วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ปีที่ 1 ฉบับที่ 5 กันยายน – ตุลาคม 2566
Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University, Vol. 1 No. 5 September – October 2023

บทความวิจัย (Research Article)

การศึกษาสมบัติทางความร้อนของถ่านไม้มังคุดอัดแท่งผสมคาร์บอนแบล็ค

ธนพัฒน์ ถิระวุฒิ[1] และ ชีวะ ทัศนา[1,*]

[1] สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

*ผู้ประสานงานบทความต้นฉบับ: chewa.t@rbru.ac.th
(รับบทความ: 21 กันยายน 2566; แก้ไขบทความ: 14 ตุลาคม 2566; ตอบรับบทความ: 25 ตุลาคม 2566)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาค่าความร้อน ปริมาณความชื้นและปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งที่ทำจากถ่านไม้มังคุดผสมคาร์บอนแบล็คในปริมาณ 20 30 และ 40 กรัม โดยผสมผงคาร์บอนแบล็คลงในถ่านไม้มังคุดบดละเอียดปริมาณ 3.0 กิโลกรัม โดยใช้แป้งมันสำปะหลัง 0.25 กิโลกรัมและน้ำ 2.0 ลิตร เป็นตัวประสาน แล้วอัดแท่งด้วยวิธีอัดเย็น จากนั้นทำการศึกษา ทางความร้อนตามมาตรฐาน ASTM ผลการศึกษาพบว่า การเพิ่มปริมาณคาร์บอนแบล็คในถ่านไม้มังคุดอัดแท่งส่งผลให้ถ่านอัดแท่งมีค่าความร้อนเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณความชื้นและปริมาณเถ้ามีค่าลดลง โดยถ่านไม้มังคุดอัดแท่งและถ่านไม้มังคุดอัดแท่งผสมคาร์บอนแบล็คมีค่าความร้อน 25,477- 25,699 กิโลจูลต่อกิโลกรัม ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มผช.238/2547) ในขณะที่ถ่านอัดแท่งไม้มังคุดผสมคาร์บอนแบล็คปริมาณ มีปริมาณความชื้นและปริมาณเถ้าร้อยละ 9.44 – 6.94และ 9.10 - 3.88 ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านไม้ (มผช. 657/2547) ที่กำหนดปริมาณความชื้นและปริมาณเถ้าไว้ไม่เกินร้อยละ 10 และ 8.0 ตามลำดับ ดังนั้นสรุปได้ว่าการเติมคาร์บอนแบล็คลงในถ่านอัดแท่งไม้มังคุดสามารถปรับปรุงทางความร้อนได้ทำให้เป็นแหล่งเชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นอย่างไรก็ตามการเติมคาร์บอนแบล็คในปริมาณที่มากเกินไปอาจทำให้ถ่านอัดแท่งมีเนื้อแน่นเกินไปซึ่งส่งผลให้ถ่านอัดแท่งแตกหักง่าย ดังนั้น อาจศึกษาปริมาณคาร์บอนแบล็คที่เหมาะสมในการปรับปรุงสมบัติทางความร้อนของถ่านไม้มังคุดอัดแท่งผสมคาร์บอนแบล็คให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

คำสำคัญ: ถ่านไม้มังคุดอัดแท่ง คาร์บอนแบล็ค ค่าความร้อน ปริมาณความชื้นและปริมาณเถ้า

การอ้างอิงบทความ: ธนพัฒน์ ถิระวุฒิ และ ชีวะ ทัศนา, "การศึกษาสมบัติทางความร้อนของถ่านไม้มังคุดอัดแท่งผสมคาร์บอนแบล็ค," *วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์,* ปีที่ 1, ฉบับที่ 5, หน้า 1-7, 2566.

วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ปีที่ 1 ฉบับที่ 5 กันยายน – ตุลาคม 2566
Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University, Vol. 1 No. 5 September – October 2023

บทความวิจัย (Research Article)

A Study on Thermal Properties of Mangosteen Wood Briquette mixed with Carbon Black

Tanapat Tirawoot [1] and Chewa Thassana[1,*]

[1] Physics Program , Faculty of Science and Technology, Rambhai Barni Rajabhat University

* Corresponding Author: chewa.t.@rbru.ac.th
(Received: September 21, 2023; Revised: October 14, 2023; Accepted: October 25, 2023)

Abstract

The objective of this research was to study the calorific value, moisture content, and ash content of briquettes produced from mangosteen charcoal combined with carbon black in quantities of 20, 30, and 40 grams. Carbon black was mixed with 3.0 kilograms of finely ground mangosteen charcoal, using 0.25 kilograms of tapioca starch and 2.0 liters of water as a binder. The briquettes were then compressed using a cold press method. The thermal properties were then studied according to ASTM standards. The results showed that increasing the amount of carbon black in the mangosteen charcoal briquettes resulted in an increase in calorific value, but a decrease in moisture content and ash content. The briquettes with and without carbon black had calorific values of 25,477 ± 237 and 25,699 ± 124 kJ/kg, respectively. These values were higher than the standard value for community-produced briquettes 238/2547. The briquettes with various amounts of carbon black had moisture content and ash content of 9.44 ± 0.86%, 6.94 ± 0.31%, 9.10 ± 0.79%, and 3.88 ± 0.23%, respectively. These values were lower than the standard values for community-produced charcoal 657/2547, which specify moisture content and ash content of no more than 10% and 8.0%, respectively. In conclusion, the addition of carbon black to mangosteen charcoal briquettes can improve the thermal properties, making them a more efficient fuel source. However, adding too much carbon black can make the briquettes too dense, which can make them brittle. Therefore, further research is needed to determine the optimal amount of carbon black to improve the thermal properties of mangosteen charcoal briquettes.

Keywords: Mangosteen Briquette, Carbon black, Heating value, Moisture and Ash Content

Please cite this article as: T. Tirawoot and C. Thassana, “Study of mixture factors on the compressive strength of the mortar,” *The Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University*, vol. 1, no. 5, pp. 1-7, 2023.

บทความวิจัย (Research Article)

1. บทนำ

จันทบุรีเป็นแหล่งผลิตผลไม้ที่สำคัญของประเทศไทยมีการเพาะปลูกผลไม้ที่หลากหลาย อาทิ เงาะ สละ ทุเรียน มังคุด ลำไย เป็นต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งมังคุดมีพื้นที่ปลูกกว่า 129,537 ไร่ และผลผลิตกว่า 112,309 ตัน [1] นอกจากนี้ยังมีอุตสาหกรรมแปรรูปผลไม้เพื่อส่งออกสู่ตลาดทั้งภายในและภายนอกประเทศ ดังนั้นจึงทำให้มีเศษวัสดุเหลือทางการเกษตรที่เกิดจากการตัดแต่งกิ่งผลไม้ เช่น กิ่งทุเรียน กิ่งมังคุด และกิ่งเงาะ ฯลฯ เป็นต้น ภายหลังฤดูเก็บผลผลิตเพื่อเตรียมต้นผลไม้ให้สมบูรณ์พร้อมให้ผลผลิตที่ดีในปีถัด รวมถึงของเหลือทิ้งที่เกิดจากกระบวนการแปรรูปผลไม้ เช่น เปลือกทุเรียน เปลือกมังคุด [2] เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอื่น ๆ เช่น กะลามะพร้าวและไม้ไผ่ [3] และขยะเศษใบไม้ [4] มาใช้เป็นแหล่งเชื้อเพลิงเผาไหม้ โดยผลิตถ่านอัดแท่งเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนได้ อย่างไรก็ตามในการผลิตถ่านอัดแท่งจะต้องมีสภาวะ ที่เหมาะสมคือ ความชื้นของถ่านมีความชื้นมากเกินไป ไอน้ำที่เกิดขึ้นเมื่อผงถ่านได้รับความร้อนจะขยายตัวทำให้ถ่านอัดแท่งระเบิดและและแตกร่วน แต่ถ้าความชื้นของถ่านมีค่าน้อยเกินไปจะทำให้ผงถ่านเกาะกันเป็นแท่งได้ยาก ผิวของถ่านอัดแท่งมีรอยแตกร้าว ทั้งนี้โดยทั่วแล้ว ถ่านอัดแท่งที่ดีจะไม่มีกลิ่น ไม่มีควัน ไม่แตกประทุ ปริมาณเถ้าต่ำ ไม่ฟุ้งกระจายตัวและให้ความร้อนสูงสม่ำเสมอ

