การผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร
Production of Charcoal from Agricultural Residues

โรสลีนา อนันตนุกูลวงศ์* รอดียะห์ เจ๊ะแม นุรมายามีน สาเร๊ะนุ
Roseleena Anantanukulwong* Rodeeyah Chemae and Nurmayamean Sareanu

สาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลาจังหวัดยะลา 95000
Physics Program, Faculty of Science Technologh and Agriculture, Yala Rajabhat University, Yala Province. 95000. Thailand
Correspondings Author, E-mail: roseleena.y@yru.ac.th
(Recieived: May 5, 2019; Revised: June 28, 2019; Accepted: June 28, 2019)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ กะลามะพร้าว (พันธุ์ต้นสูง) ใบไม้แห้ง (ใบต้นละมุด) ขี้เลื่อย (ต้นทุเรียน) ผลิตเป็นถ่านอัดแท่งโดยมีน้ำหนัก 100% โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบวัตถุดิบที่เหมาะสมในการผลิตถ่านอัดแท่งและทดสอบหาสมบัติทางกายภาพของความร้อนและค่าความชื้น จากการทดลองพบว่าค่าความร้อนจากกะลามะพร้าว (พันธุ์ต้นสูง), ใบไม้แห้ง (ใบต้นละมุด),ขี้เลื่อย(ต้นทุเรียน) มีค่าเท่ากับ 4910.82 cal/g 3,195.757 cal/g และ 5,067.55 cal/g ตามลำดับ และค่าความชื้นเท่ากับ 0.043% 0.041% 0.037% ตามลำดับ โดยค่าความร้อนตามมาตรฐาน(ASTM D 240) ต้องไม่น้อยกว่า 5,000 cal/g และค่าความชื้นตามมาตรฐาน (ASTM E 3173) ต้องไม่เกินร้อยละ 10 ซึ่งค่าความร้อนและค่าความชื้นจากการทดลองอยู่ในเกณฑ์การผลิตถ่านอัดแท่ง

คำสำคัญ : ถ่านอัดแท่ง กะลามะพร้าว ขี้เลื่อย ใบไม้แห้ง สมบัติทางกายภาพ

Abstract

This research is to produce compressed charcoal from waste materials, coconut shells (tall tree varieties), dry leaves (Sapodilla leaves), sawdust (durian tree) produced as charcoal briquettes with 100% weight. Suitable for the production of briquette charcoal and testing for physical properties of heat and moisture from the experiment, it was found that the heat value of coconut shell (Ton-Sung varieties), dry leaves (Sapodilla leaves), sawdust (durian tree) is 4910.82 cal/g 3,195.757 cal/g and 5,067.55 cal/g, respectively and the moisture content is 0.043% 0.041% 0.037%, respectively. The standard heating value (ASTM D 240) must not be less than 5,000 cal/g and the moisture content according to the standard (ASTM E 3173) must not exceed 10 percent. Where the heat value and moisture content from the experiment are in the production of charcoal briquette

Keywords: Charcoal, Coconut shell, Sawdust, Dry leaves, Physical properties

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีอัตราการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยแหล่งพลังงานในประเทศมีอัตราการผลิตไม่เพียงพอกับอัตราการใช้ จึงมีความจำเป็นในการนำเข้าพลังงาน (สำนักนโยบาย และแผนพลังงาน, 2556) ดังนั้นควรมีแหล่งพลังงานเพื่อทดแทนการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศ โดยพลังงานทดแทนจากชีวมวลเป็นทางเลือกหนึ่งที่ประเทศไทยมีศักยภาพในการผลิต (กรมพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน, 2555) วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง เช่น ทางมะพร้าว (ธนาพล ตันติสัตยกุล และคณะ, 2558) เปลือกทุเรียน (Nuriana et al., 2014) ต้นไมยราบยักษ์ (ปัญจรัตน์ โจลานันท์ และคณะ, 2554) ซังและเปลือกข้าวโพด (กิตติกร สาสุจิตต์ และคณะ, 2558) เป็นต้นนำมาทดแทนในครัวเรือน ถึงแม้ว่าปัจจุบันมีครัวเรือนใช้การหุงต้มจากไฟฟ้า และแก๊ส หากแต่ในบางท้องที่ บางครัวเรือนหรือ

