป้งมันสำปะหลัง

3) เครื่องอัดแท่งถ่าน เป็นเครื่องแบบเกลียว ขนาดมอเตอร์ 3 แรงม้า 2.2 กิโลวัตต์ โดยเครื่องอัดชนิดนี้ทำงานด้วยการอัดแรงดันจากมอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 3 แรงม้า ที่ไปหมุนสกรูหรือเกลียว ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของเครื่องที่ผลิตจากสแตนเลสแทนเหล็ก ทำให้มีความทนทานต่อการสึกกร่อน เพื่อขับวัสดุให้อัดแน่นเป็นแท่งโดยรีดออกมาจากกระบอกรีด [7]

4) ผงถ่านเปลือกเมล็ดกระบกที่จะนำมาทำการอัดแท่งมีขนาดไม่เกิน 5 มิลลิเมตร

5) ถ่านอัดแท่ง เป็นรูปทรงกระบอก มีครีบ 4 ครีบรอบด้านมีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 1 เซนติเมตรและขนาดเส้นศูนย์กลางภายนอก 3.5 เซนติเมตร และยาว 10 เซนติเมตร งานวิจัยนี้อัดแท่งถ่านเป็นรูปทรงที่มีครีบประกอบเพื่อช่วยให้ง่ายต่อการติดไฟในระยะเริ่มต้นและสะดวกต่อการใช้งาน [9]

6) เตาเผาถ่าน ใช้เตาที่มีขนาด 200 ลิตร แบบปิด เป็นเตาที่ใช้กระบวนการเผาไหม้โดยการใช้ความร้อนในการแยกสลายภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจน

2. วิธีดำเนินงานวิจัย

การวิจัยเพื่อทดสอบหาคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งเปลือกเมล็ดกระบก ประกอบไปด้วยขั้นตอนของการเตรียมวัตถุดิบการอัดแท่งถ่าน การทดสอบหาคุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1 การเตรียมวัตถุดิบ ดำเนินการดังต่อไปนี้

1) เก็บเปลือกเมล็ดกระบกแล้วนำไปตากกลางแจ้งเป็นเวลา 1 ชั่วโมงจนแห้ง จากนั้นนำเปลือกเมล็ดกระบกที่แห้งแล้วไปตากลมในที่ร่มให้คลายความร้อนดังรูปที่ 1

2) นำเปลือกเมล็ดกระบกไปเผาในเตาเผาขนาด 200 ลิตร แบบปิด เป็นเตาที่ใช้กระบวนการเผาไหม้โดยการใช้ความร้อนในการแยกสลายภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจน ดังรูปที่ 2 จนได้ถ่านเปลือกเมล็ดกระบกดังรูปที่ 3

รูปที่ 1 เปลือกเมล็ดกระบกก่อนเผา

รูปที่ 2 เตาเผาขนาด 200 ลิตร

รูปที่ 3 ถ่านเปลือกเมล็ดกระบก

3) นำถ่านเปลือกเมล็ดกระบกมาบดให้เป็นผงถ่านที่มีขนาดไม่เกิน 5 มิลลิเมตร ผสมกับส่วนผสมอีก 2 ส่วนได้แก่ แป้งมันสำปะหลังและน้ำ ตามอัตรา ส่วนที่กำหนดไว้ 5 สูตร ดังตารางที่ 1 ทำการผสมวัตถุดิบให้เข้ากันดังรูปที่ 4 นำไปเพื่อไปเข้าเครื่องอัดถ่านให้เป็นถ่านอัดแท่งต่อไป

ตารางที่ 1 อัตราส่วนของถ่านอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดกระบก

สูตร	ถ่าน (กิโลกรัม)	แป้ง (กิโลกรัม)	น้ำ (ลิตร)
1	3	0.18	1.20
2	3	0.20	1.20
3	3	0.30	1.20
4	3	0.36	1.20
5	3	0.42	1.20

รูปที่ 4 วัตถุดิบสำหรับอัดแท่งถ่าน

2.2 การอัดแท่งถ่าน ดำเนินการดังต่อไปนี้

1) ผงถ่านที่ผสมเรียบร้อยแล้วจากทั้ง 5 สูตรมาใส่ถาดแล้วค่อย ๆ เกลี่ยเข้าเครื่องอัดแท่งถ่าน ดังรูปที่ 5