ชีวะ ทัศนา (2559) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำก้านติดใบสละมาทำเชื้อเพลิงอัดแท่ง และศึกษาวิเคราะห์เปรียบเทียบความร้อน ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้าและระยะเวลาในการติดไฟของถ่านไม้อัดแท่ง ถ่านไม้อัดแท่งผสมคาร์บอนแบล็ค ถ่านก้านติดใบสละอัดแท่ง ถ่านก้านติดใบสละอัดแท่งผสมคาร์บอนแบล็ค ผลการศึกษาพบว่าถ่านก้านติดใบสละผสมคาร์บอนแบล็คมีค่าความร้อนสูงที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 14,633 กิโลจูลต่อกิโลกรัม โดยมีปริมาณความชื้นและปริมาณเถ้าร้อยละ 8.14 และ 5.42 ตามลำดับ นอกจากนี้งานวิจัยยังพบว่าถ่านก้านติดใบสละอัดแท่งผสมคาร์บอนแบล็คยังมีระยะเวลาในการติดไฟนานกว่าถ่านไม้อัดแท่ง ถ่านไม้อัดแท่งผสมคาร์บอนแบล็คและถ่านก้านติดใบสละ [5]

เนื่องจากคาร์บอนแบล็คเป็นสารประกอบคาร์บอนชนิดหนึ่งที่มีสมบัติในการดูดซับความชื้นและความร้อนได้ดี และนำมาผสมกับวัสดุเชื้อเพลิงเพื่อปรับปรุงสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเชื้อเพลิงอัดแท่ง เช่น การเพิ่มค่าความร้อน และลดปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงอัดแท่งได้ ดังนั้นคาร์บอนแบล็คจึงอาจช่วยในการเพิ่มค่าความร้อน และลดปริมาณความชื้นและปริมาณเถ้าของถ่านไม้มังคุดอัดแท่งได้

ดังนั้นผู้วิจัยจึงศึกษาผลของคาร์บอนแบล็คต่อสมบัติทางความร้อนของถ่านอัดแท่งที่ทำจากไม้มังคุด โดยจะศึกษาเปรียบเทียบค่าความร้อน ปริมาณความชื้นและปริมาณเถ้าของถ่านไม้มังคุดอัดแท่งและถ่านไม้มังคุดอัดแท่งผสมอนุภาคคาร์บอนแบล็คปริมาณ 20, 30 และ 40 กรัม ตามลำดับ

2. วิธีการวิจัย

2.1 การผลิตถ่านอัดแท่งจากกิ่งมังคุด

1. นำถ่านไม้มังคุดปริมาณ 12 กิโลกรัม มาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดและผสมเอนกประสงค์

2. นำถ่านไม้มังคุดที่บดละเอียด 3.0 กิโลกรัม แป้งมันสำปะหลัง 0.25 กิโลกรัม ดังแสดงในรูปที่ 2 และน้ำ 2.0 ลิตร ผสมให้เป็นเนื้อเดียวด้วยเครื่องบดและผสมเอนกประสงค์ ดังแสดงในรูปที่ 1

3. นำส่วนผสมในข้อ 2 ไปอัดเป็นแท่งหกเหลี่ยม ขนาดของแต่ละด้านยาว 2.5 เซนติเมตร และยาว 11.5 เซนติเมตร และมีรูกลวงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.0 เซนติเมตร ด้วยเครื่องอัดแท่ง ดังแสดงในรูปที่ 3

4. นำส่วนผสมในข้อ 2 ผสมกับคาร์บอนแบล็ค ปริมาณ 20 30 และ 40 กรัม ตามลำดับ แล้วนำ ไปอัดเป็นแท่งด้วยเครื่องอัดแท่ง โดยถ่านอัดแท่งแต่ละ

บทความวิจัย (Research Article)

ก้อนมีค่าความหนาแน่นประมาณ 0.03 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