บางกิจการก็ยังต้องอาศัยถ่านในการหุงต้ม แต่เนื่องจากถ่านที่ได้จากฟืนไม้ไม่ได้หาได้ง่ายอีกทั้งทำให้ทรัพยากรป่าไม้ลดลง ดังนั้น จึงมีผู้คิดค้นวัตถุดิบอื่น ๆ มาใช้ทำถ่านทดแทนไม้ ซึ่งวัตถุดิบชนิดนั้นต้องเป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่าย มีราคาไม่แพง สามารถให้ถ่านที่มีคุณภาพได้ดีเทียบเท่าถ่านจากไม้ฟืน เช่น ถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามและทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง จากเปลือกมะขามเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด โดยเริ่มจากการนำเปลือกมะขามซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจาก การแปรรูปมะขามมาเผาด้วยกระบวนการคาร์บอนไนเซชั่นให้กลายเป็นถ่านเปลือกมะขามจากนั้นนำมาทำการ บดย่อย แล้วนำไปผสมกับตัวประสานในอัตราส่วน ถ่าน : แป้งมันสำปะหลัง : น้ำ ทั้งสิ้น 3 อัตราส่วน คือ 1: 1: 0.75, 2: 1: 0.50 และ 3: 1: 0.25 โดยน้ำหนักแล้วนำไปขึ้นรูปให้เป็นแท่งด้วยวิธีการอัดเย็น จากนั้นผู้วิจัยได้นำถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามทั้ง 3 อัตราส่วนไปทำการทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม ได้แก่ การทดสอบค่าความร้อน การทดสอบปริมาณความชื้น การทดสอบดัชนีการแตกร่วนโดยวิธีทิ้งจากที่สูงและการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานพบว่าอัตราส่วนของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมที่สุด คือ อัตราส่วน 2: 1: 0.50 โดยน้ำหนักมีค่าความร้อน 5,730 kcal/kg ปริมาณความชื้น 6.1% ค่าดัชนีการแตกร่วน 0.97 และประสิทธิภาพการใช้งานสามารถให้ความร้อนได้ระยะเวลา 440 นาที (หทัยนุช จันทร์ชัยภูมิ, 2561) การผลิตก้อนเชื้อเพลิงชีวมวลจากเศษเหลือทิ้งจากการเกษตรเป็นทางเลือกหนึ่งของการค้นหาแหล่งพลังงานที่มีความเหมาะสมสำหรับประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศเกษตรกรรม งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตก้อนเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของเศษฟางข้าวและเศษลำไยเหลือทิ้ง โดยใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสาน และใช้การอัดแบบ เปียกด้วยแรงอัดต่ำ 50 และ 75 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ทำการทดลองที่อัตราส่วนของเศษฟางข้าวต่อเศษลำไยเหลือทิ้งที่อัตราส่วนต่างๆ กัน ดังนี้ 100:0, 80:20, 60:40, 50:50, 40:60, 20:80 และ 0:100 โดยน้ำ หนัก จากนั้นตรวจวัดสมบัติทางกายภาพของก้อนเชื้อเพลิงชีวมวล ได้แก่ ลักษณะรูปร่าง ค่าความหนาแน่น และสมบัติทางเคมี ได้แก่ ค่า ความชื้น ค่าเถ้า ค่าสารระเหยได้ ค่าคาร์บอนคงตัว และค่าความร้อน จากผลการทดลองพบว่าส่วนผสมที่เหมาะสม