

การผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกผลมะค่าโมง

The Production of Charcoal Briquettes from *Azelia xylocarpa* Shell

วิมลนันท์ พงศ์ภัทรกานต์¹ ทศพร สีหิ้น² อัญชลี จันทิลา²

E-mail: wimonnan@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกผลมะค่าโมง โดยนำเปลือกผลมะค่าโมงมาเผาโดยใช้เตาเผาแบบไร้ควัน ที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำถ่านเปลือกผลมะค่าโมงที่บดให้ละเอียดผสมกับแป้งมันในอัตราส่วน 10:1 โดยน้ำหนัก และนำไปอัดขึ้นรูปเป็นถ่านอัดแท่งด้วยวิธีอัดเย็น ถ่านอัดแท่งที่ผลิตได้มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร ยาว 12 เซนติเมตร อัดขึ้นรูปได้ง่าย เกาะตัวกันแน่น ไม่มีรอยแตกกร้าว ถ่านอัดแท่งจากเปลือกผลมะค่าโมง มีความชื้นร้อยละ 0.04 ปริมาณสารที่ระเหยได้ร้อยละ 58.81 ปริมาณเถ้าร้อยละ 20.28 ปริมาณคาร์บอนคงตัวร้อยละ 20.53 และค่าความร้อนเท่ากับ 5,690.71 แคลอรีต่อกรัม ซึ่งมีค่าความร้อนมากกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มผช. 238/2547) ที่กำหนดไว้คือ 5,000 แคลอรีต่อกรัม เมื่อทดสอบการจุดติดไฟของถ่านอัดแท่งจากเปลือกผลมะค่าโมงใช้เวลา 2 นาที และสามารถติดไฟได้นาน 170 นาที ดังนั้นเปลือกผลมะค่าโมงสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุชีวมวลในการผลิตถ่านอัดแท่งได้

คำสำคัญ: ถ่านอัดแท่ง เปลือกผลมะค่าโมง เตาเผาแบบไร้ควัน วัสดุชีวมวล

Abstract

In this work, charcoal briquettes were produced from *Azelia xylocarpa* shell. These shell was carbonized at 900 °C in smokeless kiln for 2 hours. The charcoal powder derived from *Azelia xylocarpa* shell was mixed with tapioca flour at a ratio of 10: 1 by weight. Then, the charcoal powder and flour were molded by cold compression. The charcoal briquettes have a cylindrical shape (4 cm in diameter and 12 cm in length). Charcoal briquettes have a moisture content of 0.04 percent, volatile material content of 58.81 percent, ash content of 20.28 percent, fixed carbon content of 20.53 percent, and heat content of 5,690.71 calories per gram. Charcoal briquettes have heat capacity higher than the Thai community product standard (TCPS. 238/2547) defined as 5,000 calories per gram. The charcoal briquette ignition was tested. It takes 2 minutes for ignition and burned for 170 minutes. Hence, charcoal briquettes from *Azelia xylocarpa* shell can be used as biomass materials in the charcoal briquettes production in the market.

Keywords: charcoal briquettes, *Azelia xylocarpa* shell, smokeless kiln, biomass material

