

การสร้างเครื่องและหาประสิทธิภาพถ่านอัดแท่งจากฝักราชพฤกษ์ THE CONSTRUCTURE AND EFFICIENCY EVALUATE OF CHARCOAL BRIQUETTE MACHINE FROM CASSIA PODS

ปกรณ์ อุ่นไธสง* และ รชต มณีโชติ

Pakorn Auntaisong* and Rachata Maneechot

สาขาวิชาเทคนิคพื้นฐาน วิทยาลัยธาตุพนม มหาวิทยาลัยนครพนม

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องผลิตถ่านอัดแท่งจากฝักราชพฤกษ์แล้วหาค่าความร้อนและประสิทธิภาพการใช้งานที่ดีที่สุด โดยการนำฝักราชพฤกษ์แถมมาเผาด้วยกระบวนการคาร์บอนไนเซชันให้กลายเป็นถ่าน จากนั้นทำการบดและผสมตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ ซึ่งประกอบด้วย ถ่านฝักราชพฤกษ์ แป้งมันสำปะหลัง และน้ำ รวม 3 อัตราส่วน ได้แก่ อัตราส่วน 1 : 1 : 0.75, 2 : 1 : 0.50 และ 3 : 1 : 0.25 โดยน้ำหนัก จากนั้นทำการบดผสม และอัดด้วยเครื่องอัดแท่งถ่านด้วยสกรูแบบอัดเย็น จากผลการทดสอบ พบว่า อัตราส่วนผสมที่ให้ค่าความร้อนและประสิทธิภาพการใช้งานที่ดีที่สุด คือ อัตราส่วน 2 : 1 : 0.50 โดยให้ค่าความร้อน 22.58 MJ/kg (5,394 kcal/kg) และประสิทธิภาพการใช้งานอุณหภูมิสูงสุดที่ 87.6°C แล้วปล่อยให้อุณหภูมิลดลงเหลือ 50°C รวมเวลาเผาไหม้ 451 นาที ประสิทธิภาพทางความร้อน 52.81% นอกจากนี้ เมื่อทำการทดสอบต้มน้ำกับภาชนะแบบมีฝาปิด พบว่า อุณหภูมิเพิ่มขึ้น อยู่ที่ 95°C

คำสำคัญ: ถ่านอัดแท่ง, ฝักราชพฤกษ์, ค่าความร้อน, อุณหภูมิ

* ผู้ประสานงาน: ปกรณ์ อุ่นไธสง

อีเมล: p.auntaisong@gmail.com

ABSTRACT

The objectives of this research were to produce charcoal briquette machine from cassia pods and to measure the heat and efficiency by burning the cassia pods with carbonization process. The burned cassia pods were then crushed and mixed with cassava starch and water with the weight ratios of 1 : 1 : 0.75; 2 : 1 : 0.50; and 3 : 1 : 0.25. The charcoals were then briquetted by using cold compression charcoal briquette machine. It was found that the ratio which provided the best heat value and efficiency was the 2 : 1 : 0.50 ration with the heating value of 22.58 MJ/kg (5,394 kcal/kg), and the usage efficiency was at the highest temperature of 87.6°C and the lowest temperature of 50°C. This burning process took 451 minutes and thermal efficiency was 52.81%. In addition, when testing with water boiling in a closed container, it was found that the temperature was increased to 95°C.

KEYWORDS: Charcoal briquette, Cassia rods, Heating Value, Temperature

บทนำ

ถ่าน เป็นพลังงานเชื้อเพลิงที่นิยมใช้ในครัวเรือน ชุมชน รวมถึงในสถานประกอบการ ซึ่งได้รับความนิยมตั้งแต่อดีตมาจนถึงปัจจุบัน เนื่องจากมีข้อดีหลายประการ เช่น สามารถผลิตเองได้ วัตถุดิบมาจากธรรมชาติ หาได้ง่าย และราคาถูก เป็นต้น แม้ปัจจุบันจะมีการใช้นวัตกรรมใหม่ ๆ ผลิตพลังงานเชื้อเพลิงเพื่อทดแทนการใช้ถ่านแต่ก็ยังมีต้นทุนที่สูงอยู่ จึงทำให้เกิดความพยายามที่จะนำวัสดุทดแทนชนิดอื่น ๆ ที่หาง่ายและราคาถูกกว่ามาปรับใช้ เช่น วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ได้แก่ เปลือกผลไม้ ชานอ้อย เหง้ามันสำปะหลัง กะลามะพร้าว กะลาปาล์ม ไม้ไผ่ เศษไม้ เปลือกไม้ต่าง ๆ และเศษวัชพืช เป็นต้น