สำหรับการผลิต คือ การใช้เศษฟางข้าวต่อเศษลำไยเหลือทิ้งที่อัตราส่วน 20:80 โดยน้ำ หนัก มีแป้งเปียกร้อยละ 6 เป็น ตัวประสาน ใช้แรงอัดที่ 50 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งก้อนเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีค่าความหนาแน่น 0.33 กรัมต่อตารางเซนติเมตร สำหรับค่าความชื้น ค่าเถ้า ค่าสารระเหยได้ และค่าคาร์บอนคงตัว ของก้อนเชื้อเพลิงมีค่าร้อยละ 7.39, 5.00, 85.73 และ 1.88 ฐานแห้งตามลำดับ ขณะที่ค่าความร้อนของก้อนเชื้อเพลิงมีค่าเท่ากับ 3,698.46 แคลอรี่ต่อกรัม และก้อนเชื้อเพลิงมีค่าประสิทธิภาพการใช้งานความร้อน เท่ากับร้อยละ 10.64 (ลดาวัลย์ วัฒนะจีระ และคณะ, 2559) เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงจากฟางข้าวแบบครบวงจรนี้ ได้พัฒนาขึ้นจากเครื่องผลิตเชื้อเพลิงแท่งจากฟางข้าวแบบครบวงจรปรับปรุงในส่วนของชุดสับฟางจากใบมีดวางแนวนอนแบบยึดกับที่เป็นแบบวางแนวตั้งแบบอิสระและชุดอัดฟางจากใช้สกรูเป็นแบบลูกสูบ ทดสอบอัดฟางข้าวทและฟางข้าวผสมกับใบจามจุรี ฟางข้าวผสมกับเศษไม้จามจุรีและฟางข้าวผสมกับถ่านไม้จามจุรีในอัตราส่วน 75:25 50:50 25:75 และ 0:100 โดยน้ำหนักผลการทดสอบพบว่าการผลิตแท่งเชื้อเพลิงจากฟางข้าวและ วัสดุผสมกับฟางข้าวที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.3 นิ้วยาว 10 นิ้วได้ขั้นต่ำ 39 กิโลกรัมต่อชั่วโมง การน้ำแท่งเชื้อเพลิงที่ได้จาก การทดสอบลดค่าความชื้นไม่เกิน 11% มาตรฐานเปียกทดสอบต้มน้ำในภาชนะที่ใส่น้ำ 500 กรัมต่อแท่งเชื้อเพลิง 150 กรัม ผลการทดสอบพบว่าแท่งเชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของฟางข้าว 50 : ใบจามจุรี 50 ฟางข้าว 25: ใบจามจุรี 75 ฟางข้าว 50 : เศษไม้จามจุรี 50 และฟางข้าว 25 : เศษไม้จามจุรี 75 สัดส่วนโดยน้ำหนักการติดไฟและการเผาไหม้ดี ปริมาณควันน้อย ค่าพลังงานจากการ ทดสอบอยู่ในช่วง 3,600-4,300 kCal (สมบัติย์ มงคลชัยชนะ และคณะ, ม.ป.ป) ด้วยเหตุนี้ คณะวิจัยจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญของเศษวัสดุเหลือใช้ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้เป็นพลังงานทดแทนเชื้อเพลิง นอกจากที่จะต้องนำไปทำลายทิ้งโดยเปล่าประโยชน์และอาจก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศในการเผาทิ้งแล้วนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อีกโดยพัฒนาปรับปรุงคุณสมบัติให้ดีขึ้นและสามารถนำมาทดแทนเชื้อเพลิงได้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อทดสอบหาค่าความร้อนและค่าความชื้นของถ่านอัดแท่งจากวัตถุดิบจากวัสดุเหลือใช้
2. เพื่อเปรียบเทียบวัตถุดิบที่เหมาะสมในการผลิตถ่านอัดแท่ง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมถ่านอัดแท่ง