ความเป็นมาของปัญหา

ปัจจุบันความต้องการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ เป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของประชากร รวมถึงความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยี สอดคล้องกับราคาของพลังงานมีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้น แสดงถึงการเริ่มต้นของการขาดแคลนพลังงาน ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อประชากรทุกประเทศทั่วโลกในอนาคต จึงจำเป็นต้องมีพลังงานทดแทน วัสดุชีวมวลเป็นทางเลือกหนึ่งในพลังงานทดแทน วัสดุชีวมวลเป็นของเหลือทิ้งทางเกษตรถือว่าเป็นวัตถุดิบที่มีศักยภาพมากที่สุดที่จะนำมาผลิตเป็นถ่านชีวมวล เนื่องจากมีปริมาณเหลือใช้เป็นจำนวนมาก อีกทั้งราคาไม่แพง ในแต่ละปีจะมีวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจำนวนมาก เช่น ฟางข้าว แกลบ ชังข้าวโพด กะลามะพร้าว กะลาปาล์ม เป็นต้น (นฤภัทร ตั้งมั่นคงวรกุล, 2557) การผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุชีวมวลจึงเป็นทางเลือกในการสร้างแหล่งพลังงานจากวัสดุเหลือใช้ซึ่งมีขั้นตอนในการผลิต 3 ขั้นตอน คือ การนำวัสดุชีวมวลมาเผาจนเป็นถ่าน การบดผงถ่าน และการอัดขึ้นรูปเป็นแท่งตามรูปแบบตามที่ต้องการ การทำให้ถ่านขึ้นรูปเป็นถ่านอัดแท่งได้นั้น จำเป็นต้องใช้ตัวประสานซึ่งการเลือกตัวประสานควรพิจารณาถึงคุณสมบัติ ได้แก่ ราคาถูก มีแรงยึดเกาะที่ดี ไม่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นขณะเผาไหม้ และสามารถหาได้ง่าย ทั้งนี้ ถ่านอัดแท่งที่ไม่ได้ใช้ตัวประสานใดๆ เมื่ออัดเสร็จแล้วต้องนำไปใช้เลย เนื่องจากมีความเปราะมาก ทำให้หักเป็นท่อนๆ และปนกระจายได้ง่าย จึงไม่สามารถเก็บรักษาไว้นานๆ (กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2559) งานวิจัยนี้ได้ทดลองนำเอาเปลือกผลมะค่าโมงที่ร่วงหล่นตามธรรมชาติบริเวณอ่างเก็บน้ำพาว อำเภอเมือง จังหวัดเลย ซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนมาก นำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่ง โดยนำเปลือกผลมะค่าโมง

¹ อาจารย์ประจำสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

² นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

ไปเผาโดยใช้เตาเผาแบบไร้ควัน เช่นเดียวกับงานวิจัยการผลิตถ่านกัมมันต์จากเปลือกแมคคาเดเมีย (กรวิวัฒน์ โยธวงษ์ และคณะ, 2562) ซึ่งเตาเผาแบบไร้ควันนี้เป็นเตาเผาประหยัดพลังงานที่ถูกประดิษฐ์ขึ้นตามแนวคิดของอาจารย์กมล พรหมมาก และได้ถูกพัฒนาจนมีประสิทธิภาพในการเผาไหม้สูง ให้ความร้อนประมาณ 900 °C ทำให้ถ่านที่ผลิตได้มีคุณภาพดี ซึ่งเหมาะสมกับการผลิตถ่านกัมมันต์และถ่านอัดแท่ง เมื่อได้ถ่านจากเปลือกผลมะค่าโมงแล้ว นำไปบดให้เป็นผงผสมกับตัวประสาน ได้แก่ แป้งมัน และนำไปอัดขึ้นรูปให้เป็นแท่งโดยใช้เครื่องอัดถ่านแท่ง จากนั้นทดสอบสมบัติของถ่านอัดแท่งตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มผช.238/2547) ได้แก่ ทดสอบการใช้งานโดยการนำเอาถ่านอัดแท่งมาจุดติดไฟเพื่อดูควัน ระยะเวลาในการติดไฟ การหาค่าความชื้น ปริมาณสารที่ระเหยได้ ปริมาณเถ้า ปริมาณคาร์บอนคงตัว และหาค่าความร้อนโดยใช้เครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ (Bomb calorimeter)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกผลมะค่าโมง
2. เพื่อทดสอบสมบัติของถ่านอัดแท่งจากเปลือกผลมะค่าโมงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มผช.238/2547)
3. เพื่อเปรียบเทียบสมบัติของถ่านอัดแท่งจากเปลือกผลมะค่าโมง และถ่านอัดแท่งทางการค้า

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมวัตถุดิบ

นำเปลือกผลมะค่าโมงที่เก็บจากบริเวณอ่างเก็บน้ำพาว อำเภอเมือง จังหวัดเลย มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำ จากนั้นนำไปตากแดดให้แห้งเป็นเวลา 1 วัน