ฝักราชพฤกษ์ เป็นวัสดุทางการเกษตรที่พบเห็นได้ทั่วไป หาได้ง่ายและมีปริมาณมาก ลักษณะฝักเป็นรูปทรงกระบอกกว้าง 1.5 – 2.5 เซนติเมตร ยาวประมาณ 20 – 60 เซนติเมตร ฝักราชพฤกษ์เป็นวัสดุทางการเกษตรที่มีปริมาณน้ำมันชีวภาพสูง มีค่าความร้อนสูง และมีความเป็นกรดต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับเปลือกส้มโอ และชานอ้อย (อรทัย วงษาเวียง และคณะ, 2559) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการสร้างเครื่องอัดถ่าน พบว่า เครื่องอัดถ่าน

ที่สร้างขึ้นและใช้ผลิตถ่านในปัจจุบันมีขนาดใหญ่ เคลื่อนย้ายลำบาก สิ้นเปลืองพลังงาน เพราะใช้กำลังมอเตอร์มาก ซึ่งเหมาะสำหรับการผลิตครั้งละปริมาณมาก ๆ และค่อนข้างเปลืองพื้นที่ จึงทำให้เกิดแนวคิดที่จะสร้างเครื่องอัดถ่านขนาดเล็กเหมาะสำหรับใช้ผลิตถ่านในครัวเรือน และประยุกต์ใช้ฝักราชพฤกษ์เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะสร้างเครื่องอัดถ่านขนาดเล็กทำงานแบบครบวงจร โดยมีหลักการทำงาน 3 ส่วนในเครื่องเดียว ได้แก่ การบด การผสม และการอัด โดยใช้ฝักราชพฤกษ์เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต และทำการทดสอบหาค่าความร้อนและประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งที่ได้

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การสร้างเครื่องอัดถ่าน

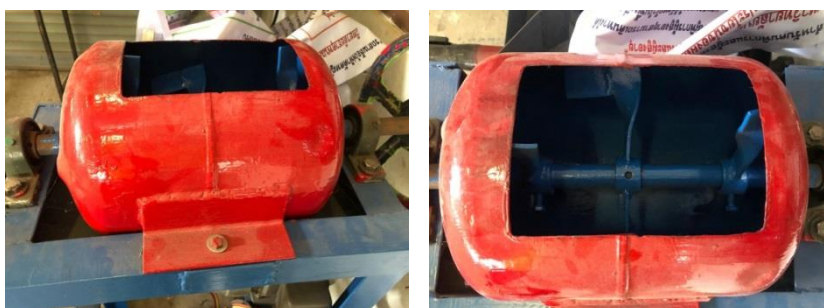
เครื่องผลิตถ่านอัดแท่งจากฝักราชพฤกษ์ที่สร้างขึ้น ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่ การบดถ่าน การผสมถ่าน และการอัดถ่าน ดังนี้

1.1 เครื่องบดถ่านที่ใช้เป็นเครื่องบดแบบมินเซอร์ (Mincer) หรือเครื่องบดเอนกประสงค์ นิยมใช้วัตถุดิบที่มีลักษณะเปียกหรือแห้งก็ได้ เช่น เนื้อ กระดูกไก่ ปลา ข้างหนึ่ง เป็นต้น วัตถุดิบที่ถูกบดจะมีลักษณะเหลว ละเอียด มีลักษณะการทำงานโดยใส่วัตถุดิบที่ต้องการบดที่ช่องรับวัตถุดิบด้านบนของเครื่อง แล้ววัตถุดิบจะลำเลียงเข้าเกลียวบด แล้วส่งผ่านตามเกลียวและออกที่บริเวณตะแกรงอัดหรือหน้าแว่น (Die) เครื่องบดเอนกประสงค์นี้นิยมใช้มากในเกษตรกร หรือผู้ประกอบการ นอกจากใช้บดอาหารได้แล้วยังสามารถประยุกต์ใช้ในการอัดเม็ดอาหารสัตว์ หรือปุ๋ยได้เป็นอย่างดี และที่สำคัญคือมีราคาถูก เครื่องบดแบบมินเซอร์ (Mincer) แสดงในรูปที่ 1