1.1. ร่อนกะลามะพร้าว (พันธุ์ต้นสูง) ใบไม้แห้ง (ใบต้นละมุด) ขี้เลื่อย (ต้นทุเรียน) ผ่านตะแกรงร่อนขนาด 325 mash

1.2. ชั่งผงถ่านของกะลามะพร้าว ใบไม้แห้งและขี้เลื่อยปริมาณ 300 กรัม

1.3. ชั่งตัวประสานคงที่ แป้งมันสำปะหลังปริมาณ 25 กรัม

1.4. ปริมาณน้ำ 600 มิลลิลิตร

1.5. นำแป้งมันสำปะหลังไปต้มกับน้ำในข้อ 3 และ 4 แล้วกวนให้เข้ากัน

1.6. นำผงของแต่ละวัตถุดิบไปผสมกับแป้งมันที่ได้จากการต้ม แล้วกวนให้เข้ากัน

1.7. ทำการอัดถ่านในเครื่องอัดแท่ง

1.8. นำไปผึ่งแดด 2-3 วัน หรือนำไปอบ

ภาพที่ 1 การทำถ่านอัดเม็ดจาก 3 วัตถุดิบ

จากภาพที่ 1 แท่นอัดไฮดรอลิคถือเป็นการนำอุปกรณ์ไฮดรอลิคมาใช้แบบพื้นฐานง่าย ๆ แค่การกด การอัด อาศัยการออกแบบกระบอกอัดไฮดรอลิค มีชุดซีล มีน้ำมันไฮดรอลิค ปั๊มอัดน้ำมัน ไฮดรอลิค เป็นหลักการใช้แรงดันน้ำมันดันกระบอกไฮดรอลิค ไม่ได้ใช้หลักการออกแบบ หรือการควบคุมจังหวะการทำงานอะไรที่ซับซ้อนมาควบคุม อาจจะมีระบบไฟฟ้าเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยสำหรับ แท่นอัดไฮดรอลิคขนาดกำลังอัดมากๆ เป็น 100 ตันขึ้นไป

ภาพที่ 2 ถ่านอัดเม็ดที่ผ่านการนำไปผึ่งแดด

2. ทดสอบสมรรถนะ

2.1 หาค่าความชื้นของถ่านอัดแท่ง

การทดสอบหาค่าความชื้นของถ่านจากกะลามะพร้าว ใบไม้แห้งและขี้เลื่อย โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1.1 นำถ่านที่ต้องการหาความชื้นมาทำการชั่งน้ำหนักโดยมีน้ำหนัก 1 กรัมแล้วบันทึกค่าไว้เป็นมวลเริ่มต้นดังภาพที่ 3

ภาพที่ 3 การชั่งผงถ่านทั้ง 3 วัตถุดิบ

2.1.2. นำถ่านที่ชั่งน้ำหนักแล้วจากข้อ 1 มาอบในตู้อบลดความชื้นที่มีอุณหภูมิ 105 °C โดยใช้เวลาอบ 2 ชั่วโมงและบันทึกค่าไว้เป็นมวลวัตถุแห้ง (วนิดา จาดดำ, 2548) ดังภาพที่ 4

ภาพที่ 4 การนำผงถ่านที่ชั่งแล้วใส่ในตู้อบไล่ความชื้น

2.1.3 จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าความชื้นมาตรฐานเปียกของถ่าน โดยใช้สมการที่ (1)

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

เมื่อ M = ร้อยละของปริมาณความชื้น
W_1 = น้ำหนักถ้วยตัวอย่างก่อนอบ (g)
W_2 = น้ำหนักถ้วยและตัวอย่างหลังอบ (g)

2.2 ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่ง

การทดสอบหาค่าความร้อนของถ่านจากกะลามะพร้าว ใบไม้แห้งและขี้เลื่อย โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.2.1 นำผงถ่านจากกะลามะพร้าว ใบไม้แห้งและขี้เลื่อยที่มีตัวประสานคงที่อัดเป็นเม็ด ดังภาพที่ 5