2. การเผาถ่านโดยใช้เตาเผาแบบไร้ควัน

นำเปลือกผลมะค่าโมงที่ผ่านการล้างทำความสะอาดและตากแดดให้แห้งมา 2 กิโลกรัม ใส่ในถังบรรจุถ่านแล้วปิดฝา นำไปเผาในเตาเผาแบบไร้ควัน อุณหภูมิ 900°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ดึงภาพประกอบที่ 1 จากนั้นปล่อยให้ถังบรรจุถ่านอุณหภูมิลดลงจนถึงอุณหภูมิห้องแล้วค่อยเปิดฝาดัง นำถ่านจากเปลือกผลมะค่าโมงออกมาชั่งน้ำหนักที่แน่นอน แล้วบดถ่านให้ละเอียด นำผงถ่านที่ได้บรรจุถุงพลาสติก



ภาพประกอบที่ 1 การเผาเปลือกมะค่าโมงโดยใช้เตาเผาแบบไร้ควัน อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส
ที่มา: ทศพร สีหิน และคณะ, 2563

3. การผลิตถ่านอัดแท่ง

ชั่งผงถ่านเปลือกผลมะค่าโมง 1 กิโลกรัม ผสมแป้งมัน 0.1 กิโลกรัม (อัตราส่วน 10: 1 โดยน้ำหนัก) และน้ำ 600 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน นำส่วนผสมที่ได้ใส่เครื่องอัดถ่าน ดึงภาพประกอบที่ 2 (ก) อัดขึ้นรูปตามรูปแบบทรงกระบอก ถ่านอัดแท่งจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 4 เซนติเมตร ความยาว 12 เซนติเมตร ดึงภาพประกอบที่ 2 (ข) จากนั้นนำไปใส่ในตู้อบให้ความร้อนจนแห้งสนิท และเก็บไว้ในถุงพลาสติกเพื่อทดสอบสมบัติของถ่านอัดแท่งในขั้นต่อไป



ก

ข

ภาพประกอบที่ 2 (ก) เครื่องอัดถ่าน (ข) ถ่านอัดแท่งที่ผลิตได้มีรูปทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร

4. การทดสอบสมบัติของถ่านอัดแท่ง

4.1 การจุดติดไฟและตรวจพินิจ

ทำการจุดติดไฟถ่านอัดแท่ง สังเกตการติดไฟของถ่านอัดแท่ง สังเกตถ่านอัดแท่งมีควันหรือไม่ จับเวลาในการติดไฟ

4.2 การหาค่าความร้อน โดยใช้เครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์

นำถ่านอัดแท่งไปบดให้ละเอียดแล้วนำไปชั่งน้ำหนักให้ได้ประมาณ 1 กรัม (บันทึกน้ำหนักที่แน่นอนด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง) จากนั้นอัดผงถ่านด้วยเครื่องอัดจนได้เม็ดถ่าน นำเม็ดถ่านใส่ครุชชีเบล วางทับด้วยฝ้ายเอาไว้แล้วปิดฝาหัวบอมบ์ให้สนิท นำหัวบอมบ์ใส่ลงในเครื่อง แล้วกดปุ่ม Start และรอประมาณ 20 นาที จะได้ค่าความร้อน โดยอ่านค่าความร้อนจากหน้าจอ

4.3 การหาค่าความชื้น ตามวิธี ASTM D 3173

นำถ้วยครุชชีเบลไปอบที่อุณหภูมิ 105 °C นาน 30 นาที แล้วนำใส่โถดูดความชื้น ทิ้งไว้ 15 นาที จนถ้วยครุชชีเบลเย็นที่อุณหภูมิห้อง จึงนำไปชั่ง ใส่ตัวอย่างประมาณ 1 กรัม (บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน) จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก นำไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 105 °C ประมาณ 2-3 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น จึงนำไปชั่งน้ำหนัก

คำนวณหาร้อยละปริมาณความชื้น ได้ดังนี้

$$\text{ร้อยละปริมาณความชื้น (\%)} = \frac{(A-B)}{A} \times 100$$

เมื่อ A = น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (g)