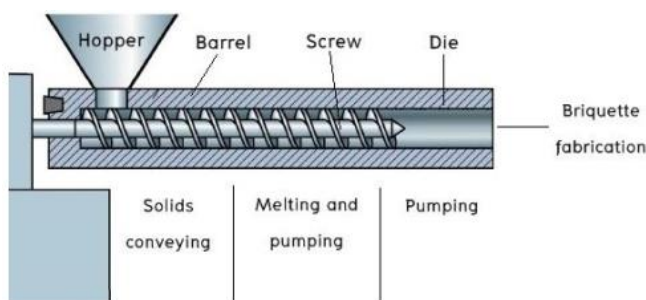
รูปที่ 1 เครื่องบดแบบมินเซอร์ (Mincer)

1.2 การผสมวัตถุดิบโดยใช้เครื่องผสมถ่าน ขนาดบรรจุ 12 ลิตร ความยาวของถัง 30 เซนติเมตร ความกว้าง 25 เซนติเมตร มีใบพัดตัวแอล 3 ตัว กว้าง 8 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร ระยะห่างของใบพัด 10 เซนติเมตร ทำหน้าที่ปั่นผสมวัตถุดิบ โดยมีมอเตอร์ขนาด 1 แรงม้าเป็นต้นกำลัง (สมบัติ มงคลชัยชนะ และ ปิยะพงษ์ วงศ์ชันแก้ว, 2560) เครื่องผสมถ่านแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 เครื่องผสมถ่าน

1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการอัดถ่าน คือ เครื่องอัดแท่งด้วยสกรูแบบอัดเย็น ทำงานโดยป้อนวัตถุดิบผ่านรูป้อนในขณะที่เกลียวอัดกำลังหมุน เกลียวอัดจะดันวัตถุดิบให้เคลื่อนที่ไปตามกระบอกอัดและทำให้เกิดความหนาแน่นค่าหนึ่ง ลักษณะของถ่านที่ได้จะเป็นทรงกระบอกมีรูตรงกลาง ใช้มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้าเป็นต้นกำลัง วัตถุดิบที่ใช้ควรเป็นวัตถุดิบที่มีลักษณะเปียกและละเอียด เครื่องอัดถ่านด้วยสกรูแบบอัดเย็น แสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 เครื่องอัดถ่านด้วยสกรูแบบอัดเย็น (วรัญญา เทพสาสน์กุล และคณะ, 2559)

2. การผลิตถ่านอัดแท่งจากฝักราชพฤกษ์

การผลิตถ่านอัดแท่งจากฝักราชพฤกษ์ มีขั้นตอนการผลิตดังต่อไปนี้

2.1 เตรียมวัตถุดิบ เเผาฝักราชพฤกษ์ในเตาเผาที่มีอากาศจำกัดเพื่อให้เกิดกระบวนการคาร์บอนไนเซชัน แสดงดังรูปที่ 4 (ก) ทำให้ฝักราชพฤกษ์เปลี่ยนสภาพเป็นถ่าน แสดงดังรูปที่ 4 (ข) และเป็นการเพิ่มค่าความร้อนของวัตถุดิบ จากนั้นนำถ่านฝักราชพฤกษ์มาทำการบดให้เป็นผงถ่านที่มีความละเอียด ขนาดไม่เกิน 5 มิลลิเมตร แสดงดังรูปที่ 4 (ค) แล้วทำการผสมตามอัตราส่วนที่ใช้ในการผลิตถ่านอัดแท่งตามที่ได้กล่าวไว้แล้วในตอนต้นรวม 3 อัตราส่วน