รูปที่ 5 เครื่องอัดแท่งถ่าน

2) นำถ่านที่อัดแท่งแล้วดังรูปที่ 6 ไปตากแดดเพื่อลดความชื้นจนแห้งสนิท เป็นเวลา 5 วัน แล้วนำไปทำการทดสอบหาคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งต่อไป

รูปที่ 6 ตัวอย่างถ่านอัดแท่ง

2.3 การทดสอบหาคุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง ดำเนินการดังต่อไปนี้

1) การทดสอบหาค่าความร้อน ดำเนินการดังต่อไปนี้

ก. ตัดลวดยาวประมาณ 10 เซนติเมตร ผูกที่ปลายทั้งสองของแท่งเหล็กด้านล่างของฝาบอมบ์แคลอรี่มิเตอร์

ข. ใส่ถ่านอัดแท่งที่ได้จากอัตราส่วนผสมของถ่านเปลือกเมล็ดกระบกและแป้งมันสำปะหลังประมาณ 1 กรัม ลงไปในถ้วย

ค. วางถ้วยบนช่วงปลายเหล็กด้านฝาบอมบ์แคลอรี่มิเตอร์ จัดลวดให้สัมผัสตัวอย่างเติมน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร ลงไปในตัวบอมบ์แคลอรี่มิเตอร์

ง. ประกอบฝาบอมบ์กับตัวบอมบ์แคลอรี่มิเตอร์ นำไปอัดออกซิเจนให้ได้ความดันประมาณ 30 บรรยากาศ นำไปวางในถังบรรจุบอมบ์แคลอรี่มิเตอร์

จ. ใส่น้ำกลั่นที่มีอุณหภูมิประมาณ 24 องศาเซลเซียส ปริมาณ 2 ลิตร ลงในถัง เสียบสายไฟที่ใช้ในการจุดระเบิด 2 เส้น เข้ากับตัวบอมบ์แคลอรี่มิเตอร์แล้วปิดฝาเครื่อง

ฉ. เปิดสวิตช์อ่านอุณหภูมิของน้ำในถังบรรจุบอมบ์แคลอรี่มิเตอร์กับน้ำที่อยู่ในตัวหุ้ม เมื่ออุณหภูมิทั้งสองมีค่าใกล้ เคียงกัน กดปุ่มจุดระเบิด บันทึกค่าอุณหภูมิเริ่มต้นและอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนกระทั่งคงที่จึงหยุดการทดลอง

ช. นำตัวบอมบ์แคลอรี่มิเตอร์ออก ปล่อยก๊าซออกจากตัวบอมบ์แคลอรี่มิเตอร์อย่างช้า ๆ

ซ. ล้างฝา ตัวบอมบ์แคลอรี่มิเตอร์ และถ้วยที่บรรจุถ่านอัดแท่งที่ได้จากส่วนผสมของถ่านจากเศษใบไม้และแป้งมันสำปะหลังด้วยน้ำกลั่น

ฌ. วัดความยาวลวดที่เหลือ แล้วป้อนค่าเข้าสู่เครื่อง เครื่องจะทำการคำนวณแล้วพิมพ์ค่าความร้อนของตัวอย่างออกมาทางเครื่องพิมพ์

ญ. นำค่าความร้อนที่ได้จากการทดลองมาคำนวณหาค่าความร้อนใช้สมการดังนี้

$$H = \frac{Q}{m} \quad (1)$$

เมื่อ H คือ ค่าความร้อนเชื้อเพลิง มีหน่วยเป็นแคลอรีต่อกิโลกรัม

Q คือ ปริมาณความร้อนที่เชื้อเพลิงนั้นให้ออกมา มีหน่วยเป็นแคลอรี และ

m คือ มวลของเชื้อเพลิง มีหน่วยเป็นกรัม

2) การทดสอบปริมาณความชื้น ดำเนินการดังต่อไปนี้

ก. เตรียมถ่านตัวอย่าง

ข. อบถ้วยทนไฟที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที นำออกจากตู้อบแล้วนำออกมาชั่งน้ำหนัก

ค. ชั่งถ่านตัวอย่าง 1 กรัม ใส่ลงในถ้วยทนไฟแล้วนำเข้าไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