B = น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (g)

M = ร้อยละปริมาณความชื้น (%)

4.4 การหาปริมาณสารที่ระเหยได้ ตามวิธี ASTM D 3175

เผาครุชชีเบลพร้อมฝาที่อุณหภูมิ 950 °C ประมาณ 30 นาที แล้วนำใส่โถดูดความชื้น จนถ้วยครุชชีเบลเย็นที่อุณหภูมิห้อง จึงนำไปชั่งน้ำหนัก ชั่งตัวอย่างประมาณ 1 กรัม (บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน) ใส่ลงในครุชชีเบลแล้วปิดฝา นำใส่ลงในเตาเผา 7 นาที ที่อุณหภูมิ 875 °C แล้วปล่อยให้เย็นในเตาให้เย็น นำออกจากเตาเผา ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก

คำนวณหาค่าปริมาณสารระเหย ได้ดังนี้

$$\text{ร้อยละของปริมาณสารระเหย (\%)} = \frac{(W_1-W_2)}{W} \times 100 - M$$

เมื่อ M = ร้อยละของปริมาณความชื้น (%)

W₁ = น้ำหนักของครุชชีเบลพร้อมฝา และตัวอย่างก่อนเผา

W₂ = น้ำหนักของครุชชีเบลพร้อมฝา และตัวอย่างหลังเผา

W = น้ำหนักตัวอย่าง (g)

V = ร้อยละของปริมาณสารระเหย (%)

4.5 การหาปริมาณเถ้า ตามวิธี ASTM D 3174

นำถั่วครุชชีเบลไปเผาที่อุณหภูมิ 105 °C นาน 30 นาที แล้วนำใส่โถดูดความชื้น ทิ้งไว้ 15 นาที จนถั่วครุชชีเบลเย็นที่อุณหภูมิห้อง จึงนำไปชั่งน้ำหนัก ใส่ตัวอย่างประมาณ 1 กรัม (บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน) จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก นำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 750 °C ประมาณ 4 ชั่วโมง แล้วนำใส่โถดูดความชื้น จนถั่วครุชชีเบลเย็นที่อุณหภูมิห้อง จึงนำไปชั่งน้ำหนัก

คำนวณหาปริมาณเถ้า ได้ดังนี้

$$\text{ร้อยละปริมาณเถ้า (\%)} = \frac{(C-D)}{A} \times 100$$

เมื่อ C = น้ำหนักภาชนะพร้อมเถ้า (g)

D = น้ำหนักของภาชนะ (g)

E = น้ำหนักตัวอย่าง (g)

A = ร้อยละปริมาณเถ้า (%)

4.6 การหาปริมาณคาร์บอนคงตัว ตามวิธี ASTM D 3172

คำนวณหาค่าร้อยละของคาร์บอนคงตัว ได้ดังนี้

$$\text{ร้อยละของคาร์บอนคงตัว (\%)} = 100 - (M+V+A)$$

เมื่อ M = ร้อยละของปริมาณความชื้น (%)

V = ร้อยละของปริมาณสารระเหย (%)

A = ร้อยละของปริมาณเถ้า (%)

ผลการวิจัย

1. ลักษณะทางกายภาพของเปลือกผลมะค่าโมง

เปลือกผลมะค่าโมงก่อนเผามีลักษณะสีน้ำตาลเข้มเกือบดำ ดังภาพประกอบที่ 3 (ก) เมื่อเผาด้วยเตาเผาแบบไร้ควัน ถ่านเปลือกผลมะค่าโมงมีลักษณะสีดำ มันวาว ดังภาพประกอบที่ 3 (ข) จากนั้นนำถ่านที่ได้ไปบด และเก็บไว้ในถุงพลาสติก



ก

ข

ภาพประกอบที่ 3 (ก) เปลือกผลมะค่าโมง (ข) เปลือกผลมะค่าโมง หลังเผาด้วยเตาเผาไร้ควัน
 ที่มา: ทศพร สีหิน และคณะ, 2563