รูปที่ 4 แสดงการเตรียมวัตถุดิบ (ก) ฝักราชพฤกษ์ก่อนเผา (ข) ถ่านฝักราชพฤกษ์หลังเผา (ค) ผงถ่านฝักราชพฤกษ์ที่ผ่านการบด

2.2 การผสมและอัตราส่วนผสม ผสมถ่านโดยเทวัตถุดิบทั้งหมดในเครื่องผสม ดังที่ได้อธิบายไว้แล้วในตอนต้น จากนั้นปั่นให้เข้ากัน ซึ่งอัตราส่วนผสมเป็นองค์ประกอบที่สำคัญมากที่จะทำให้ถ่านจับตัวกันเป็นก้อนและประสานกันได้ดี ส่วนผสมที่ใช้อ้างอิงจากงานวิจัยที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับอัตราส่วนผสมในการทำถ่านอัดแท่ง (หทัยนุช จันทร์ชัยภูมิ, 2561) ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ

ลำดับที่	วัตถุดิบ	อัตราส่วนผสม
1		1 : 1 : 0.75
2	ผงถ่านฝักราชพฤกษ์ : แป้งมันสำปะหลัง : น้ำ	2 : 1 : 0.50
3		3 : 1 : 0.25

2.3 การอัดแท่งถ่านและลดความชื้น การอัดแท่งถ่านเป็นการใช้เครื่องอัดถ่านแบบสกรูเดี่ยวซึ่งเป็นการขึ้นรูปด้วยวิธีการอัดแบบเย็นดังได้อธิบายไว้ในตอนต้น ถ่านที่ได้จะมีลักษณะเป็นแท่งทรงกระบอกยาว 10 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร และมีรูตรงกลางแท่งทรงกระบอก ดังแสดงในรูปที่ 5 โดยเป็นไปตามข้อกำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง มผช. 238/2547

จากนั้นนำถ่านอัดแท่งที่ได้ไปตากแดดเพื่อลดความชื้น จนกระทั่งถ่านมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก และในการผลิตแต่ละครั้งจะได้ถ่านจำนวน 4 ก้อน เมื่อคิดเป็นน้ำหนักจะได้ 500 กรัม (ธารินี มหายศนันท์, 2548)



รูปที่ 5 ถ่านฝักราชพฤกษ์ที่ได้จากเครื่องอัดแท่งถ่าน

3. การทดสอบคุณสมบัติทางความร้อนของถ่านอัดแท่งจากฝักราชพฤกษ์

การทดสอบคุณสมบัติทางความร้อนของถ่านอัดแท่งจากฝักราชพฤกษ์มีดังต่อไปนี้

3.1 การหาประสิทธิภาพการให้ความร้อนของถ่านอัดแท่ง ทำการทดสอบโดยการให้ความร้อนในการต้มน้ำ 2,000 กรัม และใช้ปริมาณถ่านอัดแท่ง 500 กรัม ทำการทดลอง 3 ครั้ง ทั้ง 3 อัตราส่วน บันทึกอุณหภูมิโดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิ (Thermometer) รุ่น TM-1947SD บันทึกผลภายในเครื่องแบบ Micro sd card หน้าจอแสดงผลแบบดิจิทัล และใช้สายวัดอุณหภูมิ Thermo couple ชนิด K (Type-K) ดังแสดงในรูปที่ 6 จนกระทั่งน้ำในหม้อต้มอุณหภูมิลดลงเหลือ 50°C จึงหยุดการบันทึกข้อมูล และตลอดระยะเวลาในการทดสอบนั้นจะทำการสังเกตลักษณะการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งจากฝักราชพฤกษ์ด้วย (รุ่งโรจน์ พุทธิสกุล, 2553)



รูปที่ 6 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้บันทึกอุณหภูมิและการบันทึกอุณหภูมิ

3.2 การทดสอบหาค่าความร้อน นำเชื้อเพลิงที่มีอุณหภูมิสูงสุดและใช้ระยะเวลาในการเผาไหม้นานสุดจากการทดลอง มาวิเคราะห์หาค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (Higher Heating Value) ของถ่านอัดแท่งตามมาตรฐาน ASTM D240 ด้วยเครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ Parr 6400 Calorimeter ที่สาขาวิชาเทคโนโลยีอุณหภาพ คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (ธนศ ไชยชนะ และคณะ, 2557)