ง. นำถ้วยทนไฟออกจากตู้อบ แล้วปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นในเครื่องดูดความชื้นต่อจากนั้นจึงนำออกมาชั่งน้ำหนัก

จ. คำนวณหาค่าความชื้นจากสมการ [5] ดังนี้

$$M = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% \quad (2)$$

เมื่อ M คือ ร้อยละของปริมาณความชื้น

W_1 คือ น้ำหนักถ้วยและตัวอย่างก่อนอบ มีหน่วยเป็นกรัม และ

W_2 คือ น้ำหนักถ้วยและตัวอย่างหลังอบ มีหน่วยเป็นกรัม

3) การทดสอบปริมาณเถ้า ดำเนินการดังต่อไปนี้

ก. เผาถ้วยทนไฟที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เผาประมาณ 30 นาที ในเตาเผาแล้วนำออกมาทิ้งให้เย็นในเครื่อง ดูดความชื้น (ให้อุณหภูมิถ้วยใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้อง) แล้วชั่งน้ำหนักถ้วยทนไฟ

ข. ชั่งถ่านตัวอย่าง 1 กรัม ใส่ลงในถ้วยทนไฟที่ทราบน้ำหนักจาก ข้อ ก

ค. จากนั้นนำถ้วยทนไฟที่ใส่ถ่านตัวอย่างเข้าเตาเผาที่อุณหภูมิ 450-500 องศาเซลเซียส ใน 1 ชั่วโมงแรก และ 700-750 องศาเซลเซียส ในชั่วโมงที่ 2 ตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM D3174 จากนั้นนำถ้วยทนไฟออกจากเตาเผาทิ้งไว้ให้เย็นแล้วจึงนำมาชั่งน้ำหนัก

ง. สูตรคำนวณปริมาณเถ้า จากสมการ [2] ดังนี้

$$M = \frac{W_3 - W_4}{W} \times 100\% \quad (3)$$

เมื่อ M คือ ร้อยละของปริมาณเถ้า

W_3 คือ น้ำหนักถ้วยและเถ้าของตัวอย่างหลังเผา หน่วยเป็นกรัม

W_4 คือ น้ำหนักถ้วย มีหน่วยเป็นกรัม

W คือ น้ำหนักถ่านตัวอย่าง มีหน่วยเป็นกรัม

4) การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งโดยการต้มน้ำ ดำเนินการดังต่อไปนี้

ก. นำถ่านอัดแท่งทุกสูตรไปชั่งน้ำหนักให้ได้น้ำหนัก 514 กรัม ดังรูปที่ 7

ข. เตรียมน้ำปริมาณ 1 ลิตร ใส่ลงในหม้ออลูมิเนียมและ วัดอุณหภูมิพร้อมบันทึกผล

ค. นำถ่านอัดแท่งไปเผาบนเตาแก๊สจนไฟติด แล้วนำถ่านอัดแท่งไปวางไว้ในเตาขนาดเบอร์ 4 โดยใช้ระยะเวลาในการติดไฟ 5 นาที แล้วจึงได้เริ่มเอาหม้อใส่น้ำที่เตรียมไว้ ขึ้นตั้งบนเตา บันทึกอุณหภูมิของน้ำทุก 3 นาที จนน้ำเดือดสูงสุด จากนั้นจับเวลาต่อไปอีก 30 นาที ดังรูปที่ 8 ทดสอบไปจนครบทั้ง 5 สูตร

รูปที่ 7 ถ่านอัดแท่งน้ำหนัก 514 กรัม

ทั้งนี้การติดตั้งปรอทในหม้อต้มเพื่อวัดอุณหภูมินั้นต้องระวังอย่าให้ส่วนหัวที่ใช้วัดอุณหภูมิถูกก้นหม้อ

รูปที่ 8 การหาประสิทธิภาพการให้ความร้อนของถ่านอัดแท่งโดยการต้มน้ำ

3. ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อทดสอบเกี่ยวกับการขึ้นรูปถ่านอัดแท่งตามอัตราส่วนทั้ง 5 สูตร และคุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง ได้ผลการวิจัยดังต่อไปนี้