ภาพที่ 5 อัดถ่านให้เป็นเม็ด

2.2.2 นำวัตถุดิบทั้งสามชนิดไปวัดหาค่าความร้อนโดยใช้เครื่อง Oxygen Bomb Calorimeter ดังภาพที่ 6

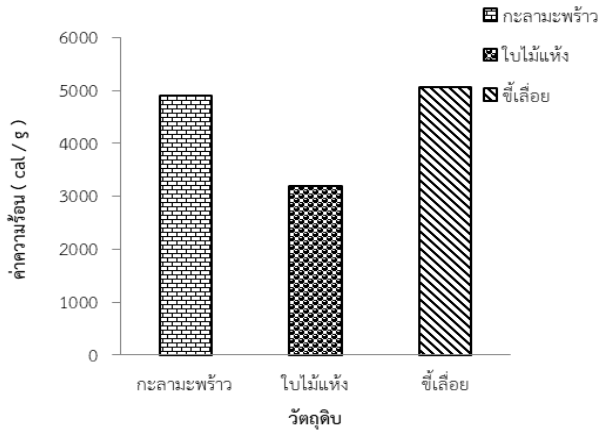
ภาพที่ 6 วัดค่าความร้อนจากเครื่อง Oxygen Bomb Calorimeter

2.2.3 บันทึกค่าความร้อนที่ได้จากเครื่อง Oxygen Bomb Calorimeter เพื่อนำมาเปรียบเทียบของแต่ละวัตถุดิบ

ผล

ตารางที่ 1 ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าว ใบไม้แห้งและขี้เลื่อย

วัตถุดิบ	ความร้อน cal/g
กะลามะพร้าว	4,910.82
ใบไม้แห้ง	3,195.75
ขี้เลื่อย	5,067.55

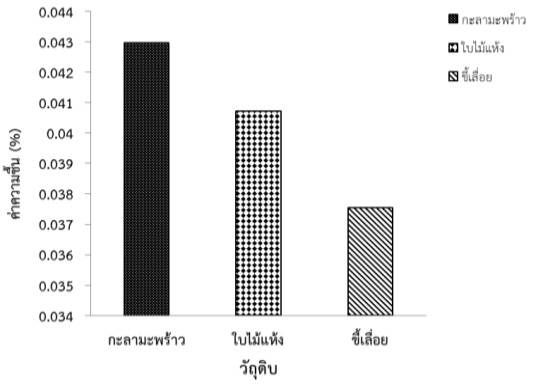


ภาพที่ 7 ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าว ใบไม้แห้งและขี้เลื่อย

จากภาพที่ 7 พบว่าค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากวัสดุทั้ง 3 ชนิด ขี้เลื่อยมีค่าความร้อนมากที่สุด เท่ากับ 5067.55 cal/g กะลามะพร้าวมีค่าเท่ากับ 4910.82 cal/g และค่าความร้อนที่มีค่าน้อยที่สุดคือใบไม้แห้งมีค่าเท่ากับ 3195.75 cal/g เมื่อทำการเปรียบเทียบกับค่าความร้อนตามค่ามาตรฐาน (ASTM D 240) ต้องไม่น้อยกว่า 5,000 cal/g (วัชราภรณ์ ยุบลเขต, ม.ม.ป.)

ตารางที่ 2 ค่าความชื้นของถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวใบไม้แห้งและขี้เลื่อย

วัตถุดิบ	น้ำหนักก่อนถูกอบ (g)	น้ำหนักหลังถูกอบ(g)	ความชื้น %
กะลามะพร้าว	238.46	238.35	0.043
ใบไม้แห้ง	238.39	238.29	0.041
ขี้เลื่อย	239.89	239.80	0.037



ภาพที่ 8 ค่าความชื้นของถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าว ใบไม้แห้งและขี้เลื่อย