3.3 การหาประสิทธิภาพการให้ความร้อน การหาประสิทธิภาพการใช้งานทางความร้อนของ (Heat Utilization Efficiency) ของถ่านอัดแท่งจากฝักราชพฤกษ์ โดยการวัดอุณหภูมิจากตัวอย่างทั้ง 3 อัตราส่วน อย่างละ 500 กรัม เพื่อต้มน้ำ 2,000 กรัม ให้เดือด ประสิทธิภาพการใช้งานทางความร้อนเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ สามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้ (กฤษฎา นามวงษ์ และคณะ, 2560)

$$\eta_{\text{Thermal}} = \frac{\sum ms(t_2 - t_1) + (t_3 - t_1)}{Wq} \times 100\% \quad (1)$$

เมื่อ	η_{Thermal}	คือ ประสิทธิภาพการใช้งานทางความร้อนของเชื้อเพลิง (%)
	W	คือ น้ำหนักของเชื้อเพลิง (g)
	q	คือ ค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงชีวมวล (J/g)
	m	คือ น้ำหนักของน้ำในหม้อต้ม (g)
	s	คือ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ 4.81 J/g (°C)
	t_1	คือ ค่าอุณหภูมิของน้ำเมื่อแรกเริ่ม (°C)
	t_2	คือ ค่าอุณหภูมิของน้ำเดือด (°C)
	t_3	คือ ค่าอุณหภูมิของน้ำสุดท้ายของหม้อต้ม (°C)

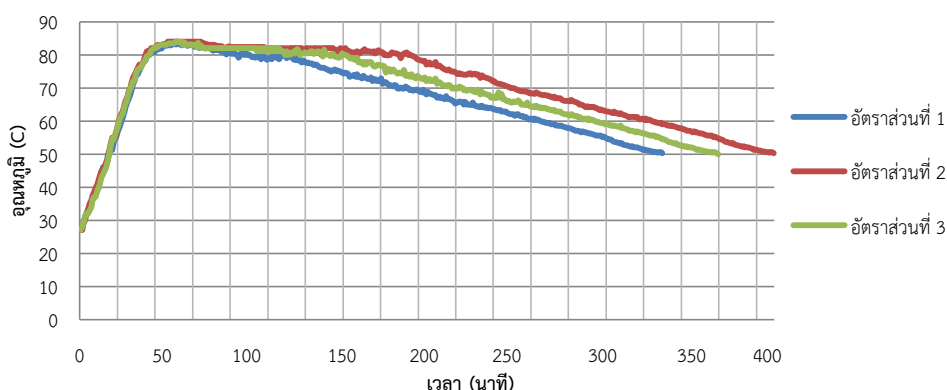
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. การสร้างเครื่องอัดถ่านแท่ง

เครื่องผลิตถ่านอัดแท่งที่สร้างขึ้นสามารถใช้งานได้ทั้ง 3 ส่วน คือสามารถบด ผสม และอัดถ่านได้ ซึ่งในการผลิตแต่ละครั้งสามารถผลิตถ่านได้ 40 ก้อน รวม 5 กิโลกรัม และใน 1 วัน สามารถผลิตถ่านได้ 160 ก้อน ลักษณะทางกายภาพของถ่านอัดแท่งที่ผลิต พบว่า ประสานกันได้ดีและเกาะกันเป็นก้อน อาจมีแตกหักบ้างเล็กน้อย