3.1 ผลการขึ้นรูปถ่านอัดแท่งตามอัตราส่วนทั้ง 5 สูตร

จากการสังเกตลักษณะทางกายภาพของถ่านอัดแท่งที่ผ่านเครื่องอัดแท่งถ่านจากทั้ง 5 สูตรนั้นพบผลการขึ้นรูปดังตารางที่ 2 และรูปที่ 9

ตารางที่ 2 ผลการขึ้นรูปถ่านอัดแท่งทั้ง 5 สูตร

สูตรที่	อัตราส่วนผสม ผงถ่าน (kg) : แป้ง (kg) : น้ำ (L)	ผลการขึ้นรูป
1	3 : 0.18 : 1.20	ขึ้นรูปได้
2	3 : 0.24 : 1.20	ขึ้นรูปได้
3	3 : 0.30 : 1.20	ขึ้นรูปได้
4	3 : 0.36 : 1.20	ขึ้นรูปได้
5	3 : 0.42 : 1.20	ขึ้นรูปได้

รูปที่ 9 การขึ้นรูปถ่านอัดแท่งจากทั้ง 5 สูตร

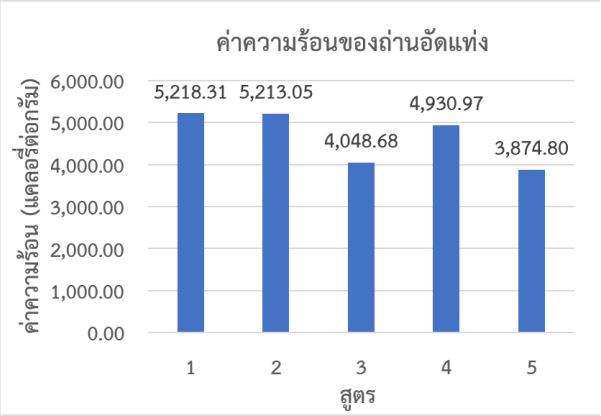
3.2 ผลการทดสอบหาคุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทดสอบหาคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งในส่วนของค่าความร้อน ค่าปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้าและประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่ง ได้ผลการวิจัยดังต่อไปนี้

1) ค่าความร้อน จากการทดสอบหาค่าความร้อนโดยใช้เครื่องวิเคราะห์ค่าพลังงานความร้อน ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 3 และรูปที่ 10

ตารางที่ 3 ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่ง

สูตรที่	อัตราส่วนผสม ผงถ่าน (kg) : แป้ง (kg) : น้ำ (L)	ค่าความร้อน (แคลอรี่/กรัม)
1	3 : 0.18 : 1.20	5,218.31
2	3 : 0.24 : 1.20	5,213.05
3	3 : 0.30 : 1.20	4,048.68
4	3 : 0.36 : 1.20	4,930.97
5	3 : 0.42 : 1.20	3,874.80



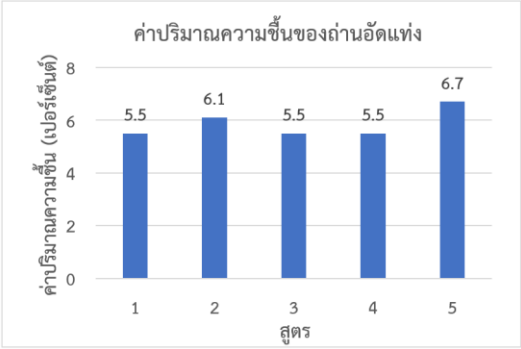
รูปที่ 10 ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากทั้ง 5 สูตร

จากการทดสอบและวิเคราะห์ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งทั้ง 5 สูตรตามเกณฑ์มาตรฐาน ASTM D3286 ถ่านอัดแท่งจะต้องมีค่าความร้อนไม่ต่ำกว่า 5,000 แคลอรี่/กรัม [8] สรุปได้ดังต่อไปนี้ ถ่านอัดแท่งในสูตรที่ 1 และ 2 มีค่าความร้อนผ่านเกณฑ์มาตรฐาน แต่ถ่านอัดแท่งสูตรที่ 3, 4 และ 5 มีค่าความร้อนต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ความร้อนของถ่านอัดแท่งสูตรที่ 3 น้อยกว่าสูตรที่ 4 เนื่องมาจากอัตราส่วนของส่วนผสมและการอัดแน่นของเนื้อถ่านอัดแท่งทั้ง 2 สูตรที่แตกต่างกัน