จากภาพที่ 8 พบว่าค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากวัสดุทั้ง 3 ชนิด กะลามะพร้าวมีค่าความชื้นมากที่สุดเท่ากับ 0.043% ใบไม้แห้งมีค่าเท่ากับ 0.041% และขี้เลื่อยมีค่าความชื้นน้อยที่สุดเท่ากับ 0.037% ซึ่งถ่านที่มีคุณภาพดีจะต้องมีความชื้นที่ต่ำ โดยมีค่าความชื้นและค่าความชื้นตามมาตรฐาน (ASTM E 3173) ไม่เกินร้อยละ 10 (วัชราภรณ์ ยุบลเขต, ม.ม.ป.) จากการทดสอบถ่านอัดแท่งทั้ง 3 ชนิดต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

อภิปรายผล

ถ่านจากกะลามะพร้าวมีความร้อนเท่ากับ 4,910.82 cal/g ซึ่งสอดคล้องกับ รุ่งโรจน์ พุทธิสกุล (รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล, 2553) ซึ่งทำการศึกษาเรื่องการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง พบว่าถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมระหว่างถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลังในอัตราส่วน 3 : 7 มีค่าสมรรถนะทางความร้อน เท่ากับ 5,003 klcal/klg ให้ค่าสมรรถนะทางความร้อนผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) อีกด้วย

ถ่านจากขี้เลื่อยมีความร้อนเท่ากับ 5,067.55 cal/g ซึ่งไม่สอดคล้องกับ ศิริชัย ต่อสกุล และคณะ โดยทำการทดลองการพัฒนาถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวเป็นพลังงานทดแทน พบว่ากากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยที่อัตราส่วน 30:70 ประมาณ 6,000 ซึ่งสูงกว่าค่ามาตรฐาน (ศิริชัย ต่อสกุล และคณะ, 2555)

ถ่านจากใบไม้แห้งมีค่าความร้อนน้อยที่สุดเท่ากับ เท่ากับ 4,910.82 cal/g ในใบอาจมีสารบางชนิดที่ทำให้เกิดการเผาไหม้ไม่ได้อย่างเต็มที่จึงมีผลต่อการการเผาไหม้จึงได้ค่าความร้อนน้อยกว่า (นนทพันธ์ จันทร์ธนูเดช, 2550)

จากการทดลองค่าความชื้นจากถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าว (พันธุ์ต้นสูง) ใบไม้แห้ง (ใบต้นละมุด) ขี้เลื่อย (ต้นทุเรียน)พบว่าทั้ง 3 ชนิดมีค่าความชื้นต่ำกว่าค่ามาตรฐาน (ASTM E 3173) ต้องไม่เกินร้อยละ 10 (วัชราภรณ์ ยุบลเขต, ม.ม.ป.) ซึ่งค่าความชื้นจากการทดลองอยู่ในเกณฑ์การผลิตถ่านอัดแท่ง

สรุป

จากการทดลองถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าว (พันธุ์ต้นสูง) ใบไม้แห้ง (ใบต้นละมุด) ขี้เลื่อย (ต้นทุเรียน) เพื่อหาวัตถุดิบที่เหมาะสมในการทำถ่านอัดแท่งเพื่อให้ได้ถ่านที่มีประสิทธิภาพโดยทดลองหาค่าสมรรถนะของถ่านได้แก่ ค่าความร้อนและค่าความชื้นจากหน่วยวิจัยวัสดุศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา เมื่อผสมผงถ่านกับตัวประสานแป้งมันสำปะหลังต่อน้ำใน

อัตราส่วน 300 g 25 g และ 300 โดยทดสอบสามวัตถุดิบคือ กะลามะพร้าวใบไม้แห้งและขี้เลื่อย จากการทดลองพบว่าค่าความร้อนเท่ากับ 4,910.82 cal/g 3,195.757 cal/g และ 5,067.55 cal/g ตามลำดับ และค่าความชื้นเท่ากับ 0.043% 0.041% 0.037% ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาตัวอย่างทั้งหมด เพื่อเลือกวัตถุดิบที่เหมาะสมสำหรับถ่านอัดแท่งพบว่า ขี้เลื่อยเป็นวัตถุดิบที่เหมาะสมที่สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง ซึ่งมีค่าความร้อนสูงสุดและค่าความชื้นต่ำสุด

เอกสารอ้างอิง

กรมพลังงานทดแทน และ อนุรักษ์พลังงาน. (2555). แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน10 ปี (พ.ศ. 2555-2564). กระทรวงพลังงาน. กรุงเทพฯ : 15.