2. การทดสอบคุณสมบัติทางความร้อนของถ่านอัดแท่งจากฝักราชพฤกษ์

การหาประสิทธิภาพการให้ความร้อนโดยการต้มน้ำ และเมื่ออุณหภูมิลดลงเหลือ 50°C จึงหยุดบันทึกผล จากเงื่อนไขการทดลองทั้ง 3 เงื่อนไขนั้น พบว่า ประสิทธิภาพการให้ความร้อนเท่ากันเกือบทุกเงื่อนไข อุณหภูมิอยู่ที่ประมาณ 87°C แต่แตกต่างกันที่ระยะเวลาการเผาไหม้ เงื่อนไขที่ใช้เวลาในการเผาไหม้นานที่สุด คือ ถ่านอัดแท่งจากอัตราส่วนที่ 2 คือ 2 : 1 : 0.5 รวมเวลา 451 นาที อัตราส่วนที่ 3 คือ 3 : 1 : 0.25 ใช้เวลา 420 นาที และอัตราส่วนที่ 1 คือ 1 : 1 : 0.75 ใช้เวลา 383 นาที ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 กราฟแสดงผลการทดลองทั้ง 3 อัตราส่วน

จากนั้นเมื่อนำเงื่อนไขที่ดีที่สุดไปทดสอบหาค่าความร้อน ด้วยเครื่องวิเคราะห์ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง พบว่า ค่าความร้อน เท่ากับ 22.5886 MJ/kg ($5,394 \text{ kcal/kg}$) ซึ่งให้ค่าความร้อนที่สูงเมื่อเทียบกับงานวิจัยในลักษณะเดียวกัน และผลการทดสอบ

หาประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากสมการที่ 1 พบว่า มีประสิทธิภาพทางความร้อน การใช้งานสูงสุด เท่ากับ 52.81%

การทดสอบประสิทธิภาพทางความร้อนของถ่านอัดแท่งจากฝักราชพฤกษ์ โดยการ นำอัตราส่วนที่ 2 ($2 : 1 : 0.5$) ซึ่งเป็นเงื่อนไขที่ดีที่สุด มาทำการวิเคราะห์หาค่าความร้อน ของเชื้อเพลิง ผลการวิเคราะห์ พบว่า ได้ค่าความร้อน 22.5886 MJ/kg (5,394 kcal/kg) ซึ่งอยู่ในระดับปานกลางเมื่อเทียบกับถ่านอัดแท่งจากวัสดุชนิดอื่น ๆ ในเงื่อนไขเดียวกันและ เงื่อนไขที่ใกล้เคียงกัน เช่น ผงถ่านไม้ (28.88 MJ/kg) กะลามะพร้าว (25.5 MJ/kg) ชังข้าวโพด (21.8 MJ/kg) แกลบ (17.4 MJ/kg) และใบสะเดาแห้ง (12.68 MJ/kg)

จากผลการศึกษาครั้งนี้ จะเห็นว่า ปริมาณถ่านจากฝักราชพฤกษ์ที่เป็นส่วนผสมหลัก จะต้องอยู่ในอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมกับอัตราส่วนผสมอื่น ๆ ซึ่งไม่มากและไม่น้อย จนเกินไป จึงจะทำให้ถ่านอัดแท่งที่ผลิตได้คงความร้อนนาน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ การออกแบบอัตรา ส่วนผสมของถ่านให้เหมาะกับการนำไปใช้งานแต่ละประเภทด้วย จึงจะทำให้ถ่านที่ผลิต มีประสิทธิภาพมากที่สุด