2) ค่าปริมาณความชื้น จากการทดสอบหาค่าปริมาณความชื้น โดยใช้เครื่องวิเคราะห์เทอร์โมกราวิเมตริกที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 4 และรูปที่ 11

ตารางที่ 4 ค่าปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่ง

สูตรที่	อัตราส่วนผสม ผงถ่าน (kg) : แป้ง (kg) : น้ำ (L)	ค่าปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์)
1	3 : 0.18 : 1.20	5.5
2	3 : 0.24 : 1.20	6.1
3	3 : 0.30 : 1.20	5.5
4	3 : 0.36 : 1.20	5.5
5	3 : 0.42 : 1.20	6.7



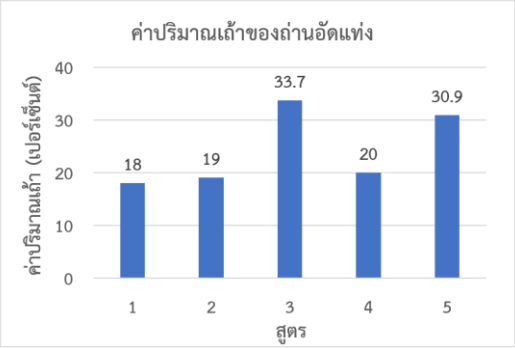
รูปที่ 11 ค่าปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งจากทั้ง 5 สูตร

จากการทดสอบและวิเคราะห์ค่าปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งทั้ง 5 สูตรตามเกณฑ์มาตรฐาน ASTM D3173 [8] ถ่านอัดแท่งจะต้องมีค่าปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก สรุปได้ดังต่อไปนี้ ถ่านอัดแท่งทุกสูตรมีค่าปริมาณความชื้นที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

1) ปริมาณเถ้า จากการทดสอบหาค่าปริมาณเถ้า โดยใช้เครื่องวิเคราะห์เทอร์โมกราวิเมตริกที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 5 และรูปที่ 12

ตารางที่ 5 ค่าปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่ง

สูตรที่	อัตราส่วนผสม ผงถ่าน (kg) : แป้ง (kg) : น้ำ (L)	ปริมาณเถ้า (เปอร์เซ็นต์)
1	3 : 0.18 : 1.20	18.0
2	3 : 0.24 : 1.20	19.0
3	3 : 0.30 : 1.20	33.7
4	3 : 0.36 : 1.20	20.0
5	3 : 0.42 : 1.20	30.9



รูปที่ 12 ค่าปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งจากทั้ง 5 สูตร

จากการทดสอบและวิเคราะห์ปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งทั้ง 5 สูตรตามเกณฑ์มาตรฐาน ASTM D3174 [8] ถ่านอัดแท่งจะ ต้องมีค่าปริมาณเถ้าไม่เกินร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก สรุปได้ดัง ต่อไปนี้ ถ่านอัดแท่งทุกสูตรมีค่าปริมาณเถ้าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์)

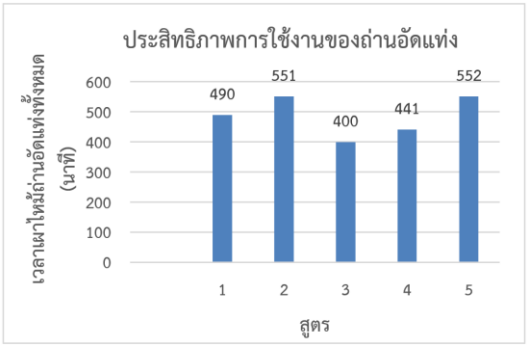
ประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่ง จากการศึกษาประสิทธิภาพการใช้งานให้ความร้อนของถ่านอัดแท่ง โดยการนำถ่านอัดแท่งมาเป็นเชื้อเพลิงในการต้มน้ำ และพิจารณาสัดส่วนของความร้อนที่น้ำได้รับกับความร้อนที่ถ่านอัดแท่งให้กับน้ำเมื่อเผาไหม้ ซึ่งได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 6 ปริมาณน้ำหลังต้มของถ่านสูตรที่ 3 และที่ 4 จึงลดลงอย่างมีนัยสำคัญเป็นผลมาจาก 1) ช่วงระยะเวลาทดสอบต่างกัน และ 2) การอุ้มความร้อนของเตา ที่เกิดจากการทดสอบอย่างต่อเนื่องโดยไม่มีการพักเตานั้น ส่งผลต่อการเดือดของน้ำและปริมาณน้ำที่ลดลง นอกจากนี้สำหรับการสรุปประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากระยะเวลาที่ถ่านอัดแท่งถูกเผาไหม้จนหมด [6] ได้ดังรูปที่ 13