รูปที่ 1 เครื่องบดและผสมเอนกประสงค์

รูปที่ 2 ถ่านไม้มังคุดบดและคาร์บอนแบล็ค

รูปที่ 3 เครื่องอัดแท่ง

2.2 การวิเคราะห์สมบัติทางความร้อน

การวิเคราะห์ค่าความร้อน ปริมาณความชื้นและปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งนั้น คณะผู้วิจัยทำการทดสอบจำนวน 3 ครั้ง แล้วนำข้อมูลมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและบันทึกในตารางที่ 1

2.2.1 การวิเคราะห์ค่าความร้อน

วิเคราะห์ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งตามมาตรฐาน ASTM 5865 ด้วยเครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ (bomb calorimeter) ยี่ห้อ ika รุ่น C2000 ซึ่งสามารถทำได้ดังนี้

1. นำลวด fuse wire ยาว 10 เซนติเมตร ผูกที่ปลายทั้งสองของแท่งเหล็กที่ด้านล่างของฝาบอมบ์ ใส่ตัวอย่างถ่านอัดแท่งปริมาณ 1.0 กรัม ลงในถ้วย แล้วนำไปวางบนช่วงปลายแท่งเหล็กของฝาบอมบ์โดยให้ลวดสัมผัสกับถ่านอัดแท่งตัวอย่าง

2. อัดออกซิเจนในบอมบ์ด้วยการเติมน้ำกลั่นปริมาณ 1.00 มิลลิลิตรลงในบอมบ์แล้วปิดฝาบอมบ์ นำไปอัดออกซิเจนให้มีความดันประมาณ 30 บาร์ในถังบอมบ์

3. ระบบน้ำเย็นใส่น้ำกลั่นอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียสปริมาณ 2 ลิตรลงในถังบอมบ์แล้วต่อสายไฟที่ใช้ในการจุดระเบิด 2 เส้นเข้ากับตัวบอมบ์ ปิดฝาแล้วเปิดสวิตซ์เครื่องอ่านค่าอุณหภูมิของน้ำในถังบรรจุบอมบ์กับน้ำที่อยู่ในตัวหุ้มเมื่ออุณหภูมิทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน กดปุ่มจุดระเบิดเพื่อบันทึกค่าอุณหภูมิเริ่มต้นและอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจนกระทั่งมีค่าคงที่

4. การวัดค่าความร้อนด้วยการนำตัวบอมบ์ออกจากถัง แล้วปล่อยก๊าซออกจากบอมบ์อย่างช้า ๆ ล้างฝาบอมบ์และถ้วยที่บรรจุตัวอย่างถ่านอัดแท่งวัดความยาวลวดที่เหลือ แล้วใส่ค่าเข้าเครื่องเพื่อให้เครื่องคำนวณค่าความร้อน

2.2.2 การวิเคราะห์ความชื้น

การวิเคราะห์ค่าความชื้นของถ่านอัดแท่งตามมาตรฐาน ASTM D3173 มีขั้นตอนวิธีการดังนี้

1. ชั่งน้ำหนักถ่านตัวอย่างด้วยการนำถ่านตัวอย่างมาชั่งน้ำหนักก่อนอบและบันทึกผล

2. เปิดเครื่องตู้อบและตั้งอุณหภูมิที่ 105 องศาเซลเซียสและรอจนกว่าอุณหภูมิในช่องตู้อบจะคงที่

3. อบถ่านตัวอย่างโดยนำถ่านตัวอย่างที่ชั่งน้ำหนักไว้ใส่ในตู้อบและอบจนกว่าน้ำหนักของถ่านตัวอย่างจะลดลงและคงที่โดยไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงจนกว่าน้ำหนักจะคงที่ จากนั้นใช้เครื่องชั่งชั่งน้ำหนักหลังอบและบันทึกน้ำหนัก

4. คำนวณหาค่าร้อยละปริมาณความชื้น

$$\%M = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \qquad (1)$$

เมื่อ %M คือ ค่าร้อยละปริมาณความชื้น

w_1 คือ น้ำหนักถ่านตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

w_2 คือ น้ำหนักถ่านตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

2.2.3 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า

วิเคราะห์ค่าปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งตามมาตรฐาน ASTM D3174 มีขั้นตอนวิธีการดังนี้