2. การจุดไฟและตรวจพินิจ

การศึกษาประสิทธิภาพการจุดติดไฟของถ่านอัดแท่ง โดยชั่งน้ำหนักของถ่านอัดแท่ง 500 กรัม จากนั้นทำการจุดติดไฟที่ถ่านอัดแท่ง สังเกตการติดไฟและจับเวลาการติดไฟ ดังภาพประกอบที่ 4 และได้ผลดังตารางที่ 1



ภาพประกอบที่ 4 การติดไฟของถ่านอัดแท่งเปลือกผลมะค่าโมง

ตารางที่ 1 เวลาที่ใช้ในการจุดติดไฟและระยะเวลาที่ติดไฟของถ่านอัดแท่งเปลือกผลมะค่าโมงและถ่านอัดแท่งทางการค้า

สมบัติการติดไฟ	ตัวอย่าง	
	ถ่านอัดแท่งเปลือกผลมะค่าโมง	ถ่านอัดแท่งทางการค้า
เวลาที่ใช้ในการจุดติดไฟ (นาที)	2	2
ระยะเวลาที่ติดไฟ (นาที)	170	210

จากตารางที่ 1 พบว่า ระยะเวลาในการจุดติดไฟของถ่านอัดแท่งจากเปลือกผลมะค่าโมงและถ่านอัดแท่งทางการค้า ใช้เวลาในการจุดติดไฟ 2 นาทีเท่ากัน ถ่านอัดแท่งเมื่อติดไฟแล้วไม่มีสะเก็ดไฟกระเด็น ไม่มีควัน ไม่มีการปะทุ ถ่านอัดแท่งเปลือกผลมะค่าโมงมีระยะเวลาติดไฟที่ 170 นาที ส่วนถ่านอัดแท่งทางการค้ามีระยะเวลาติดไฟ 210 นาที ซึ่งติดไฟเป็นเวลานานกว่าถ่านอัดแท่งเปลือกผลมะค่าโมง 40 นาที

3. สมบัติของถ่านอัดแท่ง

สมบัติของถ่านอัดแท่งเปลือกผลมะค่าโมงและถ่านทางการค้า ได้แก่ ค่าความชื้น สารระเหย เถ้า คาร์บอนคงตัว และค่าความร้อน ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ นำค่าที่ได้ มาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (\pm sd) ได้ผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สมบัติของถ่านอัดแท่งเปลือกผลมะค่าโมงและถ่านอัดแท่งทางการค้า

สมบัติของถ่านอัดแท่ง	ตัวอย่าง	
	ถ่านอัดแท่ง เปลือกผลมะค่าโมง	ถ่านอัดแท่ง ทางการค้า
ค่าความชื้น (%)	0.04 \pm 0.00	0.10 \pm 0.00
สารระเหย (%)	58.81 \pm 0.60	33.10 \pm 0.42
เถ้า (%)	20.28 \pm 0.22	30.28 \pm 0.18
คาร์บอนคงตัว (%)	20.53 \pm 0.10	36.52 \pm 0.14
ค่าความร้อน (Cal/g)	5,690.71 \pm 9.10	5,527.71 \pm 23.53

จากตารางที่ 2 พบว่าค่าความชื้นของถ่านอัดแท่งเปลือกผลมะค่าโมงและถ่านอัดแท่งทางการค้า มีค่าร้อยละ 0.04 และ 0.10 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มผช.238/2547) คือ น้อยกว่าร้อยละ 8 และถ่านอัดแท่งเปลือกผลมะค่าโมงมีค่าความร้อนสูงกว่าถ่านอัดแท่งทางการค้า ซึ่งมีค่าความร้อนสูงกว่าเกณฑ์เกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มผช.238/2547) กำหนดไว้ คือ 5,000 Cal/g นอกจากนี้ถ่านอัดแท่งจากเปลือกผลมะค่าโมง ยังมีปริมาณเถ้าที่น้อยกว่าถ่านอัดแท่งทางการค้า