ตารางที่ 6 ประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่ง

สูตรที่	น้ำหนักถ่าน (กรัม)	สภาพการจุดติดไฟ	ปริมาณน้ำ	
			ก่อนต้ม(กรัม)	หลังต้ม(กรัม)
1	514	เร็ว	1000	977
2	514	ปานกลาง	1000	613
3	514	เร็ว	1000	490
4	514	ปานกลาง	1000	765
5	514	ช้า	1000	846

ตารางที่ 6 ประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่ง (ต่อ)

สูตรที่	อุณหภูมิน้ำก่อนต้ม (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิน้ำสูงสุด (องศาเซลเซียส)	เวลาการเผาไหม้อุณภูมิสูงสุด (นาที)	เวลาเผาไหม้จนเป็นเถ้า (นาที)
1	25	97	139	490
2	24	95	153	511
3	25	95	163	400
4	25	96	141	441
5	24	96	159	552



รูปที่ 13 ประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากทั้ง 5 สูตร

จากการทดสอบและวิเคราะห์ปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งทั้ง 5 สูตรตามเกณฑ์มาตรฐาน ASTM D3173 [8] ถ่านอัดแท่งจะต้องมีค่าปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก สรุปได้ดังต่อไปนี้ ถ่านอัดแท่งทุกสูตรมีค่าปริมาณเถ้าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์)

4. สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งเปลือกเมล็ดกระบกที่ทำการทดสอบในอัตราส่วน ผงถ่าน (กิโลกรัม) : แป้งมันสำปะหลัง (กิโลกรัม) : น้ำ (ลิตร) ทั้งหมด 5 สูตร ได้แก่ 3 : 0.18 : 1.20, 3 : 0.24 : 1.20, 3 : 0.30 : 1.20, 3 : 0.36 : 1.20 และ 3 : 0.42 : 1.20 โดยน้ำหนัก พบว่า 1) ทั้ง 5 สูตรขึ้นรูปได้ 2) ถ่านอัดแท่งจากสูตรที่ 1 และ 2 มีค่าความร้อนที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน [8] โดยถ่านอัดแท่งต้องมีค่าความร้อนไม่น้อยกว่า 5,000 แคลอรี่ต่อกรัม ทั้งนี้จากทั้ง 2 สูตรมีค่าความร้อนเท่ากับ 5,218.31 แคลอรี่ต่อกรัม และ 5,213.05 แคลอรี่ต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ [5] ที่ได้ศึกษาหาค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากวัตถุดิบจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ซึ่งค่าความร้อนที่ผ่านการทดสอบนี้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนที่กำหนดไว้เช่นกัน 3) ถ่านอัดแท่งจากทุกสูตรมีค่าปริมาณความชื้นที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ASTM D3173 คือมีค่าไม่เกิน 8 กรัมต่อเปอร์เซ็นต์ สูตรที่มีค่าปริมาณความชื้นน้อยที่สุดคือสูตรที่ 1, 3 และ 4 เท่ากับ 5.5 เปอร์เซ็นต์ 4) ถ่านอัดแท่งทั้ง 5 สูตรมีปริมาณเถ้าที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ASTM D3174 คือ ปริมาณเถ้ามีค่ามากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ 5) ด้านประสิทธิภาพการใช้งาน ถ่านอัดแท่งจากสูตรที่ 1 และ 3 จุดติดไฟได้เร็ว เวลาที่ใช้ในการเผาไหม้จนเป็นเถ้าใช้เวลา 490 นาที และ 400 นาทีตามลำดับ ถ่านอัดแท่งจากสูตรที่ 2 และ 4 จุดติดไฟได้ปานกลาง เวลาที่ใช้ในการเผาไหม้จนเป็นเถ้าใช้เวลา 511 นาที และ 441 นาทีตามลำดับ สำหรับถ่านอัดแท่งจากสูตรที่ 5 ถ่านอัดแท่งที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์จึงจุดติดไฟได้ช้าที่สุดและเวลาที่ใช้ในการเผาไหม้จนเป็นเถ้าใช้เวลา 552 นาที ซึ่งสอดคล้องกับงาน วิจัยของ [6] ว่าด้วยประสิทธิภาพการให้ความร้อนดูจากระยะเวลาการเผาไหม้เหมือนกับงานวิจัยนี้ อุณหภูมิอยู่ที่ประมาณ 95-97 องศาเซลเซียสและเวลาการเผาไหม้ที่อุณภูมิสูงสุดจะอยู่ในช่วง 139-163 นาที สรุปได้ว่าสูตรถ่านอัดแท่งเปลือกเมล็ดกระบกที่มีคุณสมบัติดีที่สุด คือ สูตรที่ 1 ที่มีส่วนผสมในอัตราส่วน 3 : 0.18 : 1.20 เหมาะที่จะนำไปผลิตถ่านอัดแท่งเพื่อใช้ในครัวเรือน นอกจาก นี้การนำเปลือกเมล็ดกระบกที่เป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาแปรรูปให้เป็นถ่านอัดแท่งนั้น ถือเป็นทางเลือกหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือใช้ อีกทั้งสร้างรายได้เสริมสร้างอาชีพให้กับคนในท้องถิ่นจากวัสดุในท้องถิ่นของตน