1. ชั่งน้ำหนักถ่านตัวอย่างโดยนำถ่านตัวอย่างไปชั่งน้ำหนักและบันทึกผล

2. เผาถ่านตัวอย่างด้วยการนำถ่านตัวอย่างที่ผ่านการเผาจนกลายเป็นเถ้าไปชั่งน้ำหนักและบันทึกผล

3. คำนวณหาค่าร้อยละปริมาณเถ้า

$$\%Ash = \frac{W_{SC}}{W} \times 100\% \qquad (2)$$

เมื่อ %Ash คือ ค่าร้อยละปริมาณเถ้า

W คือ น้ำหนักถ่านตัวอย่างก่อนเผา (กรัม)

W_{SC} คือ น้ำหนักถ่านตัวอย่างที่ผ่านการเผา (กรัม)

3. ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์สมบัติด้านเชื้อเพลิงของถ่านไม้มังคุดอัดแท่งและถ่านไม้มังคุดอัดแท่งผสมคาร์บอนแบล็ค พบว่า มีค่าปริมาณค่าความร้อนอยู่ระหว่าง 25,477±237 - 25,699±124 กิโลจูลต่อกิโลกรัม ปริมาณความชื้นและปริมาณเถ้าอยู่ระหว่างร้อยละ 9.44±0.86–6.94±0.31 และ 9.10±0.79-3.88 ±0.23 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบค่าความร้อน ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้าของถ่านไม้มังคุดอัดแท่งผสมคาร์บอนแบล็ค 40 กรัม กับถ่านอัดแท่งที่ทำจากวัสดุต่าง ๆ

ตารางที่ 1 ค่าความร้อน ปริมาณความชื้นและเถ้าของถ่านไม้มังคุดอัดแท่งผสมคาร์บอนแบล็ค

ปริมาณคาร์บอนแบล็ค (กรัม)	ค่าความร้อน (กิโลจูลต่อกิโลกรัม)	ร้อยละความชื้น	ร้อยละปริมาณเถ้า
0	25,477 ± 237	9.44 ± 0.86	9.10 ± 0.79
20	25,502 ± 109	8.65 ± 0.28	7.22 ± 0.31
30	25,560 ± 85	7.58 ± 0.11	5.76 ± 0.37
40	25,699 ± 124	6.94 ± 0.31	3.88 ± 0.23

4. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่า ถ่านไม้มังคุดอัดแท่งผสมคาร์บอนแบล็คปริมาณ 40 กรัม มีค่าความร้อน 25,699 ± 124 กิโลจูลต่อกิโลกรัม ซึ่งมีค่าความร้อนสูงกว่าค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มผช. 657/2547) ซึ่งกำหนดค่าความร้อนไว้ไม่น้อยกว่า 25,120 กิโลจูลต่อและค่าความร้อนสูงกว่าถ่านอัดแท่งชนิดอื่น ๆ ที่มีค่าความร้อนอยู่ระหว่าง 14,633 –

25,681 กิโลจูลต่อกิโลกรัม เนื่องจากคาร์บอนแบล็คเป็นสารประกอบที่มีปริมาณคาร์บอนสูง จึงสามารถให้พลังงานความร้อนได้มาก ดังนั้น ถ่านไม้มังคุดอัดแท่งผสมคาร์บอนแบล็คจึงมีค่าความร้อนสูงกว่าถ่านไม้มังคุดอัดแท่งและถ่านไม้อัดแท่งที่ทำจากวัสดุอื่น ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2

ผลการศึกษายังพบว่า ถ่านไม้มังคุดอัดแท่งผสมคาร์บอนแบล็ค 40 กรัม มีปริมาณความชื้นและปริมาณเถ้าร้อยละ 6.94 ± 0.31 และ 3.88 ± 0.23 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของถ่านอัดแท่ง (มผช. 238/2547) และถ่านไม้ (มผช. 657/2547) ทั้งนี้เนื่องมาจากคาร์บอนแบล็คเป็นวัสดุที่มีสมบัติในการดูดซับความชื้นได้ดีดังนั้นจึงช่วยลดปริมาณความชื้นในถ่านอัดแท่งจึงทำให้ถ่านอัดแท่งมีความชื้นต่ำส่งผลให้ถ่านสามารถติดไฟได้เร็วขึ้นและเผาไหม้ได้ดีขึ้น ปริมาณจึงลดลง