อภิปรายผล

การผลิตถ่านอัดแท่งเปลือกผลมะค่าโมง สามารถผลิตได้โดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน ในอัตราส่วนถ่านเปลือกมะค่าโมงและแป้งมันเท่ากับ 10:1 โดยน้ำหนัก ถ่านอัดแท่งเปลือกผลมะค่าโมงใช้เวลาจุดติดไฟเท่ากับถ่านอัดแท่งทางการค้า คือ 2 นาที มีระยะเวลาในการติดไฟ 170 นาที ซึ่งน้อยกว่าถ่านอัดแท่งทางการค้า 40 นาที แต่มีค่าความร้อนสูงกว่าถ่านอัดแท่งทางการค้า นอกจากนี้ถ่านอัดแท่งจากเปลือกผลมะค่าโมง ยังมีปริมาณเถ้าที่น้อยกว่าถ่านอัดแท่งทางการค้า ดังนั้นถ่านอัดแท่งที่ผลิตได้จากจากเปลือกผลมะค่าโมงสามารถใช้ทดแทนถ่านอัดแท่งทางการค้าที่มีขายอยู่ตามท้องตลาดได้

สรุปผลการวิจัย

ถ่านอัดแท่งจากเปลือกผลมะค่าโมง มีลักษณะทางกายภาพเป็นรูปทรงกระบอก ขนาด 4 x 12 เซนติเมตร อัดขึ้นรูปได้ง่าย เกาะตัวกันแน่น ไม่มีรอยแตกร้าว ถ่านอัดแท่งจากเปลือกผลมะค่าโมง มีความชื้นร้อยละ 0.04 ปริมาณสารที่ระเหยได้ร้อยละ 58.81 ปริมาณเถ้าร้อยละ 20.28 ปริมาณคาร์บอนคงตัวร้อยละ 20.53 และค่าความร้อนเท่ากับ 5,690.71 แคลอรีต่อกรัม เมื่อทดสอบการจุดติดไฟของถ่านอัดแท่งจากเปลือกผลมะค่าโมงใช้เวลา 2 นาที และสามารถติดไฟได้นาน 170 นาที ดังนั้นเปลือกผลมะค่าโมงสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตถ่านอัดแท่งได้

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

ควรมีการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์ของเชื้อเพลิงอัดแท่ง วิเคราะห์เปรียบเทียบความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ของถ่านอัดแท่งที่ผลิตได้กับถ่านอัดแท่งทางการค้าเพื่อใช้เป็นข้อมูลหรือแนวทางการตัดสินใจของผู้ประกอบการ

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2559). **การพัฒนาคุณภาพถ่านอัดแท่ง**. สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กรมวิทยาศาสตร์บริการ
- กรวิวัฒน์ โยธวงษ์, ลดาวัลย์ สิงห์เงา, วิมลนันท์ พงศ์ภัทรกานต์. (2562). การผลิตถ่านกัมมันต์จากเปลือกแมคคาเดเมียที่กระตุ้นด้วยโซเดียมคลอไรด์. ในเอกสารการประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 1 ประจำปี 2562, (35 – 44). เลย: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย.
- นฤภัทร ตั้งมันคงวรกุล. (2557). การผลิตแท่งเชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมการเกษตรและครัวเรือน. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 6(11), 66-77.
- ทศพร สีหิน, อัญชลี จันทิลา, วิมลนันท์ พงศ์ภัทรกานต์. (2563). การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ เคมี และการดูดซับสีเมทิลีนบลูของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากเปลือกผลมะค่าโมง. ในเอกสารการประชุมราชภัฏเลยวิชาการ ครั้งที่ 6 ประจำปี 2563, (660 – 667). เลย: มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย.
- รุ่งโรจน์ พุทธิสกุล. (2553). การผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเห้ง้าสำปะหลัง. ปริญญาานิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา) บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สำนักงานมาตรฐานชุมชน. (2547). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง**. <http://tcps.tisi.go.th/pub/tcps238_47> (สืบค้นเมื่อวันที่ 27 มิถุนายน 2563).