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่เอื้ออำนวยความสะดวกในการทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง และขอขอบคุณคณาจารย์และนักศึกษาสาขาเทคโนโลยีการผลิต มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ที่ให้ความช่วยเหลือในการดำเนินงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Green Network. Opportunities and Challenges Electricity production from biomass energy in Thailand. [Online]. (2018). [Cited September 19, 2023].Available:https://www.greennetworkthailand.com/bionic-power-in-thailand/ (in Thai).

[2] R. Phutteesakul, “The Production of Charcoal Briquette by Coconut Shell and Cassava Rhizome,” M.S. thesis, Abbrev, Department of Education Degree in Industrial Education at Srinakharinwirot University, 2010 (in Thai).

[3] S. Kerdwan, R. Jeendoung, and S. Getpun, The Production of Charcoal Briquette from Sago Tree Shell. Rajamangala University of Technology Srivijaya, 2018, pp. 32 (in Thai).

[4] C.Saema and K.Thongboonrith, “The Study on Efficacy Charcoal from Corncob and Charcoal from Cassava Rhizome,” in Proceeding of *The 3rd Kamphaeng Phet Rajabhat University Nation Conference*, December. 22, 2016, pp. 608-613 (in Thai).

[5] R. Anantanukulwong, R. Chemae and N. Sareanu, “Production of Charcoal from Agricultural Residues,” *YRU Journal of Science and Technology*, vol. 4, no. 1, pp. 47-53, January-June 2019 (in Thai).

[6] P. Auntaisong and R. Maneechot, “The Constructure and Efficiency Evaluate of Charcoal Briquette Machine from Cassia Pods,” *Udon Thani Rajabhat University Journal of Sciences and Technology*, vol. 7, no. 2, pp. 147-157, July-December 2019 (in Thai).

[7] K. Wirunphan, T. Saiplean and P. Jaichompoo, “Production of Compressed Charcoal Fuel from the Waste Materials Collected after Processing Khao-Larm,” *RMUTL Engineering Journal*, vol. 2, no. 1, pp. 1-15, January-June 2017 (in Thai).

[8] Thai Industrial Standards Institute Ministry of Industry. Community product standards No.238/ 2004. [Online]. (2004). [Cited July 8, 2022].Available: https://tcps.tisi.go.th/pub/tcps238_47.pdf. (in Thai).

[9] S. Janbuala, W. Ratanathavorn, M. Lembua and W. Netharn, The Development of Fuel Briquette from Agricultural Residus for Pottery Industry. Suan Dusit University, 2018, pp. 17 (in Thai).