เมื่อปริมาณของคาร์บอนแบล็คที่ผสมในถ่านไม้มังคุดอัดแท่งเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าความร้อนของถ่านไม้มังคุดอัดแท่งมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณความชื้นและปริมาณเถ้ามีค่าลดลง เนื่องจากคาร์บอนแบล็คมีองค์ประกอบคาร์บอนสูง ซึ่งคาร์บอนมีสมบัติในการดูดซับความชื้นได้ดีและมีเป็นแหล่งพลังงานหลักในการเผาไหม้จึงทำให้ถ่านอัดแท่งผสมคาร์บอนแบล็คมีค่าความร้อนสูง เผาไหม้ได้นานขึ้นจังทำให้ปริมาณเถ้าลดลงได้

อย่างไรก็ตาม การเติมคาร์บอนแบล็คในปริมาณมากเกินไปอาจทำให้ถ่านอัดแท่งมีเนื้อแน่นเกินไป ซึ่งส่งผลให้ถ่านอัดแท่งแตกหักง่าย ดังนั้นในอนาคตจึงควรทำการศึกษาปริมาณคาร์บอนแบล็คที่เหมาะสมในการปรับปรุงสมบัติทางความร้อนของถ่านอัดแท่งให้มีประสิทธิภาพสูง

ตารางที่ 2 ค่าความร้อน ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งที่ทำจากวัสดุต่าง ๆ

ชนิดของถ่านอัดแท่ง	ค่าความร้อน (กิโลจูลต่อกิโลกรัม)	ปริมาณความชื้น	ปริมาณเถ้า
ถ่านไม้มังคุดผสมคาร์บอนแบล็ค 40 กรัม	$25,699 \pm 124$	6.94 ± 0.31	3.88 ± 0.23
ถ่านก้านติดใบสละอัดแท่งผสมคาร์บอนแบล็ค [5]	14,633	8.14	5.42
เศษใบไม้อัดแท่ง [4]	16,645	4.24	7.47
ถ่านอัดแท่งไม้ไผ่ [3]	24,069	6.07	10.42
ถ่านอัดแท่งเปลือกมังคุด [2]	25,681	-	6.2
มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่ง (มผช. 238/2547)	$\geq$ 20,934	≤ 8	-
มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านไม้ (มผช.657/2547)	$\geq$ 25,120	≤ 10	≤ 8

5. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณกองทุนวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ประจำปีงบประมาณ 2566

6. เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, "สถิติการเกษตรของประเทศไทย," กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2561.

[2] ธเนศ ไชยชนะ, จอมภพ แวงศักดิ์, จตุพร แก้วอ่อน, และ อุษา อ้นทอง รุ่งโรจน์, "สมบัติความเป็นเชื้อเพลิงของถ่านเปลือกมังคุด," *วารสาร*

มหาวิทยาลัยทักษิณ, ปีที่ 17, ฉบับที่ 3, หน้า 29–36, 2557.

[3] กานต์ วิรุณพันธ์, ธนารักษ์ สายเปลี่ยน, และ ภาคภูมิ ใจชมพู, "การผลิตเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้ในการผลิตข้าวหลาม," *วารสารวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา*, ปีที่ 2, ฉบับที่ 1, หน้า 1-15, 2560.

[4] วัชราภรณ์ ยุบลเขต และ ดาริวรรณ เศรษฐีธรรม, "เปรียบเทียบสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษขยะใบไม้ที่ได้จากการอัดด้วยเครื่องอัดและอัดด้วยมือ," *วารสารมหาวิทยาลัยขอนแก่น. (ฉบับบัณฑิตศึกษา)*, ปีที่ 17, ฉบับที่ 4, หน้า 85-96, 2560.

[5] C. Thassana and W. Nuleg, "Effect of carbon black on thermal properties of charcoal and salacca leafstalk briquettes," in *AIP Conference Proceedings 1868*, 2017, pp. 060002-1-060002-5.