สรุปผลการวิจัย

จากผลศึกษาการสร้างเครื่องและหาประสิทธิภาพถ่านอัดแท่งจากฝักราชพฤกษ์ โดยทำการสร้างเครื่องอัดถ่านขนาดเล็กที่สามารถทำงานได้ 3 ส่วน ในเครื่องเดียวกัน คือ การบด ผสม และอัดถ่านได้ พบว่า ถ่านที่ได้เครื่องอัดจะเกาะกันเป็นก้อนและประสานกันได้ดี มีแตกหักบ้างเล็กน้อย และในการศึกษาเพื่อหาค่าความร้อนและประสิทธิภาพการให้ความร้อน ของถ่านอัดแท่งที่ทำการทดลอง 3 อัตราส่วน (ผงถ่านฝักราชพฤกษ์ : แป้งมันสำปะหลัง : น้ำ) คือ $1 : 1 : 0.75$, $2 : 1 : 0.5$ และ $3 : 1 : 0.25$ พบว่า อัตราส่วนที่ใช้เวลาในการเผาไหม้ นานสุด คือ อัตราส่วน $2 : 1 : 0.5$ อุณหภูมิอยู่ที่ 87.6°C ใช้เวลาเผาไหม้นาน 451 นาที เมื่ออุณหภูมิลดลงเหลือ 50°C มีค่าความร้อน เท่ากับ 22.5886 MJ/kg (5,394 kcal/kg) และมีประสิทธิภาพทางความร้อนการใช้งานสูงสุด เท่ากับ 52.81% อย่างไรก็ตาม ปริมาณถ่าน จากฝักราชพฤกษ์ที่เป็นส่วนผสมหลัก จะต้องอยู่ในอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมกับอัตราส่วนผสม อื่น ๆ ซึ่งไม่มากและไม่น้อยจนเกินไป จึงจะทำให้ถ่านอัดแท่งที่ผลิตได้คงความร้อนนาน ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับการออกแบบอัตราส่วนผสมของถ่านให้เหมาะกับการนำไปใช้งานแต่ละประเภทด้วย จึงจะทำให้ถ่านที่ผลิตมีประสิทธิภาพมากที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ วิทยาลัยธาตุพนม มหาวิทยาลัยนครพนม ที่ได้สนับสนุนงบประมาณในการดำเนินงานในครั้งนี้ และขอขอบคุณอาจารย์ บุคลากร เจ้าหน้าที่ และนักศึกษา วิทยาลัยธาตุพนม มหาวิทยาลัยนครพนม ที่มีส่วนช่วยเหลือในการดำเนินงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กฤษฎา นามวงษ์, เทวฤทธิ์ บุตรตะเคน และ มงคล คราพันธ์. (2560). *การศึกษาประสิทธิภาพของเกลืออัดและการใช้งานเชิงความร้อนของเชื้อเพลิงแท่งจากเศษใบสะเดาแห้งร่วมกับถ่านไม้*. น. 318-323. ใน: รายงานการประชุมวิชาการและการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 1 “นวัตกรรมสร้างสรรค์ ศาสตร์พระราชาสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน ไทยแลนด์ 4.0”, 13 กรกฎาคม 2560. มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด, ร้อยเอ็ด.
- ธนศ ไชยชนะ, จอมภพ แวศักดิ์, จตุพร แก้วอ่อน และ อุษา อันทอง. (2557). สมบัติความเป็นเชื้อเพลิงของถ่านเปลือกมังคุด. *วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ*, 17(3), 29–36.
- ธารินี มหายศนันท์. (2548). *การออกแบบและสร้างเครื่องผลิตถ่านอัดแท่งสำหรับการผลิตในระดับครัวเรือน*. (วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์).
- รุ่งโรจน์ พุทธิสกุล. (2553). *การผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเห้งไม้มันสาปะหลัง*. (หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ).
- วรัญญา เทพสาสน์กุล, วรัญญา ธรรมชาติ และ อัครินทร์ อินทนิเวศน์. (2559). *การศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผ่านกระบวนการคาร์บอนไนเซชันจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรประเภทกะลามะพร้าว*. น. 610-618. ใน: รายงานการประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 12, 8-10 มิถุนายน 2559. โรงแรมวังจันทร์เวอร์วิว, พิษณุโลก.
- สมบัติ มงคลชัยชนะ และ ปิยะพงษ์ วงศ์ขันแก้ว. (2560). *การพัฒนาเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงจากฟางข้าว*. การนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ เครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 17, 2307-2317.

- หทัยนุช จันทร์ชัยภูมิ. (2561). *ถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม*. น. 288-296. ใน: รายงานการประชุมวิชาการและการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ราชธานีวิชาการ ครั้งที่ 3, 25 พฤษภาคม 2561. มหาวิทยาลัยราชธานี, อุบลราชธานี.
- อรทัย วงษาเวียง, มาลีวรรณ อุนพิพัฒน์, ชลธิชา เจริญเนตร และ เอกราชนัย ไชยชนะ. (2559). ไพโรไลซิสของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในท้องถิ่นจังหวัดนครปฐม. *วารสารวิจัยสหวิทยาการไทย*, 11(3), 46-53.