กิตติกร สาสุจิตต์ วราพงศ์ แสนพินิจ ณัฐพงษ์ วงค์รินทร์ และณัฐวุฒิ ดุษฎี. (2558). การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งซังและเปลือกข้าวโพดด้วยเทคนิคการอัดรีดขึ้นรูปโดยใช้ตัวประสานแป้งมันผสมปูนขาว. *วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ, 18*(1), 5-14.

ธนาพล ตันติสัตยกุล สุริฉาย พงษ์เกษม ปรีย์ปวีณ ภูหญ้า และ ภานุวัฒน์ ไถ้บ้านกวย. (2558). พลังงานทดแทนชุมชนจากเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากทางมะพร้าว. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 23*(3), 418 -431.

นนทพันธ์ จันทร์ธนูเดช. (2550). การหาและเปรียบเทียบพลังงานความร้อนระหว่างใบไม้แห้ง 15 ชนิด และถ่านอัดแท่ง : กรณีศึกษา อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย : สำนักวิทยบริการฯ

ปัญจรัตน์ โจลานันท์ อาทิตย์ พุทธรักชาติ และจันสุดา คาตุ้ย. (2554). พลังงานทดแทนชุมชนจากเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่งไมยราบยักษ์. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น, 16*(1), 20-31.

รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล. (2553). การผลิตถ่านอักแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง. ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีนครินทรวิโรฒ.

ลดาวัลย์ วัฒนะจีระ และคณะ. (2559). การพัฒนาก้อนเชื้อเพลิงชีวมวลจากเศษฟางข้าวผสมเศษลำไยเหลือทิ้ง. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ, 39*(2), 239-255.

วนิดา จาดดำ. (2548). “การศึกษาคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากกากชาเขียวที่ผลิตโดยเครื่องอัดแบบเกลียว”. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง: ม.ป.ท.

วัชราภรณ์ ยุบลเขต และ ดาริวรรณ เศรษฐีธรรม. (ม.ป.ป.). เปรียบเทียบคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากขยะเศษใบไม้ที่ได้จากการอัดด้วยเครื่องอัดและอัดด้วยมือ. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น (ฉบับบัณฑิตศึกษา), 17*(4).

สมบัติย์ มงคลชัยชนะ และปิยะพงษ์ วงค์ขันแก้ว. (ม.ป.ป.) การพัฒนาเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงจากฟางข้าว. รายงานสืบเนื่องการประชุมสัมมนาวิชาการ (Proceedings) การนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติเครือข่ายบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 17.

สำนักนโยบาย และ แผนพลังงาน. (2556). รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย 2013. กรุงเทพฯ : กระทรวงพลังงาน.

สิริชัย ต่อสกุล กุณฑล ทองศรี และจงกล สุภารัตน์. (2555). การพัฒนาถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวเป็นพลังงานทดแทน. *การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ.ศ. 2555. 17-19 ตุลาคม 2555, 12*, 1381-1386.

หทัยนุช จันทร์ชัยภูมิ. (2561). ถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม. การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติราชธานีวิชาการ ครั้งที่ 3 “นวัตกรรมที่พลิกโฉมสังคมโลก”, 3, 288-296.

Nuriana, W. Anisa, N. & Martana. (2014). Synthesis Preliminary Studies Durian Peel Bio Briquettes as an Alternative Fuels. *Energy Procedia, 47,* 295-302.